



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ 8828:2019

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Загальні положення

Видання офіційне

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
2020

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет стандартизації «Пожежна безпека та протипожежна техніка» (ТК 25)
- 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») від 27 лютого 2019 р. № 38 з 2020–01–01
- 3 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України
- 4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**Право власності на цей національний стандарт належить державі.
Заборонено повністю чи частково видавати, відтворювати
задля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи**

ДП «УкрНДНЦ», 2020

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання	1
3 Терміни та визначення понять	1
4 Позначки та скорочення	2
5 Загальні положення	2
6 Вимоги до системи запобігання пожежі	3
7 Вимоги до способів забезпечення пожежної безпеки комплексом протипожежного захисту.....	4
8 Загальні вимоги до системи управління пожежною безпекою об'єкта	6
Додаток А (обов'язковий) Метод визначення рівня пожежної безпеки людей та індивідуального пожежного ризику	8
Додаток Б (обов'язковий) Метод визначення ймовірності виникнення пожежі на об'єкті	39
Додаток В (обов'язковий) Умови пожежовибухобезпеки під час використання речовин і матеріалів.....	62
Додаток Г (довідковий) Вимоги пожежної безпеки щодо сумісного зберігання речовин і матеріалів.....	63
Додаток Д (обов'язковий) Метод визначення безпечної площі розгерметизації технологічного обладнання	76
Додаток Е (довідковий) Структурна схема пожежної безпеки об'єкта.....	83
Додаток Ж (довідковий) Бібліографія.....	84

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Загальні положення

FIRE SAFETY

General provisions

Чинний від 2020-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт установлює загальні вимоги щодо пожежної безпеки об'єктів захисту різного призначення.

Цей стандарт застосовується до:

- системи запобігання пожежі;
- комплексу протипожежного захисту;
- системи управління пожежною безпекою об'єкта.

Цей стандарт не поширюється на вибухові та радіоактивні речовини та матеріали, які повинні зберігатися та транспортуватися відповідно до спеціальних вимог.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

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

ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять

ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять

ДСТУ 4500-3:2008 Вантажі небезпечні. Класифікація

ДСТУ 4500-5:2005 Вантажі небезпечні. Маркування

ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартів безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования (Система стандартів безпеки праці. Пожежовибухонебезпека статичної електрики. Загальні вимоги).

Примітка. Чинність стандартів, посилання на які є в цьому стандарті, перевіряють згідно з офіційними виданнями національного органу стандартизації — каталогом національних нормативних документів і щомісячними інформаційними покажчиками національних стандартів.

Якщо стандарт, на який є посилання, замінено новим або до нього внесено зміни, треба застосовувати новий стандарт охоплюючи всі внесені зміни до нього.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

3.1 об'єкт захисту

Споруда, будівля, приміщення, технологічна установка, процес, транспортний засіб, виріб або їх сукупність, а також населений пункт, що потребують застосування засобів та способів для запобігання виникнення, розвитку та ліквідації пожежі. До складу об'єкта захисту входить і людина

3.2 індивідуальний пожежний ризик

Кількісна характеристика можливості реалізації пожежної небезпеки, яка може привести до загибелі людини в результаті впливу небезпечних чинників пожежі

3.3 рівень пожежної безпеки

Кількісна оцінка збитків, яких запобігли при імовірній пожежі

3.4 комплекс протипожежного захисту

Сукупність технічних засобів на об'єкті (систем протипожежного захисту, систем внутрішнього та зовнішнього протипожежного водопроводу, первинних засобів пожежогасіння, засобів індивідуального захисту та рятування людей) та заходів щодо забезпечення евакуації людей, обмеження поширення пожежі, обслуговування об'єкта захисту пожежно-рятувальними підрозділами, безпеки пожежно-рятувальних підрозділів, що призначені для захисту людей, матеріальних цінностей та довілля від впливу пожежі

3.5 система управління пожежною безпекою об'єкта захисту

Сукупність заходів суб'єкта управління з обстеження, аналізу й оцінки стану пожежної безпеки об'єкту захисту, прийняття, організації та контролю виконання управлінських рішень для забезпечення пожежної безпеки об'єкта захисту

3.6 система запобігання пожежі

Сукупність засобів та організаційних заходів, призначених для створювання умов, за яких ймовірність виникнення пожежі не перевищує унормоване допустиме значення

3.7 пожежна безпека, горіння, піроліз, полум'я, пожежна небезпека, пожежа, небезпечний чинник пожежі, горюче середовище, первинний засіб пожежогасіння, запалювання, загоряння, займання, самозаймання, самонагрівання, тління, спалах, леткі продукти згоряння, дим, горюча речовина, займиста речовина, горюче середовище, горючість, займистість, джерело запалювання, протипожежна техніка, вогнегасна речовина, флегматизатор, пожежна небезпека об'єкта, вогнезахист, вогнестійкість, протипожежна перешкода, протипожежний клапан, пожежний ліфт, зовнішня пожежна драбина, пожежна профілактика

Згідно з ДСТУ 2272

3.8 індивідуальні засоби захисту та рятування людей, колективні засоби захисту та рятування людей

Згідно з ДБН В.1.1-7.

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цьому стандарті вжито такі позначки та скорочення:

АСПГ — автоматична система пожежогасіння;

ГР — горюча речовина;

ГС — горюче середовище;

ДЗ — джерело запалювання;

КІ — кисневий індекс;

НЧП — небезпечні чинники пожежі;

ОК — окислювач;

СПЗ — система протипожежного захисту;

ТВ — теплове випромінювання.

5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1 Пожежна безпека об'єкта захисту повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, комплексом протипожежного захисту та системою управління пожежною безпекою об'єкта.

Пожежна безпека об'єкта характеризується рівнем пожежної безпеки людей (запобігання впливу на них небезпечних чинників пожежі) та/або матеріальних цінностей, а також економічним ефектом витрат на її забезпечення, і повинна виконувати одну з таких задач:

— мінімізувати ймовірність виникнення пожежі;

— забезпечувати пожежну безпеку людей;

- забезпечувати пожежну безпеку матеріальних цінностей;
- забезпечувати пожежну безпеку людей і матеріальних цінностей одночасно.

5.2 Небезпечними чинниками пожежі є:

- полум'я та іскри;
- підвищена температура оточуючого середовища;
- токсичні продукти згоряння і термічного розкладання;
- дим;
- знижена концентрація кисню.

До вторинних проявів небезпечних чинників пожежі відносяться:

- уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій будівель і споруд;
- радіоактивні та токсичні речовини і матеріали, що вийшли із зруйнованих апаратів та 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, що вивільнились в наслідок вибуху), який виник в наслідок пожежі;
- негативні наслідки, обумовлені застосуванням вогнегасних речовин.

5.3 Прийнятний рівень пожежної безпеки людей на об'єктах повинен бути не менше ніж 0,99999 на рік у розрахунку на кожну людину, а прийнятний рівень індивідуального пожежного ризику повинен бути не більше ніж 10^{-5} на рік з розрахунку на кожну людину.

Метод визначення рівня пожежної безпеки людей та індивідуального пожежного ризику, а також умови, за яких цей ризик можна знизити, наведено в додатку А.

5.4 Метод визначення ймовірності виникнення пожежі (вибуху) в пожежонебезпечному об'єкті наведено в додатку Б.

Конкретні значення мінімально можливої ймовірності виникнення пожежі та перелік об'єктів, для яких її необхідно визначати, встановлюються відповідними центральними органами виконавчої влади.

5.5 Економічний ефект витрат на забезпечення пожежної безпеки об'єкту визначається як різниця вартісної оцінки ймовірних втрат від пожежі за розрахунковий період та вартісної оцінки витрат на реалізацію заходів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкту за цей самий період.

5.6 Ймовірність виникнення пожежі від (в) електричного (-му) або іншого одиничного технологічного виробу або обладнання під час їх розроблення та виготовлення не повинна перевищувати значення 10^{-6} на рік.

5.7 Вимоги до складових систем та комплексів, що забезпечують пожежну безпеку об'єкту захисту повинні встановлюватися нормативно-правовими актами та нормативними документами.

6 ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ЗАПОБІГАННЯ ПОЖЕЖІ

6.1 Запобігання пожежі повинно досягатися запобіганням утворення горючого середовища та/або запобіганням виникнення в горючому середовищі (або внесення до нього) джерел запалювання.

Умови пожежовибухобезпеки під час використання речовин і матеріалів із урахуванням коефіцієнтів безпеки наведено в додатку В.

6.2 Запобігання утворення горючого середовища повинно забезпечуватися одним із таких способів або їх комбінацією:

- максимально можливим за умов технології і будівництва обмеженням маси та/або об'єму горючих речовин, матеріалів і найбільш безпечних умов та за способом їх розміщення;
- підтриманням безпечної концентрації горючого середовища;
- достатньою концентрацією флегматизатора в повітрі обмеженого об'єму, що захищається, для доведення концентрації окислювача до значень, за яких горіння неможливе;
- підтриманням параметрів горючого середовища (температура, тиск, вологість тощо), за яких виникнення та поширення горіння виключено;
- ізоляцією горючого середовища від загального об'єму приміщення;
- розміщенням пожежонебезпечного устаткування в окремих приміщеннях або на відкритих майданчиках;

— максимальною механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з обігом горючих речовин;

— застосуванням пристроїв захисту технологічного обладнання з горючими речовинами від пошкоджень та аварій (автоматичне відключення, припинення подавання горючих речовин і матеріалів тощо).

6.3 Запобігання утворення в горючому середовищі джерел запалювання має досягатися застосуванням одного із таких способів або їх комбінацією:

— застосуванням машин, механізмів, устаткування, пристроїв, за експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;

— застосуванням в пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зонах електрообладнання з відповідним рівнем захисту;

— застосуванням в конструкції устаткування швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;

— застосуванням технологічного процесу і обладнання, що задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки згідно з ГОСТ 12.1.018;

— улаштуванням блискавкозахисту будівель, споруд і обладнання;

— підтриманням температури поверхні машин, механізмів, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, нижче гранично допустимої, що становить 80 % від найменшої температури самозаймання горючої речовини відповідно до таблиці В.1 додатка В;

— виключенням можливості появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, що становить 40 % і вище мінімальної енергії запалювання відповідно до таблиці В.1 додатка В;

— застосуванням інструменту, що не утворює іскр, під час роботи з легкозаймистими рідинами і горючими газами;

— недопущенням виникнення умов для теплового, хімічного та (або) мікробіологічного самозаймання речовин та матеріалів, що обертаються. Порядок сумісного зберігання речовин та матеріалів наведено в додатку Г;

— усуненням контакту з повітрям пірофорних речовин;

— зменшенням визначального розміру горючого середовища нижче гранично допустимого за горючістю.

6.4 Обмеження маси та/або об'єму горючих речовин і матеріалів, а також найбільш безпечний спосіб їх розміщення повинні досягатися застосуванням одного з приведених способів або їх комбінацією:

— зменшенням маси та/або об'єму горючих речовин і матеріалів, що знаходяться одночасно в приміщенні або на відкритих майданчиках;

— улаштуванням аварійного зливу пожежонебезпечних рідин та аварійного скиду горючих газів з технологічного обладнання;

— улаштуванням на технологічному обладнанні систем противибухового захисту (метод визначення безпечної площі розгерметизації технологічного обладнання наведено в додатку Д);

— періодичним очищенням території, на якій розташовується об'єкт, приміщень, комунікацій, технологічного обладнання від горючих відходів, відкладень пилу, пуху тощо;

— видаленням пожежонебезпечних відходів виробництва;

— заміною легкозаймистих і горючих рідин на пожежобезпечні.

7 ВИМОГИ ДО СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ КОМПЛЕКСОМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

7.1 Протипожежний захист об'єкта повинен досягатися одним із таких способів або їх комбінацією:

— забезпеченням евакуації людей;

— застосуванням відповідних систем протипожежного захисту та пожежних машин;

— застосуванням внутрішнього протипожежного водопроводу та зовнішнього протипожежного водопостачання;

— застосуванням первинних засобів пожежогасіння;

— забезпеченням обмеження поширення пожежі;

— застосуванням засобів колективного та індивідуального захисту;

— забезпеченням обслуговуванням об'єкта захисту пожежно-рятувальними підрозділами;

— забезпеченням безпеки пожежно-рятувальних підрозділів.

7.2 Забезпечення евакуації людей полягає у таких об'ємно-планувальних і конструктивних рішеннях, за яких евакуація з об'єкта завершується до настання гранично допустимих для людини значень небезпечних чинників пожежі, а при недоцільності евакуації — забезпечується засобами індивідуального та/або колективного захисту та рятування людей на об'єкті. Для забезпечення евакуації необхідно:

- встановити кількість, розміри та відповідне конструктивне і планувальне виконання евакуаційних шляхів і виходів;

- забезпечити можливість безперешкодного руху людей евакуаційними шляхами;

- організувати, за необхідності, управління рухом людей евакуаційними шляхами (світлові покажчики, звукове і мовленнєве оповіщення, знаки безпеки тощо).

До систем протипожежного захисту відносяться:

- системи пожежної сигналізації;

- автоматичні системи пожежогасіння;

- автономні системи пожежогасіння локального застосування;

- системи керування евакуюванням (в частині систем оповіщення про пожежу і покажчиків напрямку евакуювання);

- системи протидимного захисту;

- системи централізованого пожежного спостереження;

- диспетчеризація зазначених систем.

7.3.1 На кожному об'єкті має бути забезпечено своєчасне оповіщення людей про пожежу в її початковій стадії технічними та/або організаційними засобами.

7.3.2 Система протидимного захисту об'єктів повинна виконувати одну або кілька з таких задач:

- забезпечувати умови для безпечного евакуювання;

- забезпечувати умови для гасіння пожежі та проведення аварійно-рятувальних робіт;

- зниження ймовірності займання предметів, обладнання, речовин і матеріалів під впливом теплового випромінювання;

- зниження впливу високих температур на конструкції будинку під час пожежі;

- зменшення збитків від продуктів термічного розкладу та гарячих газів.

7.4 Обмеження поширення пожежі має досягатися застосуванням одного з приведених способів або їх комбінацією:

- розміщенням вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних виробничих і складських будинків, зовнішніх установок, складів горючих рідин, горючих газів з урахуванням переважаючого напрямку вітру, а також рельєфу місцевості;

- встановленням протипожежних відстаней між будинками, зовнішніми установками, а також відкритими майданчиками для зберігання пожежонебезпечних речовин і матеріалів;

- застосуванням конструктивних рішень, спрямованих на створення перешкоди поширенню пожежі між будинками (влаштування протипожежних стін, обмеження площі віконних та інших прорізів у зовнішніх стінах, використання вогнестійкого скління віконних прорізів, протипожежних завіс (екранів)).

- застосуванням конструктивних та об'ємно-планувальних рішень, спрямованих на створення перешкод поширенню небезпечних чинників пожежі приміщеннями, між приміщеннями, поверхами, протипожежними відсіками та секціями (стіни, перегородки, перекриття, протипожежні тамбур-шлюзи);

- нормуванням площі протипожежних відсіків;

- застосуванням будівельних матеріалів з нормованими показниками пожежної небезпеки;

- застосуванням будівельних конструкцій з нормованими класами вогнестійкості та групами поширення вогню;

- застосуванням вогнезахисту будівельних конструкцій, виробів та матеріалів об'єкту;

- застосуванням пристроїв, що забезпечують обмеження поширення пожежі (протипожежні: двері, ворота, вікна, люки, клапани, завіси (екрани); засоби, що запобігають або обмежують розливання і розтікання рідин під час пожежі; вогнеперепинювачі пристрої в обладнанні);

- нормуванням умовної висоти будинків і споруд;

- аварійним відімкненням і перемиканням установок та комунікацій.

7.5 Рятування людей забезпечується застосуванням:

- спеціальних пожежних машин;

- пожежних рятувальних пристроїв;

— засобів колективного та індивідуального захисту та рятування людей від небезпечних чинників пожежі, які повинні забезпечувати безпеку людей протягом всієї тривалості дії небезпечних чинників пожежі;

— відповідних об'ємно-планувальних і конструктивних рішень об'єкта (незадимлювані сходові клітки, зовнішні пожежні драбини, тощо).

7.6 Гасіння пожеж забезпечується застосуванням вогнегасних речовин та технічних засобів пожежогасіння.

Для протипожежної техніки повинно бути визначено:

— допустимі вогнегасні речовини (в тому числі з урахуванням вимог екологічної безпеки та сумісності з речовинами і матеріалами, що горять);

— способи і засоби подавання вогнегасних речовин для пожежогасіння;

— вимоги до стійкості від впливу небезпечних чинників пожежі та їх вторинних проявів;

— вимоги щодо техніки безпеки.

7.8 Забезпечення безпеки пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт має досягатися:

— улаштуванням проїздів і під'їзних шляхів для пожежних машин;

— улаштуванням зовнішніх пожежних драбин, пожежних ліфтів, забезпеченням інших способів доступу пожежно-рятувальних підрозділів до будинків, будівель, споруд;

— забезпеченням протидимного захисту шляхів прямування пожежно-рятувальних підрозділів всередині будинку та обладнанням сходових кліток засобами зв'язку для використання їх цими підрозділами;

— улаштуванням у будинках опорних пунктів пожежогасіння;

— улаштуванням внутрішнього протипожежного водопроводу та зовнішнього протипожежного водопостачання.

8 ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ БЕЗПЕКОЮ ОБ'ЄКТА

8.1 Загальними принципами функціонування системи управління пожежною безпекою об'єкта є:

— принцип системності — передбачає, що управління пожежною безпекою об'єкта повинно охоплювати всі складові системи запобігання пожежі та комплексу протипожежного захисту, мати узгодженість між складовими, постійний та упорядкований характер;

— принцип запобігання — передбачає, що діяльність має носити попереджувальний характер, спрямований на своєчасне виявлення та усунення чинників, що можуть призвести до пожежі шляхом проведення профілактичної роботи;

— принцип колективізму — передбачає участь працівників в роботі із забезпечення пожежної безпеки;

— принцип інформованості — передбачає, що здійснення заходів з пожежної безпеки ґрунтується на максимальній інформованості кожного працівника про негативні чинники пожежі;

— принцип адекватності — передбачає відповідність заходів із забезпечення пожежної безпеки реальним та потенційним загрозам;

— принцип відповідальності — передбачає усвідомлення кожним працівником його відповідальності за дотримання вимог пожежної безпеки.

8.2 Основною метою системи управління пожежною безпекою об'єкта є створення умов для запобігання виникнення та розвитку пожежі, а також впливу на людей та майно небезпечних чинників пожежі.

8.3 Функціонування системи управління пожежною безпекою об'єкта забезпечується:

— формуванням структури управління пожежною безпекою об'єкта;

— аналізуванню стану пожежної безпеки об'єкта;

— проведенням пожежно-профілактичної роботи;

— дослідженням та обліком пожеж;

— оцінкою індивідуального пожежного ризику та/або ризику виникнення пожежі;

— розробленням нормативних документів;

— плануванням і фінансуванням заходів щодо забезпеченню пожежної безпеки об'єкта.

8.4 Основними задачами системи управління пожежною безпекою об'єкта є:

- організація роботи щодо забезпечення функціонування системи запобігання пожежі;
- організація роботи щодо забезпечення функціонування комплексу протипожежного захисту;
- розробка та реалізація організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки.

Організаційні заходи повинні охоплювати:

- створення пожежної охорони та/або призначення відповідальних за пожежну безпеку на об'єкті захисту;
- підтримання експлуатаційної придатності систем протипожежного захисту;
- встановлення в технічній документації на речовини, матеріали, вироби, технологічні процеси, будівлі і споруди об'єктів вимог щодо забезпечення пожежної безпеки;
- організацію навчання людей правилам пожежної безпеки;
- розробку і реалізацію норм і правил пожежної безпеки, інструкцій, про дотримання протипожежного режиму та дій людей при виникненні пожежі;
- виготовлення і застосування засобів наочної агітації щодо забезпечення пожежної безпеки;
- забезпечення порядку зберігання речовин і матеріалів, залежно від їх фізико-хімічних і пожежонебезпечних властивостей;
- нормування чисельності людей на об'єкті за умовами безпеки їх під час пожежі;
- розробку заходів щодо дій на випадок виникнення пожежі та організації евакуації людей;
- визначення основних видів, кількості, розміщення та обслуговування протипожежної техніки на об'єкті.

8.5 Загальна схема забезпечення пожежної безпеки об'єкта захисту системою запобігання пожежі, комплексом протипожежного захисту та системою управління пожежною безпекою наведена в додатку Е.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЛЮДЕЙ
ТА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ****A.1 Загальні положення**

A.1.1 Цей метод встановлює порядок розрахунку рівня пожежної безпеки людей та індивідуального пожежного ризику.

A.1.2 Рівень пожежної безпеки людей обчислюють за формулою:

$$P_B = 1 - R_I, \quad (\text{A.1})$$

де P_B — рівень пожежної безпеки людей на об'єктах;

R_I — розрахункове значення індивідуального пожежного ризику на окрему людину в рік.

A.1.3 Розрахунок індивідуального пожежного ризику здійснюється на підставі:

а) аналізу пожежної небезпеки в частині чинників, що впливають на визначення сценарію виникнення та розвитку пожежі;

б) аналізу об'ємно-планувальних рішень, що впливають на визначення розрахункової схеми евакуації людей;

в) аналізу ймовірної ефективності спрацювання систем протипожежного захисту;

г) вибору розрахункового методу.

A.2 Розрахунок індивідуального пожежного ризику

A.2.1 Розрахункове значення індивідуального пожежного ризику є прийнятним, якщо:

$$R_I \leq R_I^H, \quad (\text{A.2})$$

де R_I — розрахункове значення індивідуального пожежного ризику.

R_I^H — нормоване значення прийнятного рівня індивідуального пожежного ризику.

Розрахункове значення індивідуального пожежного ризику в будівлі чи споруді визначається як максимальне значення індивідуального пожежного ризику з розглянутих сценаріїв пожежі:

$$R_I = \max\{R_{I,1}, \dots, R_{I,i}, \dots, R_{I,N}\}, \quad (\text{A.3})$$

де $R_{I,i}$ — розрахункове значення індивідуального пожежного ризику для i -го сценарію пожежі;

N — кількість розглянутих сценаріїв пожежі.

Під час розрахунку розглядаються сценарії пожежі, за яких реалізуються найгірші умови для евакуації людей та/або з найбільш високою динамікою наростання НЧП.

Розрахунок часу евакуації людей під час пожежі повинні враховувати психоемоційні критерії скупчення людей (потоків), а також встановлювати вірогідність загибелі та травматизму внаслідок їх фізичного впливу.

A.2.2 Сценарій виникнення та розвитку пожежі можуть визначатися за такими напрямками:

— у приміщеннях, розрахованих на одночасне перебування 50 та більше людей;

— у приміщеннях з великою кількістю пожежного навантаження, що характеризується високою швидкістю поширення полум'я;

— у приміщеннях атріумного типу;

— у приміщеннях, у яких можливе виникнення скупчень людських потоків.

Осередок пожежі визначається в приміщенні малого об'єму поблизу від одного з евакуаційних виходів.

У приміщенні, що має два та більше евакуаційні виходи, осередок можливої пожежі слід розміщувати поблизу виходу, що має найбільшу пропускну спроможність. При цьому даний вихід вважається заблокованим з перших секунд пожежі та під час визначення розрахункового часу евакуації не враховується.

A.2.3 Розрахункове значення індивідуального пожежного ризику $R_{I,i}$ для i -го сценарію пожежі розраховується за формулою:

$$R_{1,i} = Q_{п,i} \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{е,i}) \cdot (1 - K_{спз,i}) \cdot (1 - K_{о.з.}) \cdot (1 - K_{п.ф.}), \quad (A.4)$$

де $Q_{п,i}$ — частота виникнення пожежі в будівлі чи споруді впродовж року, що визначається на підставі статистичних даних;

$P_{пр,i}$ — імовірність перебування людей у будівлі чи споруді, що визначається співвідношенням: $P_{пр,i} = t_{функц,i}/24$, де $t_{функц,i}$ — термін перебування людей у будівлі в годинах. Значення параметра $P_{пр,i}$ приймається рівним $P_{пр,i} = 0,33$ за умови функціонування будівлі впродовж 8 год і п'ятиденного робочого тижня та $P_{пр,i} = 1,0$ за умови цілодобового функціонування будівлі впродовж тижня;

$P_{е,i}$ — імовірність евакуації людей із будівлі чи споруди;

$K_{спз,i}$ — коефіцієнт, ймовірної ефективності спрацювання систем протипожежного захисту (визначається згідно з п. А.2.7 цього додатку);

$K_{о.з.}$ — коефіцієнт запровадження організаційних заходів протипожежного захисту. Значення $K_{о.з.}$ приймається як 0,8 за умови, виконання організаційних заходів визначених в НАПБ А.01.001;

$K_{п.ф.}$ — коефіцієнт наявності протипожежних формувань. Значення $K_{п.ф.}$ приймається як 0,8 за умови, якщо на об'єкті функціонує протипожежне формування.

А.2.4 Імовірність евакуації людей P_e із будівлі чи споруди розраховують за формулою:

$$P_e = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{не}}, & \text{якщо } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{не} \text{ та } t_{ск} \leq 6 \text{ хв} \\ 0,999, & \text{якщо } t_p + t_{не} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ та } t_{ск} \leq 6 \text{ хв} \\ 0,000, & \text{якщо } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ або } t_{ск} > 6 \text{ хв} \end{cases}, \quad (A.5)$$

де t_p — розрахункова тривалість евакуації людей, хв;

$t_{не}$ — тривалість початку евакуації (інтервал тривалості від виникнення пожежі до початку евакуації людей), хв;

$t_{бл}$ — тривалість блокування шляхів евакуації (інтервал тривалості від початку пожежі до блокування евакуаційних шляхів у результаті поширення на них НЧП, що мають гранично допустимі для людей значення), хв;

$t_{ск}$ — тривалість існування скупчень людей на i -ій ділянці.

А.2.5 Розрахункова тривалість евакуації людей t_p із приміщень будівель і споруд визначається на основі моделювання руху людей до виходу назовні одним з наступних способів:

— за спрощеною аналітичною моделлю руху людського потоку відповідно до розділу А.4 цього додатка;

— за математичною моделлю індивідуально-потокового руху людей із будівлі чи споруди відповідно до розділу А.5 цього додатка;

— за імітаційно-стохастичною моделлю руху людських потоків відповідно до розділу А.6 цього додатка.

Під час визначення розрахункової тривалості евакуації враховуються розрахункові схеми евакуації людей, параметри руху людей різних груп мобільності, а також значення площ горизонтальних проєкцій різних контингентів людей.

А.2.5 Тривалість початку евакуації ($t_{не}$) визначається відповідно до підрозділу А.7.1 цього додатка.

А.2.6 Тривалість блокування шляхів евакуації ($t_{бл}$) обчислюється через розрахунок тривалості досягнення НЧП гранично допустимих значень на евакуаційних шляхах. Порядок проведення розрахунку та математичні моделі для визначення тривалості блокування шляхів евакуації НЧП наведено у розділі А.8 цього додатка.

А.2.7 Коефіцієнт ймовірності спрацювання систем протипожежного захисту ($K_{спз}$) розраховується за формулою:

$$K_{спз} = 1 - [(1 - K_{спс}) \cdot (1 - K_{аспг}) \cdot (1 - K_{пв}) \cdot (1 - K_{сгс} \cdot K_{со}) \cdot (1 - K_{спс} \cdot K_{спдз})], \quad (A.6)$$

де $K_{спс}$ — ймовірність ефективного спрацювання системи пожежної сигналізації;

$K_{аспг}$ — ймовірність ефективного спрацювання систем пожежогасіння;

$K_{пв}$ — ймовірність ефективного спрацювання систем внутрішнього і зовнішнього водопостачання;

$K_{со}$ — ймовірність ефективного спрацювання систем керування евакууванням (в частині систем оповіщення про пожежу і показників напрямку евакуування);

$K_{спдз}$ — ймовірність ефективного спрацювання систем протидимного захисту.

Значення ймовірностей ефективного спрацювання кожної системи протипожежного захисту отримуються за даними технічної документації щодо вірогідності безвідмовної роботи. У разі відсутності таких даних допускається приймати значення ймовірності ефективного спрацювання кожної системи протипожежного захисту рівним 0,5.

У разі відсутності відповідної системи протипожежного захисту значення ймовірності ефективного спрацювання таких протипожежних систем приймається рівним нулю.

А.3 Порядок проведення розрахунку індивідуального пожежного ризику

А.3.1 Аналіз пожежної небезпеки в частині чинників, що впливають на визначення сценарію виникнення та розвитку пожежі

Для проведення аналізу пожежної небезпеки здійснюється збирання даних про будівлю чи споруду, що охоплює:

- об'ємно-планувальні рішення;
- теплофізичні характеристики будівельних конструкцій та розміщеного обладнання;
- вид, кількість і розміщення горючих речовин і матеріалів;
- кількість і місця ймовірного розміщення людей;
- системи пожежної сигналізації та пожежогасіння, протидимного захисту, системи керування евакуюванням (в частині системи оповіщення про пожежу і покажчиків напрямку евакуювання).

На підставі отриманих даних проводиться аналіз пожежної небезпеки будівлі чи споруди та встановлюється сценарій можливої пожежі, за яких очікуються найгірші наслідки для людей, які знаходяться в будівлі чи споруді, при цьому враховується:

- можливі місця виникнення пожежі;
- можлива динаміка розвитку пожежі;
- склад і характеристики системи протипожежного захисту;
- можливі наслідки впливу пожежі на людей і конструкції будівлі чи споруди.

А.3.2 Аналіз об'ємно-планувальних рішень, що впливають на визначення розрахункової схеми евакуації людей

Для проведення аналізу об'ємно-планувальних рішень здійснюється збирання даних:

- про кількість і місця ймовірного розміщення людей;
- про евакуаційні шляхи і виходи;
- про можливі напрямки евакуації людей при пожежі.

На підставі аналізу об'ємно-планувальних рішень визначають напрямки евакуації людей та розробляють розрахункові схеми евакуації.

А.3.3 Аналіз імовірної ефективності спрацювання систем протипожежного захисту

Для проведення аналізу ефективності спрацювання систем протипожежного захисту здійснюється збирання таких даних:

- наявність систем протипожежного захисту;
- їх відповідність національним стандартам;
- здійснення їх технічного обслуговування.

А.3.4 Вибір розрахункового методу

Вибір розрахункового методу тривалості евакуації визначається з урахуванням специфічних особливостей об'ємно-планувальних рішень будинку, особливостей контингенту людей, що знаходяться в ньому, характеристик людських потоків, параметрів шляхів евакуації.

Вибір розрахункового методу тривалості блокування шляхів евакуації визначається згідно з А.8.2 цього додатка.

А.4 Визначення розрахункової тривалості евакуації людей із приміщень будівель і споруд із застосуванням спрощеної аналітичної моделі руху людського потоку

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

Під час розрахунку весь шлях руху людського потоку поділяється на ділянки (прохід, коридор, дверний проріз, сходовий марш, тамбур) завдовжки l_i і завширшки 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 проектуються, приймають згідно з проектом, а для побудованих — за фактичним значенням. Довжину шляху сходовими маршами, а також по пандусах вимірюють по довжині маршру. Довжину шляху в дверному прорізі приймають рівній нулю. Проріз, розташований у стіні завтовшки

більше ніж 0,7 м, а також тамбур слід вважати самостійними ділянками горизонтального шляху, що мають кінцеву довжину l_i .

Розрахункову тривалість евакуації людей t_p визначають як суму тривалість руху людського потоку по окремих ділянках шляху t_i за формулою:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (\text{A.7})$$

де t_1 — тривалість руху людського потоку на першій (початковій) ділянці, що 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 разі руху людського потоку в паралельних проходах, що потім виходять в один прохід.

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

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1}, \quad (\text{A.8})$$

де l_1 — довжина першої ділянки шляху, м;

V_1 — швидкість руху людського потоку горизонтальним шляхом на першій ділянці, м/хв (визначається за таблицею А.1 залежно від щільності D).

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

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot b_1}, \quad (\text{A.9})$$

де N_1 — кількість людей на першій ділянці, люд.;

f — середня площа горизонтальної проекції людини, м²/люд., що приймається відповідно до підрозділу 7.4 цього додатка;

b_1 — ширина першої ділянки шляху, м.

Швидкість V_1 руху людського потоку на ділянках шляху, наступних після першого, приймають за таблицею А.1 залежно від інтенсивності руху людського потоку кожною із цих ділянок шляху, яку обчислюють для всіх ділянок шляху, і для дверних прорізів включно, за формулою:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot b_{i-1}}{b_i}, \quad (\text{A.10})$$

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 розглянутою i -ю і попередньою ділянками шляху, м/хв (інтенсивність руху людського потоку першою ділянкою шляху q_1 визначається за таблицею А.1 за значенням D_1 , визначеному за формулою (А.9)).

Таблиця А.1 — Інтенсивність і швидкість руху людського потоку різними ділянками шляхів евакуації в залежності від щільності для групи мобільності М1

Щільність потоку D , м ² /м ²	Горизонтальний шлях		Дверний проріз, інтенсивність q , м/хв	Сходи вниз		Сходи вверх	
	Швидкість V , м/хв	Інтенсивність q , м/хв		Швидкість V , м/хв	Інтенсивність q , м/хв	Швидкість V , м/хв	Інтенсивність q , м/хв
0,01	100	1,0	1,0	100	1,0	60	0,6
0,05	100	5,0	5,0	100	5,0	60	3,0
0,10	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,40	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,50	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,60	28	16,3	19,05	24,5	14,1	18,5	10,75
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90 і більш	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Примітка. Інтенсивність руху в дверному прорізі при щільності потоку 0,9 і більше, рівна 8,5 м/хв, встановлена для дверного прорізу завширшки 1,6 м і більше, а при дверному прорізі меншої ширини b інтенсивність руху слід визначати за формулою $q = 2,5 + 3,75 \cdot b$.

Якщо значення q_i , визначене за формулою (A.10), не більше ніж q_{\max} , то час руху ділянкою шляху t_i , хв, дорівнює:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i}, \quad (\text{A.11})$$

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 униз;
- $q_{\max} = 11,0$ — для сходів вверх.

Якщо значення q_i , визначене за формулою (A.10), більше q_{\max} , то ширину b_i даної ділянки шляху слід збільшувати на таке значення, за якого дотримується умова:

$$q_i \leq q_{\max}. \quad (\text{A.12})$$

За неможливості виконання умови (A.12) інтенсивність і швидкість руху людського потоку ділянкою i визначають за таблицею А.1 за значення $D = 0,9$ і більше. При цьому слід враховувати час затримки руху людей через їх скупчення, відповідно до підрозділу А.7.5 цього додатка.

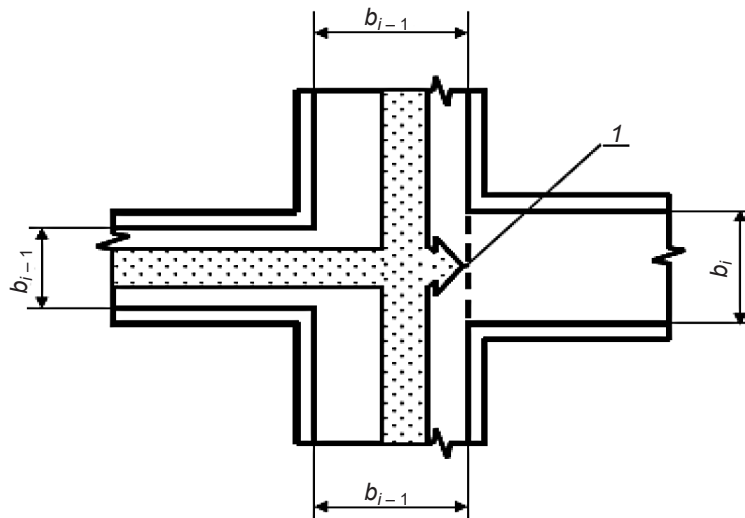
За злиття на початку i -ї ділянки двох і більше людських потоків (рис. А.1) інтенсивність руху q_i , м/хв, розраховують за формулою:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot b_{i-1}}{b_i}, \quad (\text{A.13})$$

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.



Умовна позначка:
1 — початок ділянки i .

Рисунок А.1 — Злиття людських потоків

Якщо значення q_i , визначене за формулою (A.13), більше ніж q_{\max} , то ширину b_i даної ділянки шляху слід збільшувати на таке значення, щоб дотримувалася умова (A.12). За неможливості виконання умови (A.12) інтенсивність і швидкість руху людського потоку по ділянці i визначають за таблицею А.1 за значення $D = 0,9$ і більше. При цьому слід враховувати тривалість затримки руху людей через їхнє скупчення, що утворилося, відповідно до розділу А.7.5 цього додатка.

А.5 Визначення розрахункового часу евакуації людей із приміщень будівель і споруд із застосуванням математичної моделі індивідуально-потокowego руху людей із будівлі чи споруди

Розрахунковий час евакуації людей із будівлі встановлюється за часом виходу з неї останньої людини.

Перед початком моделювання процесу евакуації задається схема евакуаційних шляхів у будівлі. Всі евакуаційні шляхи поділяються на евакуаційні ділянки довжиною a та шириною b . Довжина та ширина кожної ділянки шляху евакуації для будівель, які проектуються, приймаються згідно з проектом, а для побудованих — за фактичним значенням. Довжина шляху сходовими маршами вимірюється за довжиною марша. Довжина шляху в дверному прорізі приймається рівній нулю. Евакуаційні ділянки можуть бути горизонтальні та похилі (сходи вниз, сходи вверх і пандус).

Під час розрахунку за габарити людини в плані приймається площа її горизонтальної проекції згідно з (A.7.4). Задаються координати кожної людини x_i — відстань від центра проекції до кінця евакуаційної ділянки, на якій вона знаходиться (рис. A.2).

Координати кожної людини x_i у початковий момент часу задаються відповідно до схеми розміщення людей у приміщеннях (робочі місця, місця для глядачів, спальні місця тощо). У випадку відсутності таких даних, наприклад для магазинів, виставкових залів тощо, допустимо розміщувати людей рівномірно по всій площі приміщення з урахуванням розміщення технологічного обладнання.

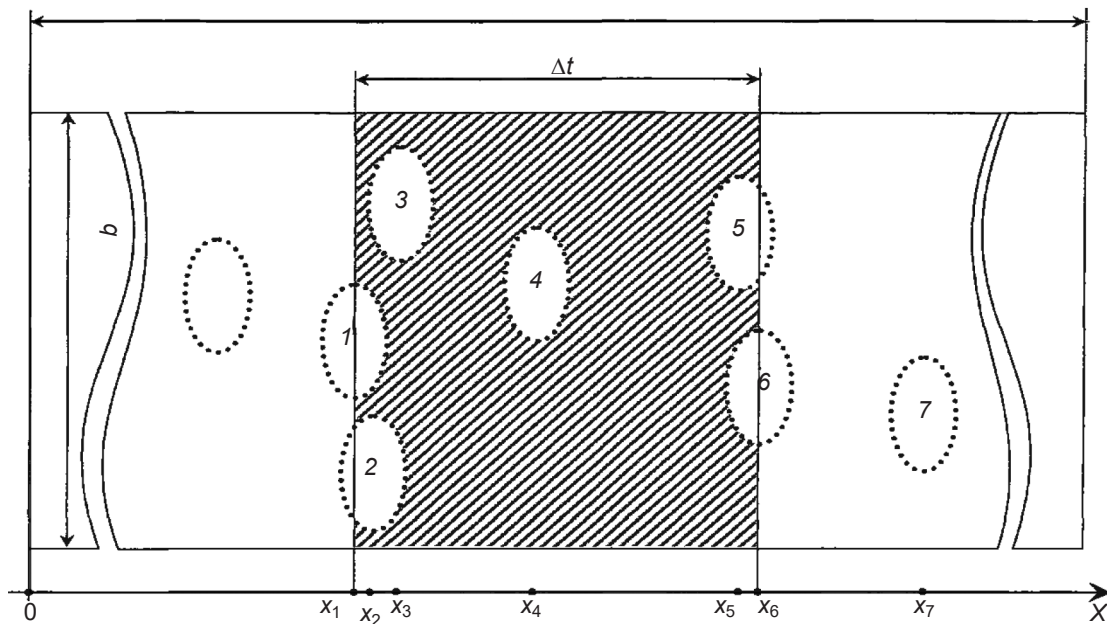


Рисунок A.2 — Координатна схема розміщення людей на шляхах евакуації

Координата кожної людини в момент часу t визначається за формулою:

$$x_i(t) = x_i(t - \Delta t) - V_i(t) \cdot \Delta t \text{ м}, \tag{A.14}$$

де $x_i(t - \Delta t)$ — координата i -ї людини в попередній момент часу, м;

$V_i(t)$ — швидкість i -ї людини в момент часу t , м/с;

Δt — проміжок часу, с.

Швидкість i -ї людини $V_i(t)$ у момент часу t визначається за таблицею A.1 розділу A.4 цього додатку в залежності від локальної щільності потоку, у якому вона рухається, $D_i(t)$ і типу евакуаційної ділянки.

Локальна щільність $D_i(t)$ обчислюється по групі, що складається з n людей, за формулою:

$$D_i(t) = (n(t) - 1) \cdot \frac{f}{(b \cdot \Delta x)} \text{ м}^2/\text{м}^2, \tag{A.15}$$

де n — кількість людей у групі, люд.;

f — середня площа горизонтальної проекції людини, м²;

b — ширина евакуаційної ділянки, м;

Δt — різниця координат останньої та першої людини в групі, м.

Якщо в момент часу t координата людини $x_i(t)$, визначена за формулою (A.14), стане від'ємною — це означає, що людина досягла границі поточної евакуаційної ділянки та повинна перейти на наступну евакуаційну ділянку.

У цьому випадку координата цієї людини на наступній евакуаційній ділянці визначається за формулою:

$$x_i(t) = [x_i(t - dt) - V_i(t) \cdot dt] + a_j - l_j \text{ м}, \quad (\text{A.16})$$

де $x_i(t - dt)$ — координата i -ї людини в попередній момент часу на $(j - 1)$ евакуаційній ділянці, м;
 $V_i(t)$ — швидкість i -ї людини на $(j - 1)$ евакуаційній ділянці в момент часу t , м/с;
 a_j — довжина j -ї евакуаційної ділянки, м;
 l_j — координата місця злиття j -ї та $(j - 1)$ евакуаційних ділянок — відстань від початку j -ї евакуаційної ділянки до місця злиття її з $(j - 1)$ евакуаційною ділянкою, м.

Кількість людей, що переходить з однієї евакуаційної ділянки на іншу в одиницю часу, визначається пропускною здатністю виходу з ділянки $Q_j(t)$ за формулою:

$$Q_j(t) = q_j(t) \cdot c_j \cdot \frac{d(t)}{f \cdot 60} \text{ люд.}, \quad (\text{A.17})$$

де $q_j(t)$ — інтенсивність руху на виході з j -ї евакуаційної ділянки в момент тривалості t , м/хв;
 c_j — ширина виходу з j -ї евакуаційної ділянки, м;
 $d(t)$ — проміжок тривалості, с;
 f — середня площа горизонтальної проекції людини, м².

Інтенсивність руху на виході з j -ї евакуаційної ділянки $q_j(t)$ у момент часу t визначається в залежності від щільності людського потоку на цій ділянці $Dv_j(t)$.

Щільність людського потоку на j -й евакуаційній ділянці $Dv_j(t)$ у момент часу t визначається за формулою:

$$Dv_j(t) = \frac{(N_j \cdot f \cdot dt)}{(a_j \cdot b_j)} \text{ м}^2/\text{м}^2, \quad (\text{A.18})$$

де N_j — кількість людей на j -й евакуаційній ділянці, люд.;
 f — середня площа горизонтальної проекції людини, м²;
 a_j — довжина j -ї евакуаційної ділянки, м;
 b_j — ширина j -ї евакуаційної ділянки, м;
 dt — проміжок часу, с.

У момент часу t визначається кількість людей m із від'ємними координатами $x_i(t)$, визначеними за формулою (A.14). Якщо значення $m \leq Q_j(t)$, то всі m людей переходять на наступну евакуаційну ділянку та їхні координати визначаються за формулою (A.16). Якщо значення $m > Q_j(t)$, то кількість людей, що дорівнює значенню $Q_j(t)$, переходить на наступну евакуаційну ділянку та їхні координати визначаються за формулою (A.16), а кількість людей, що дорівнює значенню $(m - Q_j(t))$, не переходить на наступну евакуаційну ділянку (залишається на даній евакуаційній ділянці) та їхнім координатам присвоюються значення: $x_i(t) = k \cdot 0,25 + 0,25$, де k — номер ряду, в якому будуть знаходитися люди (максимально можлива кількість людей в одному ряді збоку один від одного для кожної евакуаційної ділянки визначається перед початком розрахунків). Таким чином, виникає скупчення людей перед виходом з евакуаційної ділянки.

На рисунку А.3 зображено порядок визначення розрахункового часу евакуації людей із будівлі чи споруди.

На підставі заданих початкових умов (початкових координат людей, параметрів евакуаційних ділянок) визначаються щільності людських потоків на шляхах евакуації та пропускні здатності виходів з евакуаційних ділянок. Далі, у момент часу $t = t + dt$, визначається наявність НЧП на шляхах евакуації. Залежно від цього вибирається напрямок руху кожної людини й обчислюється нова координата кожної людини. Після цього знову визначаються щільності людських потоків на шляхах евакуації та пропускні спроможності виходів. Потім знову задається приріст за часом dt і визначаються нові координати людей з урахуванням наявності НЧП на шляхах евакуації в цей момент часу. Після цього процес повторюється. Розрахунки проводяться доти, доки всі люди не будуть евакуйовані з будівлі чи споруди.

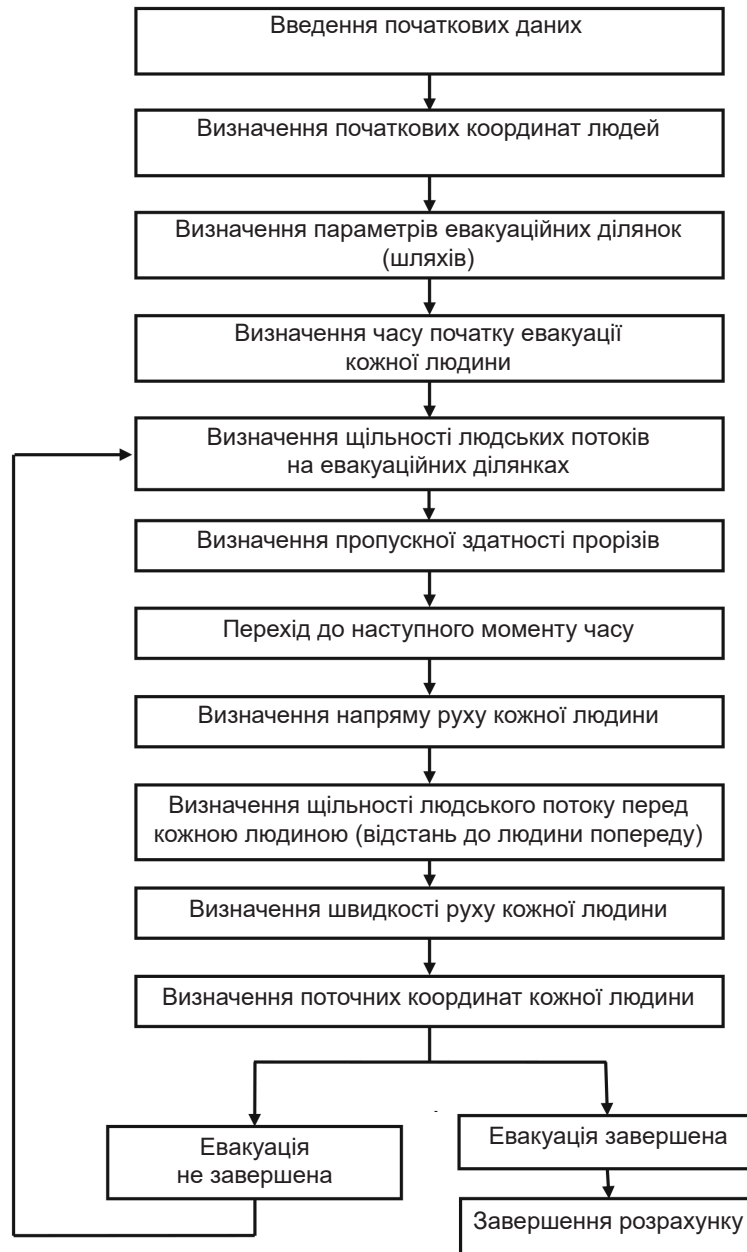


Рисунок А.3 — Порядок визначення розрахункового часу евакуації людей із будівлі (моделювання процесу евакуації)

А.6 Визначення розрахункового часу евакуації людей із приміщень будівель і споруд із застосуванням імітаційно-стохастичної моделі руху людських потоків

Кількість людей, що одночасно йдуть в одному напрямку загальними ділянками шляху, і утворюють людський потік. Ділянками формування людських потоків у приміщеннях слід приймати проходи між обладнанням. Для наступних ділянок евакуаційних шляхів вони є первинними витокami людських потоків. Розподіл N_i людей на ділянках формування, що мають ширину b_i і довжину l_i , приймається рівномірним. Тому в початковий момент t_0 на кожній елементарній ділянці Δl_i , займаній потоком, щільність потоку $D_i^{t_0}$ визначається за формулою:

$$D_i^{t_0} = \frac{N_i^{t_0}}{b_i \cdot \Delta l_i} \text{ люд./м}^2. \quad (\text{А.19})$$

За подальшого руху людських потоків із первинних витоків загальними ділянками шляху відбувається їх злиття. Утворюється загальний потік, частини якого мають різну щільність. Відбувається вирівнювання щільностей різних частин людського потоку — його переформування. Слід враховувати, що його головна частина, що має перед собою вільний шлях, розтікається — люди прагнуть йти вільно за щільності D_0 . За інтервал часу Δt частина людей переходить з цих елементарних ділянок на наступні та відбувається зміна стану людського потоку, його рух.

Швидкість руху людського потоку за щільності D_i на i -му відрізку ділянки шляху k -го виду слід вважати випадковою величиною $V_{D,k}$, що має числові характеристики:

математичне очікування (середнє значення):

$$V_{D,k} = V_{0,k} \cdot \left[1 - a_k \cdot \ln \frac{D_i}{D_{0,k}} \right] \cdot m \text{ при } D_i > D_{0,k}, \tag{A.20}$$

$$V_{D,k} = V_{0,k} \text{ при } D_i \leq D_{0,k};$$

середній квадратичний відхил:

$$\sigma(V_{D,k}) = \sigma(V_{0,k}) \cdot \left(\frac{1 - a_k \cdot \ln \frac{D_i}{D_{0,k}}}{D_{0,k}} \right), \tag{A.21}$$

де $V_{0,k}$ і $\sigma(V_{0,k})$ — математичне очікування швидкості вільного руху людей у потоці (за $D_i \leq D_{0,k}$) та її середній квадратичний відхил, м/хв;

$D_{0,k}$ — граничне значення щільності людського потоку, до досягнення якого можливий вільний рух людей по k -му виду шляху (щільність не впливає на швидкість руху людей);

a_k — коефіцієнт адаптації людей до змін щільності потоку під час руху по k -му виду шляху;

D_i — значення щільності людського потоку на i -му відрізку (Δl_i) ділянки шляху з шириною b_i , люд./м²;

m — коефіцієнт впливу прорізу.

Значення перерахованих параметрів слід приймати за таблицею А.2.

Таблиця А.2 — Значення параметрів для визначення швидкості руху людського потоку в залежності від виду шляху

Вид шляху, k	$V_{0,k}$, м/хв	$\sigma(V_{0,k})$, м/хв	$D_{0,k}$, люд./м ²	a_k	m
Горизонтальний у будівлі	100	5	0,51	0,295	1
Горизонтальний поза будівлею	100	5	0,70	0,407	1
Проріз	100	5	0,65	0,295	$1,25 - 0,05 \cdot D$, за $D \geq 5$
Сходи вниз	80	5	0,89	0,400	1
Сходи вверх	50	5	0,67	0,305	1

Примітка. Проріз при $D = 9$ люд./м² значення $q_i = V_i \cdot D_{0,k}$ визначаються за формулою: $q_i = 10 \cdot (2,5 + 3,75 \cdot b_i)$, м/хв.

За будь-якого можливого значення V^{t_0} люди в кількості $N_i^{t_0}$, що знаходяться в момент t_0 на i -й елементарній ділянці, рухаються нею та починають переходити на наступну ділянку ($i + 1$) (рис. А.4). На ділянку i , у свою чергу, переходить частина людей із попередньої ($i - 1$) елементарної ділянки та з витoku j .

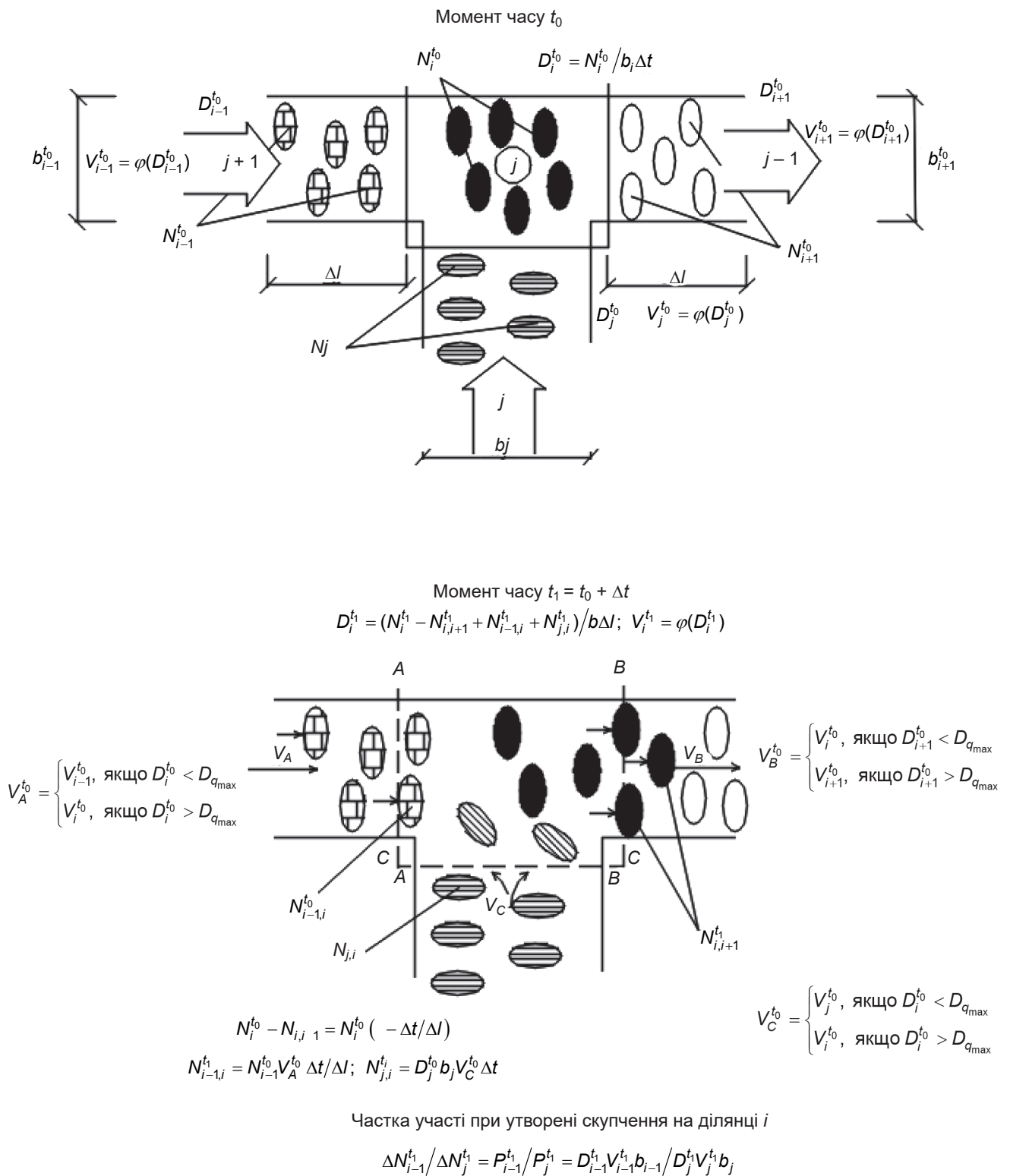


Рисунок А.4 — Змінення стану потоку в послідовні моменти часу

Через інтервал часу, що минув, Δt до моменту $t = t_0 + \Delta t$ тільки частина людей $N_{i,j+1}^{t_0}$ із ділянки i встигне перейти на ділянку $(i + 1)$. До цього моменту часу з людей $N_i^{t_0}$, що були на ділянці i у момент t_0 , залишиться $(N_i^{t_0} - N_{i,j+1}^{t_0})$ людей. Їх кількість поповнюється за рахунок людей, що встигли за цей інтервал часу перейти на неї з попереднього ділянки — $N_{i-1,i}^{t_0}$ та з витоку $N_{j,i}^{t_0}$. Тоді щільність потоку на ділянці i у момент t_1 буде дорівнювати:

$$D_i^{t_1} = \frac{(N_i^{t_0} - N_{i,j+1}^{t_0} + N_{i-1,i}^{t_0} + N_{j,i}^{t_0})}{b_i \Delta l}, \text{ люд.}/\text{м}^2 \quad (\text{A.22})$$

Швидкість руху людей, які опинилися на ділянці i у момент t_1 , визначається за формулою:

$$V_i^{t_1} = V_{0,k} \left(1 - a_k \cdot \ln \frac{D_i^{t_1}}{D_{0,k}} \right), \text{ м/хв.} \quad (\text{A.23})$$

Слід враховувати, що змінення щільності потоку на кожній ділянці в різні моменти часу відображає процес переформування різних частин потоку, та як окремий випадок — процес розтікання потоку.

Змінення щільності потоку на кожній з елементарних ділянок у послідовні моменти часу залежить від кількості людей, яка переходить через границі ділянок. У загальному випадку кількість людей, яка переходить за інтервал часу Δt з ділянки i на наступну ділянку $i + 1$, складає:

$$N_{i,j+1}^{t_1} = D_i^{t_0} b_i V_{\text{пер}} \Delta t, \text{ люд.} \quad (\text{A.24})$$

Швидкість переходу $V_{\text{пер}}$ через границі суміжних елементарних ділянок слід приймати, керуючись наступними формулами:

$$V_{\text{пер}} = \begin{cases} V_i^{t_0}, & \text{якщо } D_{i+1}^{t_0} \leq D \text{ при } \max V_{D_i,k} D = q_{\text{max}} \\ V_{i+1}^{t_0}, & \text{якщо } D_{i+1}^{t_0} > D \text{ при } \max V_{D_i,k} D = q_{\text{max}} \end{cases} \quad (\text{A.25})$$

Слід ураховувати, що в той момент часу t_n , коли щільність потоку на ділянці i досягла максимальної величини, на цю ділянку не може прийти жодна людина, ані з попередньої ділянки, ані з витоку. У результаті перед ділянкою i затримується відповідно $\Delta N_{i-1}^{t_n}$ та $\Delta N_{j,i}^{t_n}$ людей. У наступний момент часу t_{n+1} частина людей із ділянки i переходить на ділянку $i + 1$, щільність людського потоку на ній зменшиться та частина людей, яка скупчилася перед її границею, зможе перейти на неї. Частка їхньої участі в поповненні людьми ділянки i у момент t_{n+1} визначається за формулою:

$$\frac{\Delta N_{i-1}^{t_n, t_{n+1}}}{\Delta N_i^{t_n, t_{n+1}}} = \frac{D_{i-1}^{t_{n+1}} V_{i-1}^{t_n, t_{n+1}} b_{i-1}}{D_j^{t_n, t_{n+1}} V_j^{t_n, t_{n+1}} b_j} \quad (\text{A.26})$$

Формули (A.22)-(A.26) повністю описують стан людського потоку на елементарних ділянках та їхні переходи в послідовні моменти часу. Сукупність значень розрахункового часу евакуації, отриманих за різних значень $V_{0,k}$, формує емпіричний розподіл імовірностей значень Σ_{tp} . По цьому розподілу слід розраховувати значення часу завершення евакуації, що відповідає імовірності $P_e = 0,999$.

А.7 Вибір даних для визначення розрахункового часу евакуації

А.7.1 Значення часу початку евакуації $t_{\text{не}}$ (с) для приміщення осередку пожежі визначають за формулою:

$$t_{\text{не}} = 5 + 0,01 \cdot F, \quad (\text{A.27})$$

де F — площа приміщення, м^2 .

Для решти приміщень значення тривалості від початку евакуації $t_{\text{не}}$ слід визначати за таблицею А.3.

Таблиця А.3 — Значення тривалості від початку евакуації для об'єктів громадського призначення

№ з/п	Групи будинків, споруд і приміщень громадського призначення та характеристика контингенту людей	Значення часу від початку евакуації людей $t_{не}$, с		
		Будівлі, обладнані системою керування евакуюванням (в частині системи оповіщення про пожежу і покажчиків напрямку евакуювання)		Будівлі, не обладнані системою керування евакуюванням (в частині системи оповіщення про пожежу і покажчиків напрямку евакуювання)
		I—III типів	IV—V типу	—
1	Будинки, споруди та приміщення дошкільних навчальних закладів, навчальних закладів, охорони здоров'я та відпочинку. Особи, які перебувають у будівлі, можуть знаходитися в стані сну, бути обмеженими у пересуванні та не достатньо знайомі зі структурою евакуаційних шляхів і виходів	360	240	540
2	Гуртожитки, одноквартирні та багатоквартирні житлові будинки зокрема і блокованого типу. Мешканці можуть знаходитися в стані сну і недостатньо знайомі зі структурою евакуаційних шляхів і виходів	180	120	360
3	Будинки, споруди і приміщення фізкультурно-оздоровчі та спортивні. Будинки, споруди та приміщення дозвілля, культурно-видовищні та культові заклади. Будинки, споруди та приміщення підприємств торгівлі та харчування. Будинки, споруди та приміщення підприємств побутового обслуговування. Будинки, споруди та приміщення закладів соціального захисту населення. Будинки, споруди та приміщення транспорту, призначені для безпосереднього обслуговування населення. Будинки, споруди та приміщення комунального господарства (окрім виробничих, складських та транспортних будинків і споруд). Відвідувачі знаходяться в безсонному стані, але можуть бути не знайомі зі структурою евакуаційних шляхів і виходів	180	60	360
4	Будинки, споруди та приміщення науково-дослідних установ, проектних і громадських організацій та управління. Відвідувачі, що не знаходяться в стані сну та добре знайомі зі структурою евакуаційних шляхів і виходів	180	90	360

А.7.2 Принципи складання розрахункової схеми евакуації

Розрахункова схема евакуації є окремо виконаною або нанесеною на план будівлі схемою, на якій відображено:

— кількість людей на початкових ділянках — витоках (проходи між робочими місцями, обладнанням, рядами крісел тощо);

— напрямок їх руху (маршрути);

— геометричні параметри ділянок шляху (довжина, ширина) та види ділянок шляху.

Розрахункова схема евакуації повинна враховувати ситуацію, за якої хоча б одна людина знаходиться в точці, найвіддаленішій від виходу з будівлі, споруди чи приміщення.

У розрахунковій схемі враховуються тільки ті шляхи руху людей, що відповідають вимогам, які встановлені до шляхів евакуації.

У приміщеннях (наприклад, глядацька зала кінотеатру, театру) кількість розрахункових схем має дорівнювати кількості задіяних у розрахунках евакуаційних виходів. Для розрахунку часу евакуації приймається найгірший результат розрахункової схеми.

Розглянувши кількість людей на початкових ділянках шляху, визначають напрямок їх руху. Встановлено такі правила вибирання людьми напрямку (маршруту) руху під час евакуації:

а) рух шляхом, яким люди потрапили в будівлю;

б) виключення шляхів руху, що проходять поруч із зоною горіння, хоча люди можуть евакуйовуватися через задимлені коридори;

в) вплив персоналу. В громадських будівлях зазвичай відвідувачі під час пожежі дотримуються вказівок персоналу, навіть якщо ці вказівки не відповідають оптимальним;

г) за умови евакуації з першого поверху — рух до відкритого виходу з будівлі назовні;

д) складна логістична залежність, що описує вибір виходу з поверху глядацької зали (рисунок А.9);

е) за інших рівних умов — рух до найближчого виходу.

Крім того, наявні дані показують, що фактором вибору напрямку може бути місце паркування особистого автомобіля, місце зустрічі членів родини тощо. Визначення ширини шляху викликає ускладнення тільки під час виходу людей на ділянку «необмеженої» ширини, наприклад у вестибюль. У такому випадку ширина потоку (b) залежить від кількості людей (N) і довжини (l) ділянки: $b = 4$ м при $N < 100$ люд. та $l \leq 6$ м; $b = 6$ м — в інших випадках.

За даними натурних спостережень встановлено, що повороти шляху не впливають на параметри руху людського потоку.

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 світлу пору доби: від перил до стіни. Довжина похилого шляху L (рисунок А.5) приймається за його дійсним значенням. Поверхові та міжповерхові майданчики з метою спрощення та полегшення обчислень, з огляду на їх невеликі розміри та меншу складність руху ними порівняно зі сходовими маршами, можна враховувати як похилі шляхи. Тоді середня довжина похилого шляху в межах одного поверху, разом з рухом майданчиками, 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 двомаршовими сходами можна приймати рівній його потроєній висоті H , тобто $L = 3 \cdot H$;

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



Рисунок А.5 — Розрахункова довжина шляху сходами

Пандуси, якщо їхній нахил незначний (менше ніж 1:8), можна відносити до горизонтальних шляхів, за значніших нахилів — до сходів. Довжина похилого шляху також визначається за його віссю.

Шляхи руху людей і виходи висотою меншою ніж 1,9 м і шириною меншою ніж 0,7 м під час складання розрахункової схеми евакуації не враховуються, за винятком випадків, встановлених у нормативних документах.

Сходові клітини є центрами скупчення людських потоків (для першого поверху — виходи назовні). Тому розрахункові схеми доцільно складати для кожної частини поверху, якою люди евакуюються через передбачену для них сходову клітину (вихід назовні). На рисунку А.6 наведено приклад складання розрахункової схеми евакуації людей частиною поверху до входу в сходову клітину.

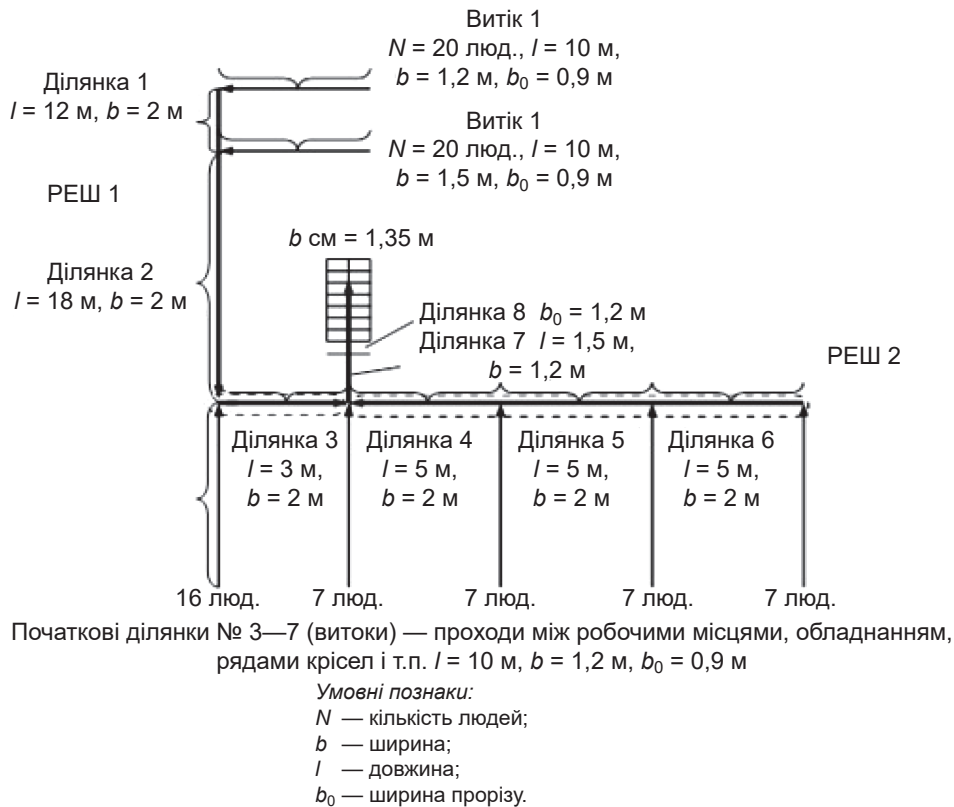


Рисунок А.6 — Приклад складання розрахункової схеми евакуації людей ділянкою поверху до входу в сходову клітину

У глядацьких залах із постійними місцями для відвідувачів розподіл людей за напрямками руху до евакуаційних виходів показано на рисунках А.7 і А.8.

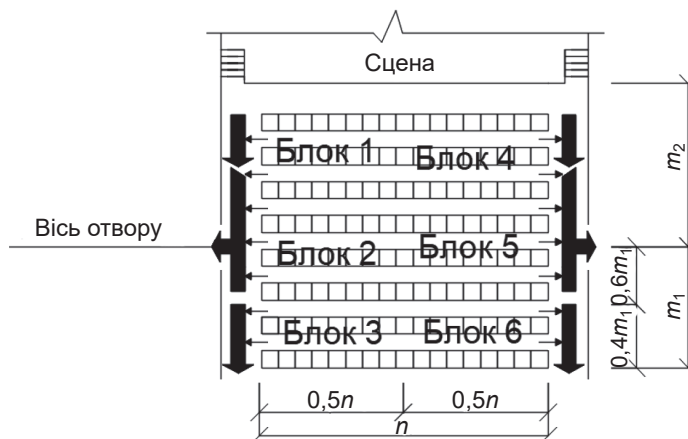


Рисунок А.7 — Маршрути руху людських потоків під час евакуації з глядацьких залів з боковими (повздовжніми) проходами

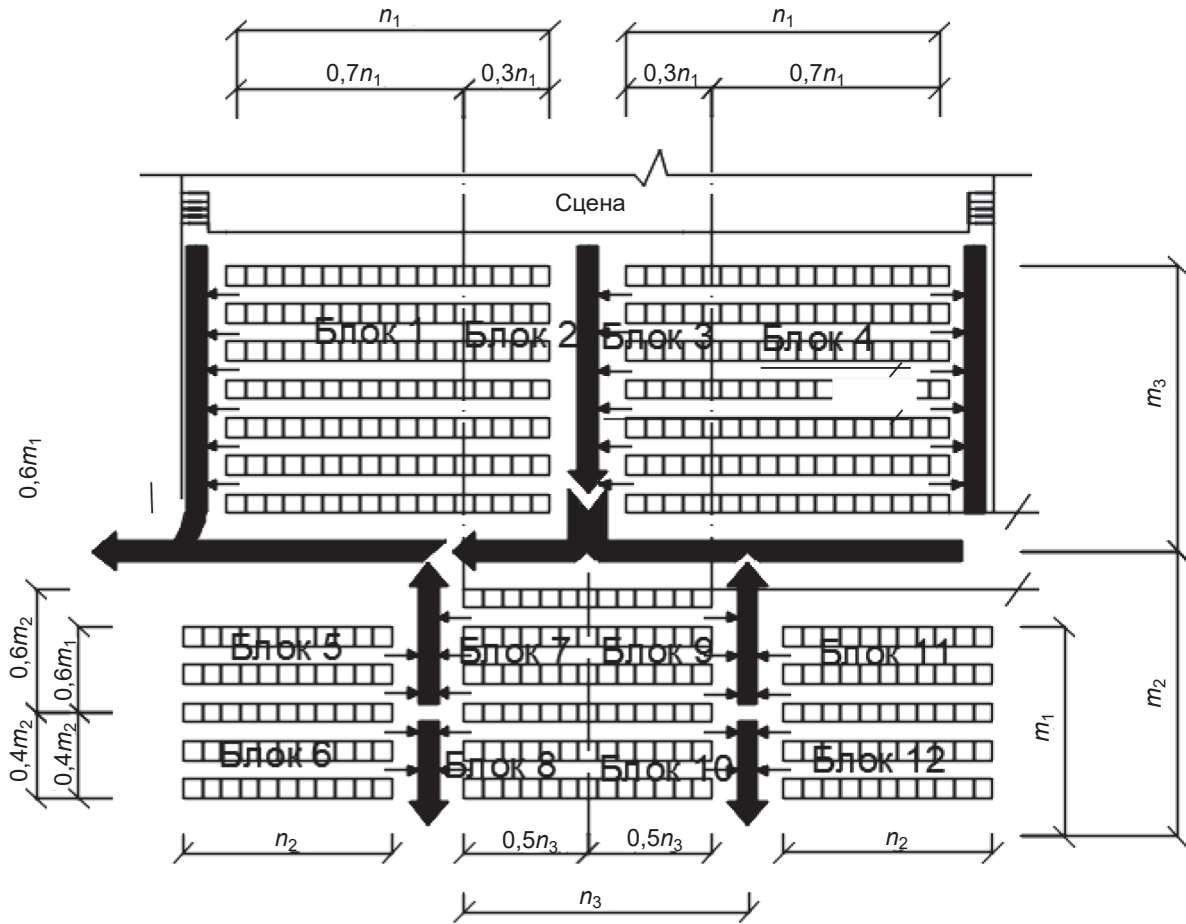


Рисунок А.8 — Маршрути руху людських потоків під час евакуації з глядацьких залів із поперечним проходом

Якщо надалі люди виходять у фойє або вестибюль, тобто через приміщення, що не обмежують, ширини людського потоку, як коридор, то розподіл людських потоків між можливими евакуаційними виходами, коли вони не блоковані, відбувається згідно із закономірностями, приведеними на рисунку А.9 (а, б).

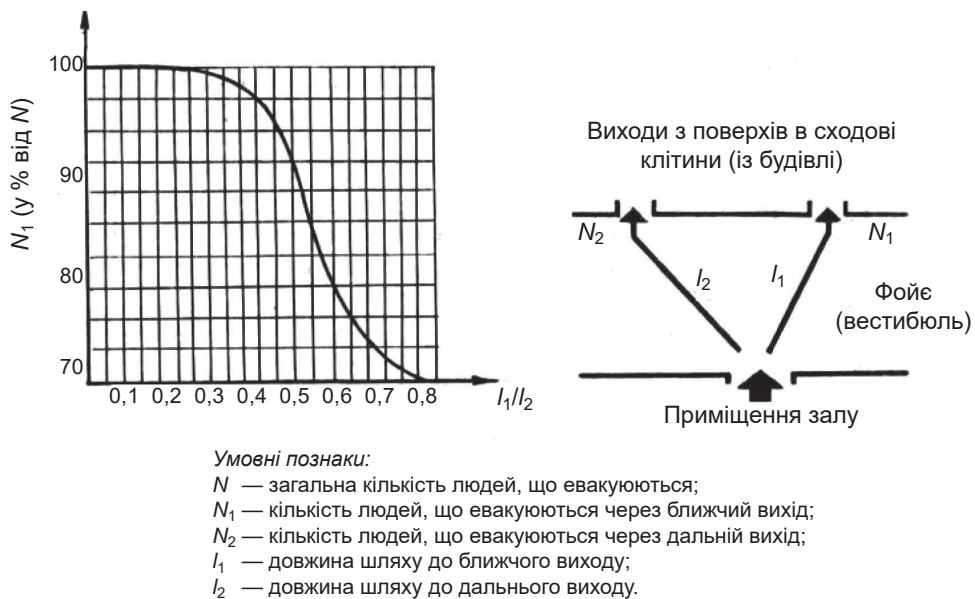


Рисунок А.9 (а) — Кількість глядачів і вибір виходу за умови евакуації в дві сходові клітини або в дві відкриті драбини чи в два виходи з будівлі

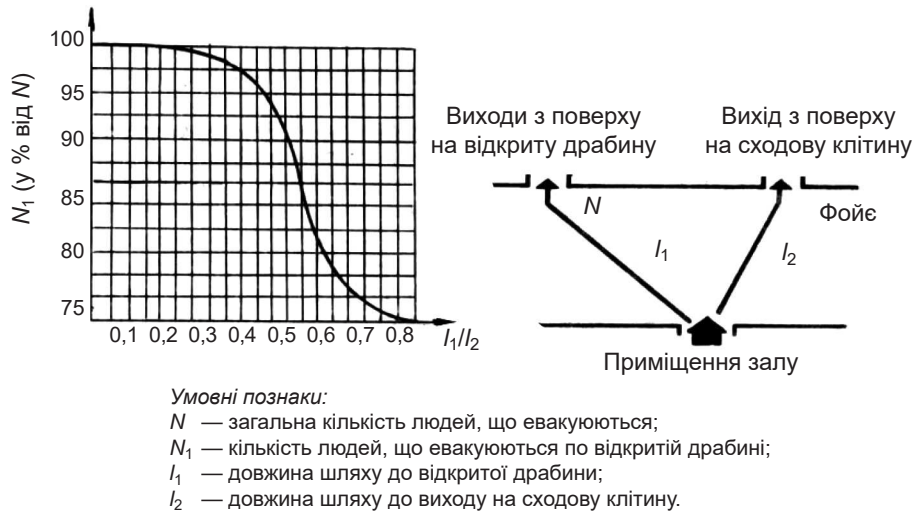


Рисунок А.9 (б) — Кількість глядачів, що евакуюються відкритою драбиною

А.7.3 За умови однорідного складу людського потоку груп мобільності М2, М3 і М4 значення величин D , V , q слід приймати відповідно до даних таблиці А.4.

Таблиця А.4 — Розрахункові значення параметрів для груп мобільності М2—М4

Група мобільності	Вид шляху										
	D , м ² /м ²	Горизонтальний		Сходи вниз		Сходи вверх		Пандус вниз		Пандус вверх	
		V , м/хв	q , м ² /м·хв	V , м/хв	q , м ² /м·хв	V , м/хв	q , м ² /м·хв	V , м/хв	q , м ² /м·хв	V , м/хв	q , м ² /м·хв
М2	0,01	30,00	0,30	30,00	0,30	20,00	0,20	45,00	0,45	25,00	0,25
	0,05	30,00	1,50	30,00	1,50	20,00	1,00	45,00	2,25	25,00	1,25
	0,1	30,00	3,00	30,00	3,00	20,00	2,00	45,00	4,50	25,00	2,50
	0,2	26,05	5,21	26,22	5,24	16,78	3,36	41,91	8,38	21,98	4,40
	0,3	21,97	6,59	22,01	6,60	13,96	4,19	33,92	10,18	18,09	5,43
	0,4	19,08	7,63	19,03	7,61	11,96	4,78	28,25	11,30	15,32	6,13
	0,5	16,84	8,42	16,71	8,36	10,41	5,20	23,85	11,93	13,18	6,59
	0,6	15,01	9,01	14,82	8,89	9,14	5,48	20,26	12,16	11,43	6,86
	0,7	13,46	9,42	13,22	9,25	8,07	5,65	17,22	12,05	9,95	6,97
	0,8	12,12	9,69	11,83	9,47	7,14	5,71	14,59	11,67	8,67	6,94
М3	0,01	70,00	0,70	20,00	0,20	25,00	0,25	105,00	1,05	55,00	0,55
	0,05	70,00	3,50	20,00	1,00	25,00	1,25	105,00	5,25	55,00	2,75
	0,1	70,00	7,00	20,00	2,00	25,00	2,50	105,00	10,50	55,00	5,50
	0,2	53,50	10,70	20,00	4,00	20,57	4,11	83,41	16,68	45,54	9,11
	0,3	43,57	13,07	16,67	5,00	17,05	5,12	65,70	19,71	35,59	10,68
	0,4	36,52	14,61	14,06	5,62	14,56	5,82	53,13	21,25	28,54	11,41
	0,5	31,05	15,53	12,04	6,02	12,62	6,31	43,39	21,69	23,06	11,53
	0,6	26,59	15,95	10,38	6,23	11,04	6,62	35,42	21,25	18,59	11,15
	0,7	22,81	15,97	8,98	6,29	9,70	6,79	28,69	20,08	14,81	10,37
	0,8	19,54	15,63	7,77	6,21	8,54	6,83	22,86	18,28	11,53	9,23
0,9	16,65	14,99	6,70	6,03	7,52	6,77	17,71	15,94	8,64	7,78	

Кінець таблиці А4

Група мобільності	Вид шляху										
	D, м ² /м ²	Горизонтальний		Сходи вниз		Сходи вверху		Пандус вниз		Пандус уверх	
		V, м/хв	q, м ² /м·хв	V, м/хв	q, м ² /м·хв	V, м/хв	q, м ² /м·хв	V, м/хв	q, м ² /м·хв	V, м/хв	q, м ² /м·хв
М4	0,01	60,00	0,60	—	—	—	—	115,00	1,15	40,00	0,40
	0,05	60,00	3,00	—	—	—	—	115,00	5,75	40,00	2,00
	0,1	60,00	6,00	—	—	—	—	115,00	11,50	40,00	4,00
	0,2	50,57	10,11	—	—	—	—	99,65	19,93	35,17	7,03
	0,3	40,84	12,25	—	—	—	—	79,88	23,97	28,36	8,51
	0,4	33,93	13,57	—	—	—	—	65,86	26,34	23,52	9,41
	0,5	28,58	14,29	—	—	—	—	54,98	27,49	19,77	9,89
	0,6	24,20	14,52	—	—	—	—	46,09	27,65	16,71	10,03
	0,7	20,50	14,35	—	—	—	—	38,57	27,00	14,12	9,88
	0,8	17,30	13,84	—	—	—	—	32,06	25,65	11,88	9,50
0,9	14,47	13,02	—	—	—	—	26,32	23,68	9,90	8,91	

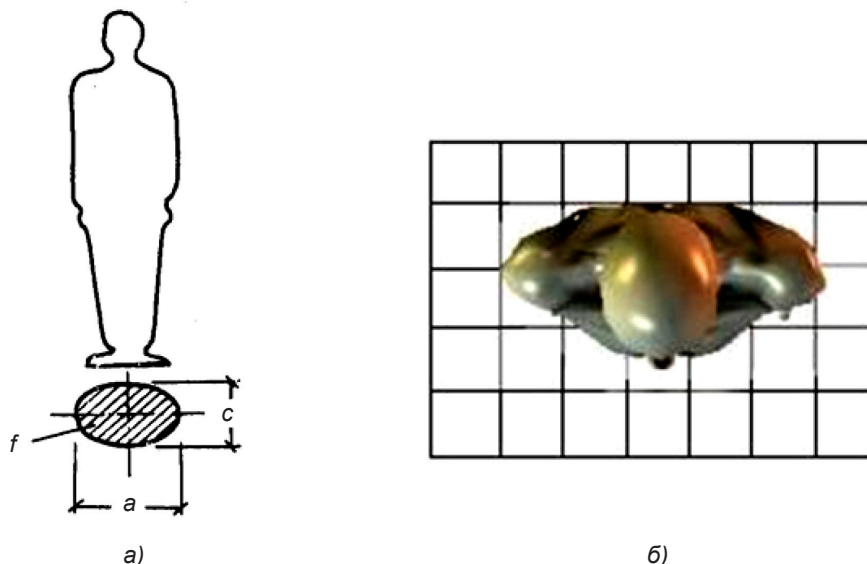
Примітка. Групи мобільності — згідно з ДБН В.2.2-17:

М2 — немічні люди, мобільність яких знижена через старіння організму; інваліди на протезах; інваліди з вадами зору, що користуються білою тростиною; люди з психічними відхиленнями;

М3 — інваліди, що використовують при русі додаткові опори (милиці, ціпки);

М4 — інваліди, що пересуваються на кріслах-колясках, які приводяться у рух вручну.

А.7.4 Площа горизонтальної проекції людини f , м²/ос. приймається залежно від складу людей в потоці відповідно до даних, наведених нижче.



Умовні позначки:
а) розрахункова;
б) дійсна.

Рисунок А.11 — Площа горизонтальної проекції людини

Розміри людей змінюються в залежності від фізичних даних, віку та одягу. У таблицях А.5, А.6, А.7 та на рисунку А.12 наведено усереднені розміри людей різного віку, в різному одязі та з різним вантажем. Приведені значення площі горизонтальної проекції враховують інвалідів з порушенням опорно-рухового апарату.

Таблиця А.5 — Площі горизонтальної проекції дорослих людей

Тип одягу	Ширина а, м	Товщина с, м	Площа горизонтальної проекції, м ² /ос.
літній (в приміщенні)	0,46	0,28	0,100
весняно-осінній	0,48	0,30	0,113
зимовий	0,50	0,32	0,125

Таблиця А.6 — Площі горизонтальної проекції дітей і підлітків

Тип одягу	Вікові групи		
	Молодша до 9 років	Середня 10—13 років	Старша 14—16 років
домашній одяг	0,04	0,06	0,08
домашній одяг зі шкільною сумкою	0,07	0,10	0,14
вуличний одяг зі шкільною сумкою	0,09	0,13	0,16

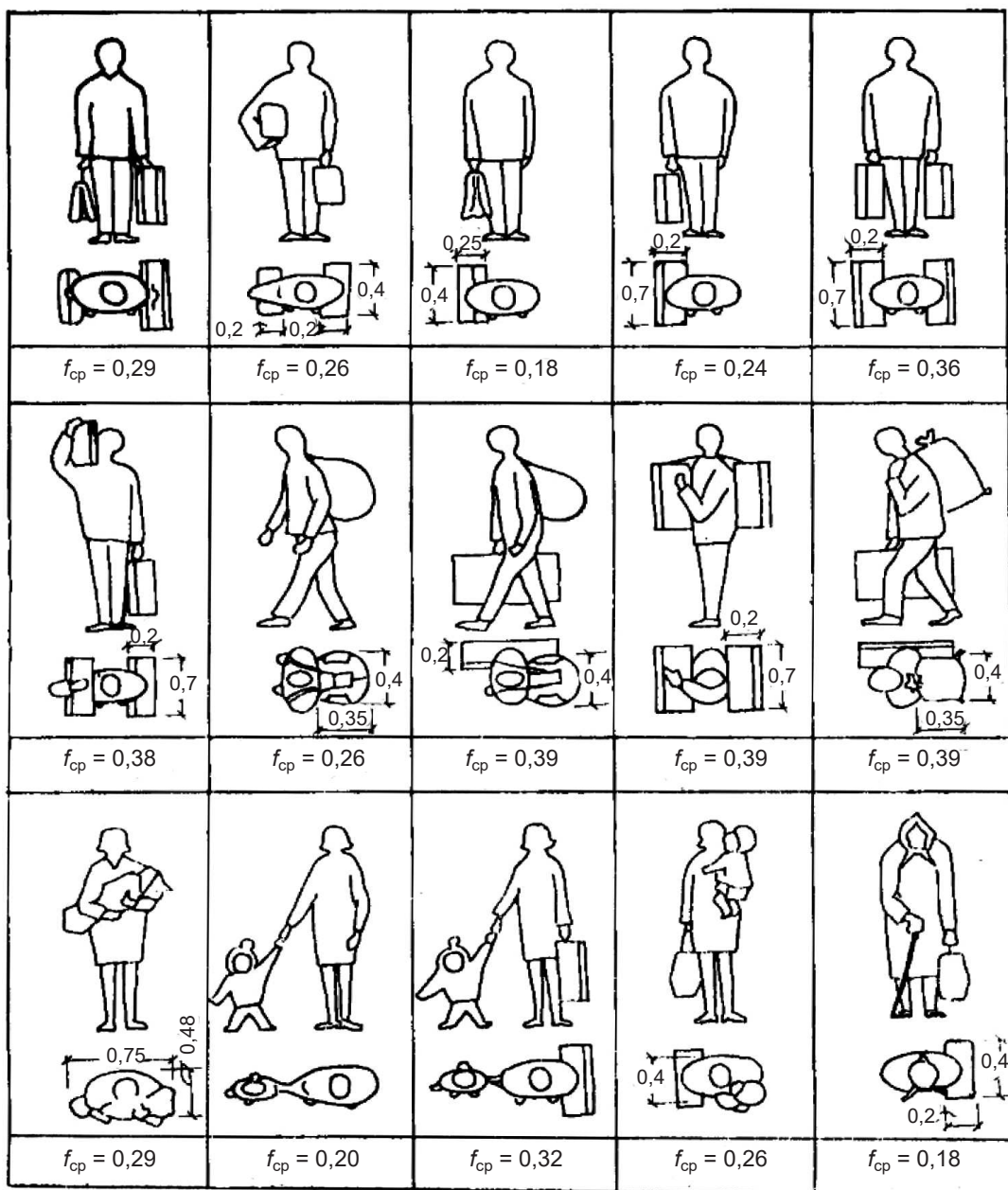


Рисунок А.12 — Площа горизонтальної проекції людей з різним вантажем

Таблиця А.7 — Площа горизонтальної проекції людей з обмеженою мобільністю, м²/ос

Здорові люди з вадами слуху з обмеженою розумовою діяльністю	Сліпі	З ураженням опорно-рухового апарату					
		пересуваються без додаткових опор	пересуваються з однією додатковою опорою	пересуваються з двома додатковими опорами	пересуваються на інвалідних кріслах	транспортуються ношами	транспортуються каталками
$\alpha = 0,28$	$\alpha_1 = 0,72$	$\alpha_2 = 0,40$	$\alpha_3 = 0,50$	$\alpha_4 = 0,50$	$\alpha_5 = 0,80$	$b_1 = 0,50$	$b_2 = 0,72$
$c = 0,46$	$c_1 = 0,82$	$c_2 = 0,75$	$c_3 = 0,65$	$c_4 = 0,90$	$c_5 = 1,20$	$i_1 = 2,10$	$i_2 = 2,10$
$f = 0,10$	$f = 0,40$	$f = 0,25$	$f = 0,20$	$f = 0,30$	$f = 0,96$	$f = 1,05$	$f = 1,58$

А.7.5 Час затримки t_3 руху на ділянці i , що утворився через скупчення людей на межі з наступною ділянкою ($i + 1$), визначається за формулою:

$$t_3 = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{при } D=0,9} \cdot b_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot b_i} \right), \quad (\text{A.28})$$

- де N — кількість людей, люд.;
- f — площа горизонтальної проекції, м²;
- $q_{\text{при } D=0,9}$ — інтенсивність руху через ділянку $i + 1$ за щільності 0,9 і більше, м/хв;
- b_{i+1} — ширина ділянки, м, при входженні на який утворилося скупчення людей;
- q_i — інтенсивність руху на ділянці i , м/хв;
- b_i — ширина попередньої ділянки i , м.

Час існування скупчення $t_{\text{ск}}$ на ділянці i визначається за формулою:

$$t_{\text{ск}} = \frac{N \cdot f}{q_{\text{при } D=0,9} \cdot b_{i+1}}. \quad (\text{A.29})$$

Розрахунковий час евакуації ділянкою i , в кінці якої на межі з ділянкою ($i + 1$) утворилося скупчення людей, дорівнює часу існування скупчення $t_{\text{ск}}$. Розрахунковий час евакуації ділянкою i допустимо визначити за формулою:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i} + t_3. \quad (\text{A.30})$$

А.8 Порядок проведення розрахунку та математичні моделі для визначення тривалості блокування шляхів евакуації небезпечними чинниками пожежі

А.8.1 Порядок проведення розрахунку

Проводиться вибір сценарію (чи сценаріїв) пожежі, за якого очікуються найгірші наслідки для людей, які знаходяться в будівлі.

Формулювання сценарію розвитку пожежі містить у собі такі етапи:

- вибір місця перебування первинного осередку пожежі та закономірностей його розвитку;
- задання розрахункової області (вибір системи приміщень, яка розглядається під час розрахунку, визначення елементів внутрішньої структури приміщень, що враховуються під час розрахунку, завдання стану прорізів);
- задання параметрів довкілля та початкових значень параметрів усередині приміщень.

Вибір місцезнаходження осередку пожежі проводиться експертним шляхом. Також враховується кількість горючого навантаження, його властивості та розташування, імовірність виникнення пожежі, можлива динаміка її розвитку, розташування евакуаційних шляхів і 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 (ГР).

Швидкість вигорання пожежного навантаження для цих випадків визначають за формулами:

$$\psi = \begin{cases} \psi_{\text{пит}} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2 & \text{— для кругового розповсюдження пожежі} \\ & \text{— для лінійного розповсюдження пожежі} \\ \psi_{\text{пит}} \cdot 2 \cdot v \cdot t \cdot b & \\ \psi_{\text{пит}} \cdot F \cdot \sqrt{\frac{t}{t_{\text{ст}}}} & \text{— для несталого горіння горючих рідин} \end{cases}, \quad (\text{A.31})$$

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.

З урахуванням підрозділу А.8.2 цього додатка обирається метод моделювання, складається математична модель, що відповідає цьому сценарію, та проводиться моделювання динаміки розвитку пожежі. На підставі отриманих результатів розраховується тривалість досягнення кожним із небезпечних чинників пожежі гранично допустимого значення на шляхах евакуації.

Критичний час для кожного з небезпечних чинників пожежі визначається як тривалість досягнення цим чинником гранично допустимого значення на шляхах евакуації за висоти 1,7 м від підлоги.

Гранично допустимі значення за кожним з небезпечних чинників пожежі складають:

— за підвищеною температурою — 60 °С;

— за тепловим потоком — 2500 Вт/м²;

— за втратою видимості — 20 м (у разі, коли обидва горизонтальні лінійні розміри приміщення менше ніж 20 м, гранично допустиму відстань щодо втрати видимості приймають рівною найбільшому горизонтальному лінійному розміру);

— за зниженим вмістом кисню — 0,226 кг/м³;

— за кожним з токсичних газоподібних продуктів згоряння (CO₂ — 0,11 кг/м³; CO — 1,16·10⁻³ кг/м³; HCL — 23·10⁻⁶ кг/м³).

Необхідно відзначити, що за використання 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 визначають як максимальний з критичних часів для евакуаційних виходів із даного приміщення (час блокування останнього виходу).

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

$$t_{\text{бл}} = \min \{ t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{T.П.}}, t_{\text{кр}}^{\text{В.В.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{T.Г.}} \}. \quad (\text{A.32})$$

А.8.2 Класифікація та сфера застосування методів математичного моделювання пожежі

Для опису термогазодинамічних параметрів пожежі застосовуються три основні групи детерміністичних моделей: інтегральні, зонні (зональні) та польові.

Вибір конкретної моделі розрахунку часу блокування шляхів евакуації слід здійснювати виходячи з таких передумов:

а) інтегральний метод застосовують:

— для будівель, що мають розвинену систему приміщень малого об'єму простої геометричної конфігурації;

— для приміщень, де характерний розмір осередку пожежі можливо порівняти з характерними розмірами приміщення та розміри приміщення близькі між собою (лінійні розміри приміщення відрізняються не більше ніж у 5 разів);

— для попередніх розрахунків з метою виявлення найбільш небезпечного сценарію пожежі.

Зонний та польовий методи використовуються у разі неможливості використання інтегрального методу, зокрема:

б) зонний (зональний) метод застосовують:

— для приміщень і систем приміщень простої геометричної конфігурації, лінійні розміри яких близькі між собою (лінійні розміри приміщення відрізняються не більше ніж у 5 разів), коли розмір осередку пожежі істотно менше розмірів приміщення;

— для робочих зон, розташованих на різних рівнях у межах одного приміщення (наприклад, похила глядацька зала кінотеатру, антресолі);

в) польовий метод застосовують:

— для приміщень складної геометричної конфігурації, а також приміщень із великою кількістю внутрішніх перешкод (атріуми з системою галерей і коридорів, що примикають, багатофункціональні центри зі складною системою вертикальних і горизонтальних зв'язків тощо);

— для приміщень, у яких один із геометричних розмірів значно більший (менший) за інші (тунелі, закриті автостоянки великої площі тощо);

— для інших випадків, коли застосування чи інформативність зонних та інтегральних моделей викликає сумнів (унікальні споруди, будівлі, де необхідно врахувати поширення пожежі по її фасаді та/або, роботу систем протипожежного захисту).

Під час використання інтегральної та зонної моделей для приміщення, один із лінійних розмірів якого більше ніж у п'ять разів перевищує хоча б один із двох інших лінійних розмірів, необхідно це приміщення поділяти на ділянки, розміри яких порівнювані між собою, та розглядати ділянки як окремі приміщення, що сполучуються прорізами, площа яких дорівнює площі перетину на границі ділянок. Використання аналогічної процедури у разі, коли два лінійних розміри перевищують третій більше ніж у 5 разів, не допустимо.

A.8.3 Математична інтегральна модель газообміну в будівлі під час пожежі

Для розрахунку поширення продуктів згоряння по будівлі складають та розв'язують рівняння аерації, тепло- і масообміну, як для кожного приміщення окремо, так і для всієї будівлі в цілому.

Рівняння руху, що зв'язують значення перепадів тисків на прорізах із витратами газів через прорізи мають такий вигляд:

$$G_{ji} = \text{sign}(\Delta P_{ji}) \cdot \xi \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot |\Delta P_{ji}|}, \quad (\text{A.33})$$

де G_{ji} — витрата газів через проріз між двома (j -м та i -м) суміжними приміщеннями, кг/с;

ξ — коефіцієнт витрати прорізу ($\xi = 0,8$ для закритих прорізів і $\xi = 0,64$ для відкритих прорізів);

F — площа перетину прорізу, м²;

ρ — густина газів, які проходять через проріз, кг/м³;

ΔP_{ji} — середній перепад повних тисків між j -м та i -м приміщенням, Па.

Напрямок витрати визначається знаком різниці тисків ΔP_{ji} . Залежно від цього густина ρ приймає різні значення.

Знак витрати газів (витрата, що входить у приміщення — вважається позитивною, що виходить із приміщення — від'ємною) і значення ρ залежать від знаку перепаду тисків:

$$\text{sign}(\Delta P), \rho = \begin{cases} -1, \rho = \rho, \text{ при } \Delta P < 0 \\ +1, \rho = \rho, \text{ при } \Delta P > 0 \end{cases} \quad (\text{A.34})$$

Для прогнозування параметрів продуктів згоряння (температури, концентрацій токсичних компонентів продуктів згоряння) у приміщеннях багатоповислової будівлі на поверхах, розташованих вище поверху, на якому може виникнути пожежа, розглядаються процеси поширення продуктів згоряння у вертикальних каналах (сходові клітини, шахти ліфтів, вентиляційні канали тощо).

Вертикальну шахту по висоті розділяють на зони, які є вузлами у гідравлічній схемі будівлі. Зона може охоплювати кілька поверхів будівлі по висоті. У цьому випадку витрату газу між зонами можна виразити наступною формулою:

$$G = \sqrt{\frac{\Delta\rho}{S}}, \quad (\text{A.35})$$

де $S = \frac{1}{2 \cdot g \cdot \rho \cdot k \cdot F^2}$ — характеристика гідравлічного опору на границі зон;

F — площа поперечного перерізу шахти, м²;
 k — коефіцієнт (допускається приймати рівним 0,05 с²/м);
 $g = 9,81$ м/с² — прискорення вільного падіння;
 $\Delta\rho$ — перепад тисків між вузлами, Па.

Будівлю представляють у виді гідравлічної схеми, вузли якої моделюють приміщення, а зв'язки — шляхи руху продуктів згоряння та повітря. Кожне приміщення будівлі описується системою рівнянь, яка складається з рівняння балансу маси, рівняння збереження енергії та рівняння основного газового закону (Менделєєва-Клапейрона).

Рівняння балансу маси є таким:

$$d(\rho_j \cdot V_j)/dt = \psi + \sum_k G_k - \sum_i G_i, \quad (\text{A.36})$$

де V_j — об'єм приміщення, м³;
 t — час, с;

$\sum_k G_k$ — сума витрат газів, які входять у приміщення, кг/с;

$\sum_i G_i$ — сума витрат газів, які виходять із приміщення, кг/с;

ψ — швидкість вигорання пожежного навантаження, кг/с.

Рівняння збереження енергії є таким:

$$d(c_v \cdot \rho_j \cdot V_j \cdot T_j)/dt = c_p \cdot \sum_k (T_k \cdot G_k) - c_p \cdot T_j \cdot \sum_i G_i + Q_{\Gamma} - Q_w, \quad (\text{A.37})$$

де c_v, c_p — питома ізохорна й ізобарна теплоємності, кДж/(кг·К);

T_i, T_j — температури газів в i -м та j -м приміщеннях, К;

Q_{Γ} — питоме тепловиділення, кДж/кг;

Q_w — тепловий потік, що поглинається конструкціями та випромінюється через прорізи, кВт.

Для приміщення осередку пожежі величина Q_{Γ} визначається за формулою:

$$Q_{\Gamma} = (\eta \cdot Q_H + I) \cdot \psi, \quad (\text{A.38})$$

де η — коефіцієнт повноти горіння;

Q_H — нижча теплота згоряння, кДж/кг;

$I = c_p \cdot T$ — ентальпія газифікованого горючого навантаження, кДж/кг;

c_p — питома теплоємність продуктів піролізу, кДж/(кг·К);

T — температура продуктів піролізу, К.

Для інших приміщень $Q_{\Gamma} = 0$.

Коефіцієнт повноти горіння η визначається за формулою:

$$\eta = \eta_0 \cdot K + (1 - K) \cdot \frac{\sum_k X_{\text{ox},k} \cdot G_k}{\psi \cdot L_{\text{ox}}}, \quad (\text{A.39})$$

де η_0 — коефіцієнт повноти горіння в режимі пожежі, регульованої горючим навантаженням, який визначається за формулою:

$$\eta_0 = 0,63 + 0,2 \cdot X_{\text{ox},0} + 1500 \cdot X_{\text{ox},0}^6. \quad (\text{A.40})$$

Коефіцієнт K розраховується за формулою:

$$K = \left(\frac{X_{\text{ox},m}}{X_{\text{ox},0}} \right)^B \exp \left(B \cdot \left(1 - \frac{X_{\text{ox},m}}{X_{\text{ox},0}} \right) \right), \quad (\text{A.41})$$

де $B = \left(\frac{X_{\text{ox},0}}{X_{\text{ox},0} - 0,01} \right)^2$;

$X_{\text{ox},0}$ — початкова концентрація кисню в приміщенні осередку пожежі;

$X_{\text{ox},m}$ — поточна концентрація кисню в приміщенні осередку пожежі;

L_{ox} — кількість кисню, яка поглинається під час згоряння 1 кг горючого навантаження кг/кг.

Рівняння Менделєєва-Клапейрона виражається формулою:

$$P_j = \rho_j \cdot T_j \cdot \frac{R}{M}, \quad (\text{A.42})$$

де P_j — тиск газу в j -му приміщенні, Па;

ρ_j — густина газу в j -му приміщенні, кг/м³;

T_j — температура газу в j -му приміщенні, К;

$R = 8,31$ — універсальна газова стала, Дж/(моль·К);

M — молярна маса газу, кг/моль.

Параметри газу в приміщенні визначають рівнянням балансу мас окремих компонентів продуктів згоряння та кисню і рівняння балансу оптичної густини диму.

Рівняння балансу мас окремих компонентів продуктів згоряння та кисню:

$$d(X_{L,j} \cdot \rho_j \cdot V_j)/dt = \psi \cdot L_L + \sum_k (X_{L,k} \cdot G_k) - X_{L,j} \cdot \sum_i G_i, \quad (\text{A.43})$$

де $X_{L,k}$, $X_{L,j}$ — концентрація L -го компонента продуктів згоряння в i -му та j -му приміщеннях, кг/кг;

L_L — кількість L -го компонента продуктів згоряння (кисню), що виділяється (поглинається) під час згоряння 1 кг пожежного навантаження, кг/кг.

Рівняння балансу оптичної густини диму:

$$V_j \cdot d\mu_j/dt = \psi \cdot D_m + \sum_k (\mu_k G_k)/\rho_k - \mu_j \sum_i G_i/\rho_j, \quad (\text{A.44})$$

де μ_i , μ_j — оптична густина диму в i -му та j -му приміщеннях, Нп·м⁻¹;

D_m — димоутворювальна здатність пожежного навантаження, Нп·м²/кг.

Оптична густина диму за звичайних умов пов'язана з відстанню граничної видимості в диму формулою:

$$l_{\text{гр}} = \frac{2,38}{\mu}. \quad (\text{A.45})$$

Для приміщень без джерела тепла за однорідності температур система рівнянь (A.36), (A.37), (A.39) спрощується та представляється у вигляді:

$$\begin{cases} G_{ij}(\tau) = \text{sign}(\Delta P_{ij}(\tau)) \cdot \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_k \cdot |\Delta P_{ij}(\tau)|} \\ \sum_{i=1}^n \frac{G_{ij}(\tau)}{\rho_k} = 0 \end{cases}, \quad (\text{A.46})$$

де $\rho_k = \frac{1}{2} \cdot [\rho + \text{sign}(\Delta P_{ij}) \cdot \rho + \rho_j - \text{sign}(\Delta P_{ij}) \cdot \rho_j]$.

Перше рівняння зв'язує перепади тисків на з'єднуючих приміщеннях прорізах із витратою газу через ці прорізи. Друге — виражає сталість об'єму для даного приміщення. Таким чином, для всієї будівлі потрібно вирішувати систему, що складається з $(m_{\text{гз}} + m_{\text{вз}}) \cdot n_{\text{пов}}$ нелінійних рівнянь виду (A.43) та $n_{\text{вуз}} \cdot n_{\text{пов}}$ лінійних рівнянь виду (A.44). Тут $m_{\text{гз}}$ та $m_{\text{вз}}$ — відповідно кількість горизонтальних і вертикальних зв'язків на поверсі; $n_{\text{вуз}}$ — кількість вузлів; $n_{\text{пов}}$ — кількість поверхів.

Система рівнянь, що містить рівняння (А.36), (А.37) для приміщення осередку пожежі та (А.43), (А.44) для інших приміщень і рівняння (А.42), що описує гідравлічну схему будівлі, розв'язується чисельно методом ітерації у сукупності з методом січних.

Основні рівняння для визначення температури газу та концентрації продуктів згоряння в приміщеннях будівлі отримані з рівнянь збереження енергії та маси.

Температура газу в приміщенні, де відсутній осередок пожежі, визначається з рівняння теплового балансу, яке можна одержати з рівняння збереження енергії (А.37). Формула для визначення температури газу в j -му приміщенні будівлі в n -ий момент часу:

$$T_{nj} = \frac{\sum_{k=1}^n (c_{PB} \cdot G_k \cdot T_k) + Q_j}{c_{vr} \cdot \left(\sum_{k=1}^n G_k - \sum_{i=1}^m G_i \right) + c_{pr} \cdot \sum_{i=1}^m G_i + \alpha_{jn}^* \cdot F_{jn} + \alpha_{jcc}^* \cdot F_{jcc}} + \left[T_{(n-1)j} - \frac{\sum_{k=1}^n (c_{PB} \cdot G_k \cdot T_k) + Q_j}{c_{vr} \cdot \left(\sum_{k=1}^n G_k - \sum_{i=1}^m G_i \right) + c_{pr} \cdot \sum_{i=1}^m G_i + \alpha_{jn}^* \cdot F_{jn} + \alpha_{jcc}^* \cdot F_{jcc}} \right] \cdot \exp \left[- \frac{c_{vr} \cdot \left(\sum_{k=1}^n G_k - \sum_{i=1}^m G_i \right) + c_{pr} \cdot \sum_{i=1}^m G_i + \alpha_{jn}^* \cdot F_{jn} + \alpha_{jcc}^* \cdot F_{jcc}}{c_{vr} \cdot \rho_j \cdot V_j} \cdot \Delta \tau \right], \quad (A.47)$$

де Q_j — сума джерел (стоків) тепла в об'ємі j -го приміщення та тепла, що йде в огорожувальні конструкції;

$\alpha^* = \alpha \cdot \left[\frac{T(\tau) - T_w(\tau)}{T(\tau) - T_0} \right]$ — приведений коефіцієнт тепловіддачі;

T_0 — початкова температура в приміщенні;

F_{jcc} — площа поверхні огорожувальних конструкцій у j -му приміщенні.

Коефіцієнт тепловіддачі α може бути розрахований за емпіричною формулою:

$$\alpha = \begin{cases} 4,07 \cdot \sqrt[3]{T_m - T_w} & \text{при } T_m \leq 60 \text{ }^\circ\text{C} \\ 1,63 \cdot \exp[0,0023 \cdot (T_m - T_0)] & \text{при } T_m > 60 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases} \quad (A.48)$$

Концентрація окремих компонентів газових сумішей у приміщеннях будівлі обчислюється з рівняння балансу маси даного компонента (А.43). Концентрація L -го компонента продуктів згоряння в j -му приміщенні в n -ий момент часу визначається за рівнянням:

$$X_{Lj(n)} = \frac{\sum_{k=1}^n (X_{Lk} \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^n G_k} + \left(X_{Lj(n-1)} - \frac{\sum_{k=1}^n (X_{Lk} \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^n G_k} \right) \cdot \exp \left(- \frac{\sum_{k=1}^n G_k}{\rho_j \cdot V_j} \cdot \Delta \tau \right). \quad (A.49)$$

Оптична густина диму в j -ому приміщенні в n -ий момент часу визначається за формулою:

$$\mu_{(n)j} = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_k \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^n G_k} + \left(\mu_{(n-1)j} - \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_k \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^n G_k} \right) \cdot \exp \left(- \frac{\sum_{k=1}^n G_k}{\rho_j \cdot V_j} \cdot \Delta \tau \right). \quad (A.50)$$

Аналітичні співвідношення для визначення критичної тривалості пожежі

Для одиночного приміщення висотою не більш 6 м, що задовольняє умовам застосування інтегральної моделі, за відсутності систем протипожежного захисту, які впливають на розвиток пожежі, допустимо визначати критичні часи за кожним із небезпечних чинників початкової стадії пожежі, до моменту притоку окисника у приміщення за допомогою аналітичних співвідношень:

за підвищеною температурою:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n}, \quad (A.51)$$

за втратою видимості:

$$t_{кр}^{B.B.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{гр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (A.52)$$

за зниженням вмісту кисню:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (A.53)$$

за кожним з газоподібних токсичних продуктів згоряння:

$$t_{кр}^{T.T.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (A.54)$$

де $B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_t}$ — розмірний комплекс, який залежить від теплоти згоряння матеріалу та вільного об'єму приміщення, кг;

- t_0 — початкова температура повітря в приміщенні, °C;
- n — показник ступеню, що враховує зміну маси матеріалу, що вигоряє, в часі;
- A — розмірний параметр, що враховує питому масову швидкість вигорання горючого матеріалу та площу пожежі, кг/сⁿ;
- Z — безрозмірний параметр, що враховує нерівномірність розподілу НЧП по висоті приміщення;
- Q_H — нижча теплота згоряння матеріалу, МДж/кг;
- c_p — питома ізобарна теплоємність газу, МДж/кг;
- φ — коефіцієнт тепловтрат (приймається за даними довідкової літератури, за відсутності даних може бути прийнятий рівним 0,55);
- η — коефіцієнт повноти горіння (визначається за формулою А.40);
- V — вільний об'єм приміщення, м³;
- α — коефіцієнт відображення предметів на шляхах евакуації;
- E — початкова освітленість, лк;
- $l_{гр}$ — гранична дальність видимості в диму, м;
- D_m — димоутворювальна здатність горючого матеріалу, Нп·м²/кг;
- L — питомий вихід токсичних газів під час згоряння 1 кг матеріалу, кг/кг;
- X — гранично допустимий вміст токсичного газу в приміщенні, кг/м³ ($X_{CO_2} = 0,11$ кг/м³; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³; $X_{HCL} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³);
- L_{O_2} — питома витрата кисню, кг/кг.

Якщо під знаком логарифма виходить від'ємне число, то даний НЧП не є небезпечним. Параметр Z за умови $H \leq 6$ м обчислюють за формулою:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right), \text{ за умови } H \leq 6 \text{ м} \quad (\text{A.55})$$

де h — висота робочої зони, м;

H — висота приміщення, м.

Визначають висоту робочої зони:

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \quad (\text{A.56})$$

де $h_{\text{пл}}$ — висота майданчика, де знаходяться люди, над підлогою приміщення, м;

δ — різниця висот підлоги, що дорівнює нулю за її горизонтального розташування, м.

Потрібно зауважити, що найбільшій небезпеці під час пожежі піддаються люди, що знаходяться на найвищій відмітці. Тому, наприклад, під час визначення необхідного часу евакуації людей з партеру глядацької зали з похилою підлогою значення h слід знаходити, орієнтуючись на ряди крісел розташовані найвище.

Параметри A та n обчислюють так:

у разі горіння рідини зі сталою швидкістю:

$$A = \psi_{\text{пит}} \cdot F, \quad n = 1, \quad (\text{A.57})$$

де $\psi_{\text{пит}}$ — питома масова швидкість вигорання рідини, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

у разі горіння рідини з несталою швидкістю:

$$A = \frac{0,67 \cdot \psi_{\text{пит}} \cdot F}{\sqrt{t_{\text{ст}}}}, \quad n = 1,5, \quad (\text{A.58})$$

для кругового поширення пожежі:

$$A = 1,05 \cdot \psi_{\text{пит}} \cdot v^2, \quad n = 3, \quad (\text{A.59})$$

де v — лінійна швидкість поширення полум'я, $\text{м}/\text{с}$;

для вертикальної чи горизонтальної поверхні горіння у вигляді прямокутника, одна зі сторін якого збільшується в двох напрямках за рахунок поширення полум'я (наприклад, поширення вогню в горизонтальному напрямку по завісі після охоплення її полум'ям по всій висоті):

$$A = \psi_{\text{пит}} \cdot v \cdot b, \quad n = 2, \quad (\text{A.60})$$

де b — розмір зони горіння, перпендикулярний до напрямку руху полум'я, м.

За відсутності спеціальних вимог значення α та E приймають рівними 0,3 лк і 50 лк відповідно, а значення $l_{\text{гр}} = 20$ м.

A.8.4 Математична двозонна модель пожежі в будівлі

Під час розв'язання задач із використанням двозонної моделі пожежа в будівлі характеризується усередненими за масою і об'ємом значеннями таких параметрів задимленої зони:

T — температура середовища в задимленій зоні, К;

μ — оптична густина диму, $\text{Нп}/\text{м}$;

x_i — масова концентрація i -го токсичного продукту згорання в задимленій зоні, $\text{кг}/\text{кг}$;

x_K — масова концентрація кисню, $\text{кг}/\text{кг}$;

Z — висота нижньої границі шару диму, м.

У свою чергу перелічені параметри виражаються через основні інтегральні параметри задимленої зони за допомогою таких формул:

$$Q_3 = \int_0^T m \cdot C_p(T) \cdot dT, \quad (\text{A.61})$$

$$x_i = \frac{m_i}{m}, \quad x_K = \frac{m_K}{m}, \quad (\text{A.62})$$

$$\mu = \frac{S}{V_D}, \quad (\text{A.63})$$

$$\rho = \frac{m}{V_D}, \quad Z = H - \frac{V_D}{A}, \quad (\text{A.64})$$

де m , m_i — загальна маса диму та відповідно i -го токсичного продукту згоряння в задимленій зоні, кг;
 m_K — маса кисню в задимленій зоні, кг;
 Q_3 — ентальпія продуктів згоряння в задимленій зоні, кДж;
 S — оптична кількість диму, Нп·м²;
 ρ — густина диму при температурі T , кг/м³;
 V_D — об'єм задимленої зони, м³;
 H , A — висота та площа приміщення, м;
 c_p — питома теплоємність диму, кДж/(К·кг).

Динаміка основних інтегральних параметрів задимленої зони визначається інтегруванням системи таких балансових рівнянь:

загальної маси компонентів задимленої зони з урахуванням диму, внесеного в зону конвективною колонкою, та диму, що видаляється через прорізи в сусідні приміщення:

$$\frac{dm}{dt} = G_K - G_{\Pi}, \quad (\text{A.65})$$

де t — поточний час, с;

G_K , G_{Π} — масова витрата диму відповідно через конвективну колонку та відкриті прорізи в приміщенні, кг/с;

ентальпії компонентів задимленої зони з урахуванням тепла, внесеного в зону конвективною колонкою, тепловіддачі в конструкції, та віднесення диму в прорізи:

$$\frac{dQ}{dt} = Q_K - Q_{\Pi} - Q_{\text{кон}}, \quad (\text{A.66})$$

де Q_K , Q_{Π} , $Q_{\text{кон}}$ — теплова потужність, відповідно, внесена в задимлену зону конвективною колонкою, що видаляється з димом через відкриті прорізи та втрачається в конструкції, кВт;
 маси кисню з урахуванням втрат на окиснення продуктів піролізу горючих речовин:

$$\frac{dm_{\text{ox}}}{dt} = 0,23 \cdot (G_K - \eta \cdot \Psi \cdot L_{\text{ox}}) - X_{\text{ox}} \cdot G_{\Pi}, \quad (\text{A.67})$$

де η — повнота згоряння горючого матеріалу, кг/кг;

Ψ — швидкість вигорання горючого матеріалу, кг/с;

L_{ox} — споживання кисню під час згоряння одиниці маси горючого матеріалу, кг/кг;

оптичної кількості диму з урахуванням димоутворювальної здатності горючого матеріалу:

$$\frac{dS}{dt} = \Psi \cdot D_m - G_{\Pi} \cdot \frac{\mu}{\rho}, \quad (\text{A.68})$$

де D_m — димоутворювальна здатність горючого матеріалу, Нп·м²/кг;

маси i -го токсичного продукту згоряння:

$$\frac{dm_i}{dt} = \Psi \cdot L_i - x_i \cdot G_{\Pi}, \quad (\text{A.69})$$

де L_i — масовий вихід i -го токсичного продукту згоряння, кг/кг.

Маса компонентів диму G_K , внесених у задимлену зону конвективною колонкою, оцінюється з урахуванням кількості повітря, що утягується в конвективну колонку по всій її висоті до нижньої границі шару диму. В інженерних розрахунках витрата компонентів диму через вісесиметричну конвективну колонку за висоти нижнього рівня задимленої зони Z (у залежності від того, яка область конвективної колонки чи факелу занурена в задимлену зону) задається напівемпіричною формулою:

$$G_k = \begin{cases} 0,011 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{0,566} & \text{для області факелу} \\ 0,026 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{0,909} & \text{для перехідної області} \\ 0,124 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{1,895} & \text{для області конвективної колонки} \end{cases}, \quad (\text{A.70})$$

де Q — потужність осередку пожежі, кВт.

Динаміка параметрів осередку пожежі визначається розвитком площі горіння з урахуванням складного складу горючих матеріалів, їх розташування, місця виникнення осередку пожежі та повноти згоряння:

$$Q = \eta \cdot \psi_{\text{пит}} \cdot Q_n \cdot F(t). \quad (\text{A.71})$$

Втрати тепла в огорожувальній конструкції розраховуються з урахуванням температури гарячого струменю T_c , швидкості та випромінювальної здатності струменю, що омиває конструкції та прогрівання самої i -ої конструкції $T_i(y)$ по товщині y . Для цього чисельно інтегрується нестационарне рівняння Фур'є:

$$\frac{\partial T_i(y)}{\partial t} = \frac{1}{c(T) \cdot \rho} \cdot \frac{\partial \lambda(T) \cdot \partial T_i(y)}{\partial^2 \cdot y}, \quad (\text{A.72})$$

із граничними та початковими умовами:

$$(\alpha_k + \alpha_n) \cdot (T_c - T_w) = -\lambda_w \cdot \frac{\partial T_i(y)}{\partial y} \Big|_{y=0}, \quad (\text{A.73})$$

$$(\alpha_k + \alpha_n) \cdot (T_0 - T_i(\delta)) = -\lambda(T) \cdot \frac{\partial T_i(y)}{\partial y} \Big|_{y=\delta}, \quad (\text{A.74})$$

$$T_i(0, y) = T_0, \quad 0 \leq y \leq \delta, \quad (\text{A.75})$$

де α_k, α_n — відповідно конвективний і променистий коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

δ — товщина огорожувальної конструкції, м;

$c(T)$ — теплоємність матеріалу конструкції за температури $T(y)$, Дж/(кг·К);

$\lambda(T)$ — теплопровідність матеріалу конструкції за температури $T(y)$, Вт/(м·К);

T_w, T_0 — температура конструкції обігрівної поверхні та середовища з боку необігрівної поверхні, К;

ρ — густина матеріалу конструкції, кг/м³.

Теплові та масові потоки через проріз у кожен момент часу обчислюють з урахуванням поточного перепаду тиску по висоті прорізу, складу та температури газового середовища по обидві сторони прорізу (див. рис. А.13). Масова витрата диму з приміщення осередку пожежі в сусіднє приміщення розраховується так:

$$G_i = B \cdot \xi \cdot \int_{Y_{\min}}^{Y_{\max}} \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P(h) - P_2(h))} \, dh, \quad (\text{A.76})$$

де B — ширина прорізу, м;

ξ — аеродинамічний коефіцієнт прорізу;

$P(h) - P_2(h)$ — різниця тисків у приміщеннях на висоті h ;

ρ — густина диму в задимленій зоні сусіднього приміщення за температури диму T .

Межі інтегрування Y_{\max} та Y_{\min} вибирають в межах створу прорізу, шару диму в приміщенні з осередком пожежі та там, де надлишковий тиск $\Delta P = (P(h) - P_2(h)) > 0$, як це наведено на рис. А.13.

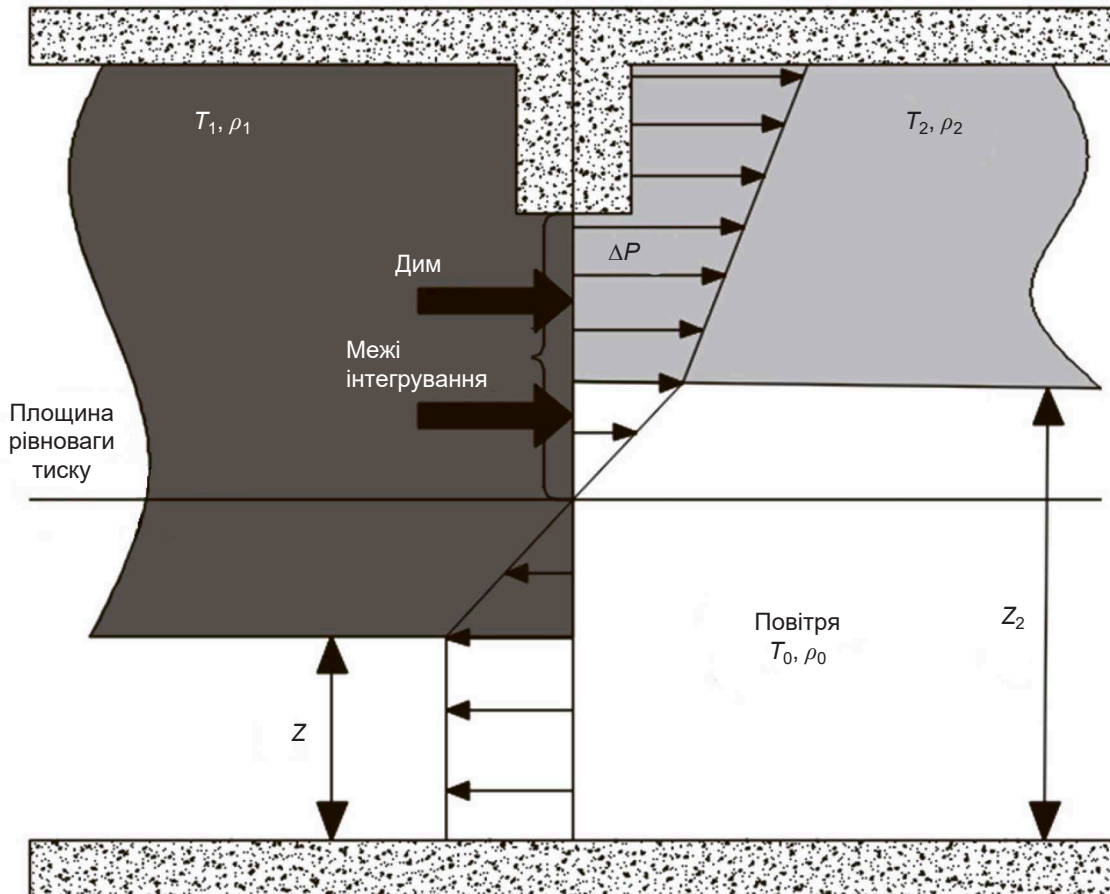


Рисунок А.12 — Потоки маси речовини через проріз

Необхідна для оцінки перепаду тиску по створу прорізу залежність тиску від висоти в i -ому приміщенні (з урахуванням задимленої зони цього приміщення) оцінюється як:

$$P_i(h) = \begin{cases} P_{i0} - \rho_0 \cdot g \cdot h & \text{якщо } h \leq Z_i \\ P_{i0} - \rho_0 \cdot g \cdot Z_i - \rho_1 \cdot g \cdot h & \text{якщо } h > Z_i \end{cases}, \quad (\text{A.77})$$

де P_{i0} — поточний тиск в i -ому приміщенні на нульовій відмітці (чи приведений до нульової відмітки, якщо рівень підлоги приміщення вище нульової відмітки);

ρ_0 — густина повітря при початковій температурі T_0 ;

Z_i — поточна висота незадимленої зони в i -ому приміщенні (див. А.55).

Розраховані параметри тепломасообміну в прорізі використовуються як граничні умови для сусіднього приміщення.

А.8.5 Польовий метод моделювання пожежі в будівлі

Основою для польових моделей пожеж є рівняння, що виражають закони збереження маси, імпульсу, енергії та мас компонентів у розглянутому малому контрольному об'ємі.

Рівняння збереження маси:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \cdot u_j) = 0, \quad (\text{A.78})$$

де ρ — густина газу, кг/м³;

t — поточний час, с;

x_j — координата в j -му напрямку, м;

u_j — швидкість у j -му напрямку, м/с.

Рівняння збереження імпульсу:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \cdot u_j \cdot u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho \cdot g_i, \quad (\text{A.79})$$

де ρ — густина газу, кг/м³;
 u_i — швидкість у i -му напрямку, м/с;
 u_j — швидкість у j -му напрямку, м/с;
 g — прискорення вільного падіння, м/с²;
 τ_{ij} — тензор в'язких напруг, Па.

Для ньютонівських рідин, згідно з законом Стокса, тензор в'язких напруг визначається за формулою:

$$\tau_{ij} = \mu \cdot \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \cdot \delta_{ij}, \quad (\text{A.80})$$

де μ — динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;
 u_i — швидкість у i -му напрямку, м/с;
 u_j — швидкість у j -му напрямку, м/с;
 $\frac{\partial u_k}{\partial x_k}$ — градієнт швидкості у k -му напрямку, с⁻¹;
 δ_{ij} — символ (дельта) Кронекера, що дорівнює 1 за $i = j$, та 0 в інших випадках.

Рівняння енергії:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot h) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \cdot u_j \cdot h) = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\lambda}{c_p} \cdot \frac{\partial h}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial q_j^R}{\partial x_j}, \quad (\text{A.81})$$

де $h = h_0 + \int_{T_0}^T c_p \cdot dT + \sum_k (Y_k H_k)$ — статична ентальпія суміші;

H_k — теплота утворення k -го компонента, Дж;
 $c_p = \sum_k Y_k \cdot c_{p,k}$ — теплоємність суміші за постійного тиску, Дж/(кг·К);
 Y_k — масова частка k -го компонента в суміші, кг/кг;
 $c_{p,k}$ — питома теплоємність k -го компоненту, кДж/(К·кг);
 λ — коефіцієнт теплопровідності суміші, Вт/(м·К);
 q_j^R — радіаційний потік енергії в напрямку x_j , Дж/м².

Рівняння збереження хімічного компонента k :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot Y_k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \cdot u_j \cdot Y_k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho \cdot D \cdot \frac{\partial Y_k}{\partial x_j} \right) + S_k, \quad (\text{A.82})$$

де ρ — густина газу, кг/м³;
 t — поточний час, с;
 x_j — координата в j -му напрямку, м;
 u_j — швидкість у j -му напрямку, м/с;
 Y_k — маса k -го компоненту в суміші, г;
 D — коефіцієнт дифузії, м²/с;
 S_k — швидкість утворення щільності k -го компонента, кг/(м³·с).

Для замикання системи рівнянь (A.78)—(A.82) використовують рівняння стану ідеального газу. Для суміші газів воно має такий вигляд:

$$p = \rho \cdot R_0 \cdot T \cdot \sum_k \frac{Y_k}{M_k}, \quad (\text{A.83})$$

де p — абсолютний тиск суміші газів, Па;
 ρ — густина газу, кг/м³;
 $R_0 = 8,31$ Дж/(моль·К) — універсальна газова стала;
 T — абсолютна температура, К;
 Y_k — маса k -го компоненту в суміші, г;
 M_k — молярна маса k -го компонента, г/моль.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ НА ОБ'ЄКТІ

Б.1 Суть методу

Б.1.1 Ймовірність виникнення пожежі (вибуху) в пожежовибухонебезпечному об'єкті визначають на етапах його проектування, будівництва та експлуатації.

Б.1.2 Для розрахунку ймовірності виникнення пожежі (вибуху) на діючих об'єктах або об'єктах, що будуються, необхідно мати статистичні дані про тривалість існування різних пожежовибухонебезпечних подій. Ймовірність виникнення пожежі (вибуху) на об'єктах, що проектуються, визначається на основі показників надійності елементів об'єкта, що дозволяють розраховувати ймовірність виробничого обладнання, системи контролю й управління, а також інші пристрої, що є на об'єкті, та можуть призвести до різних пожежовибухонебезпечних подій.

Під пожежовибухонебезпечними подіями розуміють події, що призводять до утворення горючого середовища та появи джерела запалювання.

Б.1.3 Чисельні значення, що необхідні для розрахунків ймовірності виникнення пожежі (вибуху) показників надійності різних технологічних апаратів, систем управління, контролю, зв'язку тощо, які використовуються під час проектування об'єкта, або вихідні дані для їх розрахунку вибирають відповідно до нормативно-технічної документації, стандартів і паспортів на елементи об'єкта. Необхідні дані можуть бути отримані в результаті збору і обробки статистичних даних про відмови елементів, що аналізуються в умовах експлуатації.

Б.1.4 Пожежовибухонебезпека будь-якого об'єкта визначається пожежовибухонебезпекою його складових частин (технологічних апаратів, установок, приміщень). Ймовірність виникнення пожежі (вибуху) на об'єкті впродовж року $P(\text{ПВ})$ обчислюють за формулою:

$$P(\text{ПВ}) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P_i(\text{ПП})], \quad (\text{Б.1})$$

де $P_i(\text{ПП})$ — ймовірність виникнення пожежі в i -тому приміщенні об'єкта впродовж року;
 n — кількість приміщень на об'єкті.

Б.1.5 Виникнення пожежі (вибуху) в будь-якому з приміщень об'єкта (подія ПП) обумовлено виникненням пожежі (вибуху) або в одному з технологічних апаратів, що знаходяться в цьому приміщенні (подія ПТА $_j$), або безпосередньо в об'ємі приміщення, що досліджується (подія ПО $_i$). Ймовірність $P_i(\text{ПП})$ обчислюють за формулою:

$$P_i(\text{ПП}) = 1 - \left\{ \prod_{j=1}^m [1 - P_j(\text{ПТА})] \right\} \cdot [1 - P_i(\text{ПО})], \quad (\text{Б.2})$$

де $P_j(\text{ПТА})$ — ймовірність виникнення пожежі в j -тому технологічному апараті i -го приміщення впродовж року;

$P_i(\text{ПО})$ — ймовірність виникнення пожежі в об'ємі i -го приміщення впродовж року;
 m — кількість технологічних апаратів в i -тому приміщенні.

Б.1.6 Виникнення пожежі (вибуху) в будь-якому з технологічних апаратів (подія ПТА $_j$) або безпосередньо в об'ємі приміщення (подія ПО $_i$), обумовлено сумісним утворенням горючого середовища (подія ГС) в елементі об'єкта, що розглядається, та появою в цьому середовищі джерела запалювання (подія ДЗ). Ймовірність ($P_i(\text{ПО})$) або ($P_j(\text{ПТА})$) виникнення пожежі елементі об'єкта, що розглядається, дорівнює ймовірності об'єднання (суми) всіх можливих попарних перетинів (добутків) випадкових подій утворення горючих середовищ і появи джерел запалювання:

$$P_i(\text{ПО}) = P_i \left[\bigcup_{k=1}^K \bigcup_{n=1}^N \cdot (\text{ГС}_k \cap \text{ДЗ}_n) \right], \quad (\text{Б.3})$$

- де K — кількість видів горючих речовин;
 N — кількість джерел запалювання;
 ГС_k — подія утворення k -го горючого середовища;
 ДЗ_n — подія появи n -го джерела запалення;
 \cap — спеціальний символ перетину (добутку) подій;
 \cup — спеціальний символ об'єднання (суми) подій.

Ймовірність ($P_i(\text{ПО})$) або ($P_i(\text{ПТА})$) обчислюються за апроксимуючою формулою:

$$P_i(\text{ПО}) = 1 - \prod_{k=1}^K \prod_{n=1}^N \cdot [1 - P_i \cdot (\text{ГС}_k) \cdot P_i \text{ДЗ}_n / \text{ГС}_k], \quad (\text{Б.4})$$

- де $P_i \cdot (\text{ГС}_k)$ — ймовірність появи в i -му елементі об'єкта k -го горючого середовища впродовж року;
 $P_i(\text{ДЗ}_n / \text{ГС}_k)$ — умова ймовірності появи в i -му елементі об'єкта n -го джерела запалювання, що здатне запалити k -е горюче середовище.

Б.2 Розрахунок ймовірності утворення горючого середовища

Б.2.1 Утворення горючого середовища (подія ГС_k) в елементі об'єкта, що розглядається, обумовлено спільною появою в ньому достатньої кількості горючої речовини або матеріалу (подія ГР) і окислювача (подія ОК) з урахуванням параметрів стану (температури, тиску тощо). Ймовірність утворення k -го горючого середовища ($P_i \cdot (\text{ГС}_k)$) для випадку появи незалежних подій ГР і ОК обчислюють за формулою:

$$P_i(\text{ГС}_k) = P_i(\text{ГР}_l) \cdot P_i(\text{ОК}_m), \quad k = l + 10(m - 1), \quad (\text{Б.5})$$

- де $P_i(\text{ГР}_l)$ — ймовірність появи достатньої для утворення горючого середовища кількості l -ї горючої речовини в i -му елементі об'єкта впродовж року;
 $P_i(\text{ОК}_m)$ — ймовірність появи достатньої для утворення горючого середовища кількості m -го окислювача в i -му елементі об'єкта впродовж року;
 k, l, m — порядкові номери горючого середовища, горючої речовини і окислювача.

Б.2.2 Поява в елементі об'єкта, що розглядається, горючої речовини k виду є наслідком реалізації будь-якої з a_n причин. Ймовірність $P_i(\text{ГР}_k)$ обчислюють за формулою:

$$P_i(\text{ГР}_k) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(a_n)], \quad (\text{Б.6})$$

- де $P_i(a_n)$ — ймовірність реалізації будь-якої з a_n причин, що приведені нижче;
 $P_i(a_1)$ — ймовірність постійного перебування в i -му елементі об'єкта горючої речовини k -го виду;
 $P_i(a_2)$ — ймовірність розгерметизації апаратів або комунікацій із горючою речовиною, що знаходиться в i -му елементі об'єкта;
 $P_i(a_3)$ — ймовірність утворення горючої речовини в результаті хімічної реакції в i -му елементі об'єкта;
 $P_i(a_4)$ — ймовірність зниження концентрації флегматизатора в горючому газі, парі, рідині або аерозолі i -го елемента об'єкта нижче мінімально допустимої;
 $P_i(a_5)$ — ймовірність порушення періодичного очищення i -го елемента об'єкта від горючих відходів, відкладень пилу, пуху тощо;
 z — кількість a_n причин, характерних для i -го об'єкта;
 n — порядковий номер причини.

Б.2.3 На діючих об'єктах і об'єктах будівництва ймовірність споруджуваних об'єктах ймовірність ($P_i(a_n)$) реалізації в i -му елементі об'єкта a_n причини, що призводить до появи k -ї горючої речовини, обчислюють на основі статистичних даних про час існування цієї причини за формулою:

$$P_i(a_n) = \frac{K_6}{\tau_p} \sum_{j=1}^m \tau_j, \quad (\text{Б.7})$$

де K_6 — коефіцієнт безпеки, визначення якого наведено в розділі Б.4;

τ_p — період часу, що аналізується, хв;

m — кількість реалізацій a_n причини в i -му елементі об'єкту за період часу, що аналізується;

τ_j — час існування a_n причини появи k -го виду горючої речовини при j -ї реалізації впродовж часу, що аналізується, хв.

Б.2.4 У проєктованих елементах об'єкта ймовірність ($P_i(a_n)$) обчислюють для періоду нормальної експлуатації елемента, як ймовірність відмови технічного обладнання (виробів), що забезпечують неможливість реалізації a_n причин, за формулою:

$$P_i(a_n) = 1 - P_i(a_n) = 1 - e^{-\lambda\tau}, \quad (\text{Б.8})$$

де $P_i(a_n)$ — ймовірність безвідмовної роботи виробничого устаткування (виробу), що виключає можливість реалізації a_n причини;

λ — інтенсивність відмов виробничого обладнання (виробу), що виключає ймовірність реалізації a_n причини, год⁻¹;

τ — загальний час роботи обладнання (виробу) за період часу, що аналізується, год.

Б.2.5 Дані щодо надійності обладнання (виробу) наведені в нормативно-технічних документах, стандартах і паспортах. Інтенсивність відмов елементів, приладів і апаратів наведена у розділі Б.5.

Б.2.6 За відсутності даних щодо параметрів надійності обладнання (виробу), що аналізується, останні визначають розрахунковим методом на основі статистичних даних про відмови цього обладнання (виробу).

Б.2.7 Поява в i -му елементі об'єкта k -го виду окиснювача є наслідком реалізації будь-якої з b_n причин. Ймовірність ($P_i(\text{OK}_k)$) вираховують за формулою:

$$P_i(\text{OK}_k) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(b_n)], \quad (\text{Б.9})$$

де $P_i(b_n)$ — ймовірності реалізації будь-якої з b_n причин, що наведені нижче;

$P_i(b_1)$ — ймовірність того, що концентрація окиснювача, що подається в суміш i -го елемента об'єкта, більша ніж допустима за горючістю;

$P_i(b_2)$ — ймовірність підсосу окисника в i -й елемент з горючою речовиною;

$P_i(b_3)$ — ймовірність постійної наявності окисника в i -му елементі об'єкта;

$P_i(b_4)$ — ймовірність розкриття i -го елемента об'єкта з горючою речовиною без попереднього пропарювання (продування інертним газом);

z — кількість b_n причин, характерних для i -го елемента об'єкта;

n — порядковий номер причини.

Б.2.8 Ймовірність ($P_i(b_n)$) реалізації подій, що обумовлюють можливість появи окисника k -го виду в небезпечній кількості, обчислюють для елементів, що проєктуються, за формулою (Б.8), а для споруджуваних і діючих елементів за формулою (Б.7).

Б.2.9 Ймовірність ($P_i(b_2)$) підсосу окисника в апарат з горючою речовиною обчислюють як ймовірність спільної реалізації двох подій: перебування апарату під розрідженням (подія S_1) і розгерметизації апарату (подія S_2) за формулою:

$$P_i(b_2) = P_i(S_1) \cdot P_i(S_2). \quad (\text{Б.10})$$

Б.2.10 Ймовірність ($P_i(S_1)$) знаходження i -го елемента об'єкта під розрідженням в загальному випадку обчислюють за формулою (Б.7), та приймають рівну одиниці, якщо елемент під час роботи знаходиться під розрідженням, і 0,5, якщо елемент з рівною періодичністю знаходиться під розрідженням і тиском.

Б.2.11 Ймовірність ($P_i(S_2)$) розгерметизації i -го елемента на різних стадіях його розробки та експлуатації обчислюють за формулою (Б.7 і Б.8).

Б.2.12 Під час розрахунку ймовірності утворення в елементі об'єкта, що проектується, горючого середовища ($P_i(\Gamma C_k)$) порушення режимного характеру не враховують.

Б.2.13 За необхідності враховують й інші події, що призводять до утворення горючого середовища.

Б.3 Розрахунок ймовірності появи джерела запалювання (ініціювання вибуху)

Б.3.1 Поява n -го джерела запалювання (ініціювання вибуху) в елементі об'єкта (подія DZ_n), що аналізується, обумовлено появою в ньому n -го енергетичного (теплового) джерела (подія TD_n) з параметрами, достатніми для займання k -го горючого середовища (подія Z_n^k). Ймовірність ($P_i(DZ_n/\Gamma C_k)$) появи n -го джерела запалювання в i -му елементі об'єкта обчислюють за формулою:

$$P_i(DZ_n/\Gamma C_k) = P_i(TD_n) \cdot P_i(Z_n^k), \quad (\text{Б.11})$$

де $P_i(TD_n)$ — ймовірність появи в i -му елементі об'єкта впродовж року n -го енергетичного (теплового) джерела;

$P_i(Z_n^k)$ — умовна ймовірність того, що запалювальна здатність з'явився в i -му елементі об'єкта n -го енергетичного (теплового) джерела, достатня для запалювання k -го горючого середовища, що знаходиться в цьому елементі.

Б.3.1.1 Розряд атмосферної електрики в елементі об'єкта, що аналізується, можливий або під час ураження об'єкта блискавкою (подія C_1), або при вторинному її впливі (подія C_2), або під час занесення в нього високого потенціалу (подія C_3).

Ймовірність ($P_i(TD_n)$) розряду атмосферної електрики в i -м елементі об'єкта обчислюють за формулою:

$$P_i(TD_n) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(C_n)], \quad (\text{Б.12})$$

де $P_i(C_n)$ — ймовірність реалізації будь-якої з C_n причин, що наведені нижче;

$P_i(C_1)$ — ймовірність ураження i -го елемента об'єкта блискавкою впродовж року;

$P_i(C_2)$ — ймовірність повторної дії блискавки на i -й елемент об'єкта впродовж року;

$P_i(C_3)$ — ймовірність заносу в i -й елемент об'єкта високого потенціалу впродовж року;

z — кількість C_n причин характерних для i -го об'єкту;

n — порядковий номер причини.

Б.3.1.2 Ураження i -го елемента об'єкта блискавкою можливо у разі спільної реалізації двох подій — прямого удару блискавки (подія u_2) і відсутності несправності, неправильного конструктивного виконання або відмови блискавкозахисту (подія u_1). Ймовірність ($P_i(C_1)$) обчислюють за формулою:

$$P_i(C_1) = P_i(u_1) \cdot P_i(u_2), \quad (\text{Б.13})$$

де $P_i(u_1)$ — ймовірність відсутності несправності, неправильного конструктивного виконання або відмови блискавкозахисту, що захищає i -й елемент об'єкта;

$P_i(u_2)$ — ймовірність прямого ураження блискавкою в i -й елемент об'єкту впродовж року.

Б.3.1.3 Ймовірність ($P_i(u_2)$) прямого удару блискавки в об'єкт обчислюється за формулою:

$$P_i(u_2) = 1 - e^{-N_u \tau_p}, \quad (\text{Б.14})$$

де N_u — очікувана кількість прямих ударів блискавки в об'єкт за рік, що визначається за ДСТУ Б В.2.5-38;

τ_p — тривалість періоду спостереження, рік.

Висновок щодо відповідності основних параметрів блискавкозахисту встановленим вимогам до звичайних і спеціальних об'єктів роблять згідно з ДСТУ Б В.2.5-38. Основні вимоги до блискавкозахисту об'єктів наведені в додатку А до ДСТУ Б В.2.5-38. За наявності блискавкозахисту ймовірність ($P_i(u_1)$) обчислюють за формулою:

$$P_i(u_1) = \frac{K_6}{\tau_p} \sum_{j=1}^m \tau_j + (1 - \beta), \quad (\text{Б.15})$$

де K_6 — коефіцієнт безпеки, визначення якого викладено в розділі Б.4;

τ_p — період часу, що аналізується, хв;

τ_j — час існування несправності блискавкозахисту за j -ї її реалізації впродовж року, хв;

m — кількість несправних станів блискавкозахисту за період часу що аналізується;

β — ймовірність безвідмовної роботи блискавкозахисту залежно від зони захисту (залежно від зони захисту $\beta = 0,9; 0,99; 0,999$, що приймається згідно з ДСТУ Б В.2.5-38 за наявності блискавкозахисту типу А та $\beta = 0,95$ за наявності блискавкозахисту типу Б).

Для об'єктів, що проектуються, ймовірність помилки під час проектування блискавкозахисту не розраховують.

Під час розрахунку $P_i(u_2)$ існуючого блискавкозахисту порушення періодичності перевірки опору заземлювачів (один раз на два роки) розцінюють як знаходження блискавкозахисту в несправному стані. Час існування цієї несправності визначають як тривалість періоду між запланованим і фактичним термінами перевірки.

Б.3.1.5 Ймовірність ($P_i(C_2)$) повторної дії блискавки на об'єкт обчислюють за формулою:

$$P_i(C_2) = P_i(u_2) \cdot P_i(u_3), \quad (\text{Б.16})$$

де $P_i(u_3)$ — ймовірність відмови захисного заземлення протягом року.

Б.3.1.6 Ймовірність $P_i(u_3)$ за відсутності захисного заземлення або перемичок в місцях зближення металевих комунікацій приймають рівною одиниці. Ймовірність ($P_i(u_3)$) несправності існуючої системи захисту від повторної дії блискавки визначають на підставі результатів її обстеження аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.7).

Для об'єктів, що проектуються, ймовірність відмови несправності захисного заземлення не розраховується, а приймається рівною одиниці або нулю в залежності від її наявності в проекті.

Б.3.1.7 Ймовірність ($P_i(C_3)$) заносу високого потенціалу в об'єкт, що захищається, обчислюють аналогічно ймовірності ($P_i(C_2)$) за формулою (Б.16).

Б.3.1.8 Ймовірність $P_i(u_2)$ під час розрахунку ($P_i(C_2)$) і ($P_i(C_3)$) обчислюють за формулою (Б.15), причому значення довжини та ширини об'єктів необхідно збільшити на 100 м.

Б.3.1.9 Електрична іскра (дуга) може з'явитися в елементі об'єкта (подія T_{D_n}), що аналізується, у разі короткого замикання електропроводки (подія e_1), під час проведення електрозварювальних робіт (подія e_2), та іскріння електрообладнання, що не відповідає за своїм виконанням категорії та групі горючого середовища, що знаходиться в цьому елементі (подія e_3), під час розряду статичної електрики (подія e_4).

Ймовірність ($P_i(T_{D_n})$) обчислюють за формулою:

$$P_i(T_{D_n}) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(e_n)], \quad (\text{Б.17})$$

де $P_i(e_n)$ — ймовірність реалізації будь-якої із e_n причин, що наведені нижче;

$P_i(e_1)$ — ймовірність появи іскор короткого замикання електропроводки в i -му елементі упродовж року;

$P_i(e_2)$ — ймовірність проведення електрозварювальних робіт у i -му елементі об'єкта упродовж року;

$P_i(e_3)$ — ймовірність невідповідності електрообладнання i -го елемента об'єкта категорії та групі горючого середовища впродовж року;

$P_i(e_4)$ — ймовірність виникнення в i -му елементі об'єкта розрядів статичної електрики впродовж року;

z — кількість e_n причин характерних для i -го елемента об'єкту;

n — порядковий номер причини.

Б.3.1.10 Ймовірність ($P_i(e_1)$) появи в i -му елементі об'єкта іскор короткого замикання обчислюють тільки для діючих і споруджуваних елементів об'єктів за формулою:

$$P_i(e_1) = P_i(V_1) \cdot P_i(V_2) \cdot P_i(V_3), \quad (\text{Б.18})$$

де $P_i(V_1)$ — ймовірність виникнення короткого замикання електропроводки в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(V_2)$ — ймовірність того, що значення електричного струму в i -му елементі об'єкта лежить в діапазоні пожежонебезпечних значень;

$P_i(V_3)$ — ймовірність відсутності або відмови апаратів захисту від короткого замикання протягом року, що визначається згідно з Б.3.1.30.

Б.3.1.11 Ймовірність ($P_i(v_1)$) короткого замикання електропроводки на діючих і споруджуваних об'єктах обчислюють на підставі статистичних даних за формулою (Б.7).

Б.3.1.12 Ймовірність ($P_i(v_2)$) знаходження електричного струму в діапазоні пожежонебезпечних значень обчислюють за формулою:

$$P_i(v_2) = \frac{I_2 - I_1}{I_{к.з.} - I_0}, \quad (\text{Б.19})$$

де $I_{к.з.}$ — максимальне усталене значення струму короткого замикання в кабелі чи проводі;

I_0 — гранично допустимий струм для кабелю чи проводу;

I_1 — мінімальне пожежонебезпечне значення струму, що протікає по кабелю чи проводу;

I_2 — максимальне пожежонебезпечне значення струму, що протікає по кабелю, (якщо I_2 більше $I_{к.з.}$, то приймають $I_2 = I_{к.з.}$).

Значення струмів I_1 і I_2 визначають експериментально. Для кабелів і проводів з полівінілхлоридною ізоляцією $I_1 = 2,5 I_0$, а значення $I_2 = 21 I_0$ і $18 I_0$ для кабелю та проводу відповідно. У разі відсутності даних по I_1 і I_2 ймовірність ($P_i(v_2)$) приймають рівною 1.

Б.3.1.13 Ймовірність ($P_i(e_2)$) проведення в i -му елементі об'єкта електрозварювальних робіт обчислюють тільки для діючих і споруджуваних елементів об'єкта на основі статистичних даних по формулі (Б.7).

Б.3.1.14 Ймовірність ($P_i(e_3)$) під час безперервної роботи електроустаткування приймають на всіх об'єктах рівною одиниці, якщо електрообладнання не відповідає категорії та групі горючої суміші, або 10^{-8} — якщо відповідає. Під час періодичної роботи електроустаткування і його невідповідності категорії і групі горючого середовища ймовірність ($P_i(e_3)$) обчислюють аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.7). Якщо електрична іскра з'являється лише під час ввімкнення і вимкнення електрообладнання, що не відповідає категорії і групі горючого середовища (при n ввімкненнях і вимкненнях), то ймовірність ($P_i(e_3)$) обчислюють аналогічно ймовірності ($P_i(u_2)$) за формулою (Б.14). У випадку відповідності електрообладнання горючому середовищу, обчислене за формулою (Б.14) значення ймовірності ($P_i(e_3)$) множать на 10^{-8} .

Б.3.1.15 Ймовірність ($P_i(e_4)$) появи в i -му елементі об'єкта іскор статичної електрики обчислюють за формулою:

$$P_i(e_4) = P_i(X_1) \cdot P_i(X_2), \quad (\text{Б.20})$$

де $P_i(X_1)$ — ймовірність появи в i -му елементі умов для статичної електризації впродовж року;

$P_i(X_2)$ — ймовірність наявності несправності, відсутності або неефективності засобів захисту від статичної електрики впродовж року.

Б.3.1.16 Ймовірність ($P_i(X_1)$) приймають рівною одиниці, якщо в i -му елементі об'єкта застосовують і вибирають речовини з питомим об'ємним електричним опором, що перевищує 10^5 Ом·м. В інших випадках ($P_i(X_1)$) приймають рівною нулю.

Б.3.1.17 Ймовірність ($P_i(X_2)$) приймають рівною одиниці за відсутності або неефективності засобів захисту від статичної електрики. Ймовірність ($P_i(X_2)$) несправності засобів захисту в діючих елементах обчислюють на підставі статистичних даних аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.7).

Ймовірність ($P_i(X_2)$) в елементах об'єкта, що проектуються, обчислюють аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.8) на підставі даних щодо надійності проєктованих засобів захисту від статичної електрики (наприклад засобів іонізації або зволоження повітря тощо).

Б.3.1.18 Фрикційні іскри (іскри від удару та тертя) з'являються в аналогічному елементі об'єкта (подія $ТД_n$) у разі застосування іскробезпечного інструмента (подія f_1), руйнування рухомих вузлів та деталей (подія f_2), у разі застосування робочими взуття, підбитого металевими набійками та цвяхами (подія f_3), під час попадання в рухомі механізми сторонніх предметів (подія f_4), під час удару кришки металевого люка (подія f_5) тощо. Ймовірність ($P_i(ТД_n)$) обчислюють за формулою:

$$P_i(ТД_n) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(f_n)], \quad (Б.21)$$

де $P_i(f_n)$ — ймовірність реалізації будь-якої з f_n причин, наведених нижче;

$P_i(f_1)$ — ймовірність застосування в i -му елементі об'єкта металевого, шліфувального чи іншого іскробезпечного інструмента впродовж року;

$P_i(f_2)$ — ймовірність руйнування рухомих вузлів і деталей i -го елемента об'єкта впродовж року;

$P_i(f_3)$ — ймовірність використання робочими взуття, підбитого металевими набійками та цвяхами в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(f_4)$ — ймовірність попадання в рухомі механізми i -го елемента об'єкта сторонніх предметів впродовж року;

$P_i(f_5)$ — ймовірність удару кришки металевого люка в i -му елементі об'єкта впродовж року;

z — кількість f_n причин характерних для i -го елемента об'єкту;

n — порядковий номер причини.

Б.3.1.19 Ймовірність ($P_i(f_1)$) обчислюють тільки для діючих і споруджуваних елементів об'єкта на підставі статистичних даних аналогічних ймовірностей ($P_i(a_n)$) і ($P_i(u_2)$) за формулами (Б.7 або Б.14).

Б.3.1.20 Ймовірність ($P_i(f_2)$) для діючих і споруджуваних елементів об'єкта обчислюють на підставі статистичних даних аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.7).

Для проєктованих елементів об'єкта ймовірність ($P_i(f_2)$) обчислюють аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.8) на підставі параметрів надійності складових частин.

Б.3.1.21 Ймовірність ($P_i(f_3)$) і ($P_i(f_5)$) обчислюють тільки для діючих і споруджуваних елементів об'єкта аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.7).

Б.3.1.22 Ймовірність ($P_i(f_4)$) обчислюють для діючих і споруджуваних елементів об'єкта на підставі статистичних даних аналогічно ймовірності ($P_i(a_n)$) за формулою (Б.7), а для елементів, що проєктуються за формулою (Б.8), як ймовірність відмови захисних засобів.

Б.3.1.23 Відкрите полум'я й іскри з'являються в i -му елементі об'єкта (подія $ТД_n$) за умов реалізації будь-якої з причин h_n . Ймовірність ($P_i(ТД_n)$) обчислюють за формулою:

$$P_i(ТД_n) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(h_n)], \quad (Б.22)$$

де $P_i(h_n)$ — ймовірність реалізації будь-якої з h_n причин, наведених нижче;

$P_i(h_1)$ — ймовірність спалювання палива в печах i -го елемента об'єкта упродовж року;

$P_i(h_2)$ — ймовірність проведення газозварювальних та інших вогневих робіт в i -му елементі об'єкта упродовж року;

$P_i(h_3)$ — ймовірність недотримання режиму куріння в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(h_4)$ — ймовірність відсутності чи несправності іскрогасників на двигунах внутрішнього згорання, розташованих в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(h_5)$ — ймовірність використання робочими сірників, запальничок або пальників в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(h_6)$ — ймовірність викидів нагрітого газу з технічного обладнання в i -му елементі об'єкта впродовж року;

z — кількість h_n причин, характерних для i -го елемента об'єкта;

n — порядковий номер причини.

Б.3.1.24 Ймовірність ($P_i(h_1)$) вираховують для всіх елементів об'єкта за формулою:

$$P_i(h_1) = \frac{K_6}{\tau_p} \sum_{j=1}^m \tau_j, \quad (\text{Б.23})$$

де K_6 — коефіцієнт безпеки, визначення якого наведено в розділі Б.4;

τ_p — період часу, що аналізується, хв;

m — кількість включень печі впродовж періоду часу, що аналізується;

τ_j — час роботи печі i -го елемента об'єкта під час j -го її включення впродовж періоду часу, що аналізується, хв.

Б.3.1.25 Ймовірності ($P_i(h_2)$), ($P_i(h_3)$), ($P_i(h_4)$), ($P_i(h_5)$) і ($P_i(h_6)$) обчислюють тільки для діючих і сподружуваних об'єктів на основі статистичних даних аналогічно ймовірності за формулою (Б.23).

Б.3.1.26 Нагрівання речовини, окремих вузлів і поверхонь технологічного обладнання i -го елемента об'єкта, що контактують з горючим середовищем, вище допустимої температури (подія ТД_{*n*}) можливе під час реалізації будь-якої з K_n причин. Ймовірність обчислюють за формулою:

$$P_i(\text{ТД}_n) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(K_n)], \quad (\text{Б.24})$$

де $P_i(K_n)$ — ймовірність реалізації будь-якої з K_n причин, наведених нижче;

$P_i(K_1)$ — ймовірність нагрівання горючої речовини або поверхні устаткування i -го елемента об'єкта у разі виникнення перевантаження електромережі, машин та апаратів впродовж року;

$P_i(K_2)$ — ймовірність відмови системи охолодження апарату i -го елемента об'єкта впродовж року;

$P_i(K_3)$ — ймовірність нагрівання поверхні та горючих речовин у разі виникнення підвищених перехідних опорів електричних з'єднань i -го елемента об'єкта впродовж року;

$P_i(K_4)$ — ймовірність використання електронагрівальних приладів в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(K_5)$ — ймовірність нагрівання поверхні під час тертя в підшипниках в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(K_6)$ — ймовірність розігріву від тертя транспортних стрічок і приводних ременів в i -му елементі впродовж року;

$P_i(K_7)$ — ймовірність нагрівання поверхні інструменту та матеріалів при обробці в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(K_8)$ — ймовірність нагрівання горючих речовин в i -му елементі об'єкта до небезпечних температур за умовами технологічного процесу впродовж року;

z — кількість K_n причин, характерних для i -го елемента об'єкта;

n — порядковий номер причини.

Б.3.1.27 Перевантаження електричних комунікацій, машин і апаратів (подія K_1) можлива у разі несправності або невідповідності апаратів захисту електричних мереж, а також під час реалізації будь-якої з причин y_m .

Ймовірність ($P_i(K_1)$) обчислюють за формулою:

$$P_i(K_1) = \left\{ 1 - \prod_{m=1}^z [1 - P_i(y_m)] \right\} \cdot P_i(z), \quad (\text{Б.25})$$

де $P_i(y_m)$ — ймовірність реалізації будь-якої з y_m причин, наведених нижче;

$P_i(y_1)$ — ймовірність невідповідності перерізу електропроводників навантаженню електроприймачів в i -му елементі впродовж року;

$P_i(y_2)$ — ймовірність підімкнення додаткових електроприймачів в i -му елементі об'єкта в електропроводці, чи не розрахованої на це навантаження;

$P_i(y_3)$ — ймовірність збільшення моменту на валу електродвигуна в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(y_4)$ — ймовірність підвищення напруги в мережі i -го елемента об'єкта впродовж року;

$P_i(y_5)$ — ймовірність відключення фази (двофазний режим роботи в установках трифазного струму) в мережі i -го елемента об'єкта впродовж року;

$P_i(y_6)$ — ймовірність зменшення опору електроприймачів в i -му елементі об'єкта впродовж року;

$P_i(z)$ — ймовірність відсутності несправності або невідповідності апаратів захисту електричних систем i -го елемента об'єкта від перевантаження впродовж року;

z — кількість y_n причин, характерних для i -го елемента об'єкта;

n — порядковий номер причини.

Б.3.1.28 Ймовірності $(P_i(y_1)), (P_i(y_2)), (P_i(y_4)), (P_i(y_5)), (P_i(y_6))$ обчислюють тільки для діючих і споруджуваних об'єктів аналогічно ймовірності $(P_i(h_1))$ за формулою (Б.23).

Б.3.1.29 Ймовірність $(P_i(y_3))$ обчислюють для діючих і споруджуваних об'єктів аналогічно ймовірності $(P_i(h_1))$ за формулою (Б.23), а для об'єктів, що проектується аналогічно ймовірності $(P_i(a_n))$ за формулою (Б.8), як ймовірність заклинювання механізмів, що приводяться в дію електродвигуном.

Б.3.1.30 Ймовірність $(P_i(z))$ обчислюють для діючих елементів об'єкта аналогічно ймовірності $(P_i(h_1))$ за формулою (Б.23), для проєктованих елементів у разі відсутності апаратів захисту приймають рівною одиниці, а за їх наявності обчислюють аналогічно ймовірності $(P_i(a_n))$ за формулою (Б.8).

Б.3.1.31 Ймовірності $(P_i(K_2))$ обчислюють для проєктованих елементів об'єкта аналогічно ймовірності $(P_i(a_n))$ за формулою (Б.8), як ймовірність відмови пристроїв, що забезпечують охолодження апарата, а для тих, що споруджуються та діючих елементів аналогічно ймовірності $(P_i(h_1))$ за формулою (Б.23).

Б.3.1.32 Ймовірності $(P_i(K_3)), (P_i(K_4))$ і $(P_i(K_6))$ обчислюють тільки для діючих і споруджуваних об'єктів аналогічно ймовірності $(P_i(h_1))$ за формулою (Б.25).

Б.3.1.33 Ймовірності $(P_i(K_5))$ і $(P_i(K_7))$ обчислюють для елементів об'єкта, що проектується, аналогічно ймовірності $(P_i(a_n))$ за формулою (Б.8), як ймовірність відмови системи змащення механізмів i -го елемента, а для тих, що споруджуються та діючих елементів аналогічно ймовірності $(P_i(h_1))$ за формулою (Б.25).

Б.3.1.34 Ймовірність $(P_i(K_8))$ приймають рівною одиниці, якщо відповідно до технологічної необхідності відбувається нагрівання горючих речовин до небезпечних температур, або нулю, якщо такий процес не відбувається.

Ймовірність $(P_i(TD_n))$ появи в горючій речовині або матеріалі осередків екзотермічного окислення або розкладання, які призводять до самозаймання, обчислюють за формулою:

$$P_i(TD_n) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - P_i(m_n)], \quad (\text{Б.26})$$

де $P_i(m_n)$ — ймовірність реалізації будь-якої з m_n причин, наведених нижче;

$P_i(m_1)$ — ймовірність появи i -му елементі об'єкта осередку теплового самозаймання впродовж року;

$P_i(m_2)$ — ймовірність появи в i -му елементі об'єкта осередку хімічного займання впродовж року;

$P_i(m_3)$ — ймовірність появи в i -му елементі об'єкта осередку мікробіологічного самозаймання впродовж року;

z — одна з причин.

Б.3.1.35 Ймовірність $(P_i(m_1))$ розраховується для всіх елементів об'єкта за формулою:

$$P_i(m_1) = P_i(p_1) \cdot P_i(p_2), \quad (\text{Б.27})$$

де $P_i(p_1)$ — ймовірність появи в i -му елементі об'єкта впродовж року речовин, схильних до теплового самозаймання;

$P_i(p_2)$ — ймовірність нагрівання речовин, схильних до самозаймання, вище безпечної температури.

Б.3.1.36 Ймовірність $(P_i(p_1))$ обчислюються для всіх елементів об'єкта за формулами (Б.23 або Б.8).

Б.3.1.37 Ймовірність $(P_i(p_2))$ приймають рівною одиниці, якщо температура середовища, в якому знаходиться ця речовина, вище або дорівнює безпечній температурі або нулю, якщо температура середовища нижча за безпечну температуру.

Безпечну температуру середовища для речовин, схильних до теплового самозаймання (t_σ), °С, розраховують за формулою:

$$t_\sigma = 0,7t_c, \quad (\text{Б.28})$$

де t_c — температура самозаймання речовини, що обчислюється за Б.5.1.6, °С.

Б.3.1.38 Ймовірність $(P_i(m_2))$ розраховується для всіх елементів об'єкта за формулою:

$$P_i(m_2) = P_i(g_1) \cdot P_i(g_2), \quad (\text{Б.29})$$

де $P_i(g_1)$ — ймовірність появи в i -му елементі об'єкта хімічно активних речовин, що реагують між собою з виділенням великої кількості тепла, впродовж року;

$P_i(g_2)$ — ймовірність контакту хімічно активних речовин впродовж року.

Б.3.1.39 Ймовірності ($P_i(g_1)$) і ($P_i(g_2)$) обчислюють аналогічно ймовірності ($P_i(h_1)$) за формулою (Б.23), якщо реалізація подій g_1 і g_2 обумовлена технологічними умовами чи заходами організаційного характеру й обчислюють аналогічно ймовірності $P_i(a_n)$ за формулою (Б.8), якщо ці події залежать від надійності обладнання.

Б.3.1.40 Ймовірність ($P_i(m_3)$) розраховують для діючих і споруджуваних об'єктів аналогічно ймовірності ($P_i(h_1)$) за формулою (Б.23).

Б.3.2 Ймовірність ($P_i(B_n^k)$) того, що займання з'явилося в i -му елементі об'єкта n -го енергетичного (теплого) джерела достатня для запалювання k -го горючого середовища, що знаходиться в цьому елементі, визначають експериментально або порівнянням параметрів енергетичного (теплого) джерела з відповідними показниками пожежної небезпеки горючого середовища.

Б.3.2.1 Якщо дані для визначення ($P_i(B_n^k)$) відсутні або їх достатність викликає сумнів, то значення ймовірності ($P_i(B_n^k)$) приймають рівним 1.

Б.3.2.2 Ймовірність ($P_i(B_n^k)$) приймають рівною нулю в таких випадках:

якщо джерело не здатне нагріти речовину вище 80 % значення температури самозаймання речовини або температури самозаймання речовини, що має схильність до теплового самозаймання;

якщо енергія, передана тепловим джерелом горючій речовині (паро-, газо-, пилоповітряній суміші) нижче 40 % мінімальної енергії займання;

якщо за час охолодження теплового джерела воно не здатне нагріти горючі речовини вище температури займання;

якщо тривалість впливу теплового джерела менше суми періоду індукції горючого середовища та часу нагрівання локального об'єму цього середовища від початкової температури до температури займання.

Б.3.3 Дані щодо пожежонебезпечних параметрах джерел запалювання наведені в розділі Б.5.

Б.3.4 Під час обґрунтування неможливості розрахунку ймовірності появи джерела запалювання в розглянутому елементі об'єкта з урахуванням конкретних умов його експлуатації допустимо обчислювати цей параметр за формулою:

$$P_i(\text{ДЗ}) = 1 - e^{-(\tau/\tau_{\text{д.з.}})}, \quad (\text{Б.30})$$

де τ — час роботи i -го елемента об'єкта за період часу, що аналізується, год;

$\tau_{\text{д.з.}} = 3,03 \cdot 10^4 E_0^{1,2}$ — середній час роботи i -го елемента об'єкта до появи одного джерела запалювання, год; (E_0 — мінімальна енергія запалювання горючого середовища i -го елемента об'єкта, Дж).

Б.3.5 За необхідності враховують й інші події, що призводять до появи джерела запалювання.

Б.4 Визначення коефіцієнту безпеки K_6

Б.4.1 Розраховують середній час існування пожежовибухонебезпечної події τ_0 — середній час знаходження в стані відмови за формулою:

$$\tau_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \tau_j, \quad (\text{Б.31})$$

де τ_j — час існування i -ї пожежовибухонебезпечної події, хв;

m — загальна кількість подій (виробів);

j — порядковий номер події (виробу).

Б.4.2 Точкову оцінку дисперсії (D_0) середнього часу існування пожежовибухонебезпечної події визначають за формулою:

$$D_0 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\tau_i - \tau_0)^2. \quad (\text{Б.32})$$

Б.4.3 Середній квадратичний відхил σ_{τ_0} точкової оцінки середнього часу існування події — τ_0 розраховують за формулою:

$$\sigma_{\tau_0} = \sqrt{D_0} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (\tau_j - \tau_0)^2}. \quad (\text{Б.33})$$

Б.4.4 З таблиці Б.1 обирають значення коефіцієнта t_β в залежності від кількості ступенів свободи ($m - 1$) за довірчої ймовірності $\beta = 0,95$.

Таблиця Б.1 — Значення коефіцієнта t_β в залежності від кількості ступенів свободи

$m - 1$	1	2	від 3 до 5	від 6 до 10	від 11 до 20	20
t_β	12,71	4,30	3,18	2,45	2,20	2,09

Б.4.5 Коефіцієнт безпечності K_6 (коефіцієнт, який враховує відхил значення параметра τ_0 , розрахованого за формулою (Б.33), від його істинного значення) визначають за формулою:

$$K_6 = 1 + \frac{t_\beta \sigma_{\tau_0}}{\tau_0}. \quad (\text{Б.34})$$

Б.4.6 У разі реалізації упродовж року лише однієї події коефіцієнт безпечності приймають рівним одиниці.

Б.5 Визначення пожежонебезпечних параметрів теплових джерел інтенсивності відмов елементів

Б.5.1 Пожежонебезпечні параметри теплових джерел

Б.5.1.1 Розряд атмосферної електрики

Б.5.1.1.1 Прямий удар блискавки

Небезпека прямого удару блискавки полягає в контакті горючого середовища з каналом блискавки, температура в якому досягає 30000 °С за сили струму 200000 А та часу дії близько 100 мкс. Від прямого удару блискавки спалахує будь-яке горюче середовище.

Б.5.1.1.2 Вторинний вплив блискавки

Небезпека вторинного впливу блискавки полягає в іскрових розрядах, що виникають в результаті індукційного і електромагнітного впливу атмосферної електрики на виробниче обладнання, трубопроводи та будівельні конструкції. Енергія іскрового розряду перевищує 250 мДж та достатня для займання горючих речовин з мінімальною енергією запалювання до 0,25 Дж.

Б.5.1.1.3 Занесення високого потенціалу

Занесення високого потенціалу в будівлю відбувається через металеві комунікації не тільки за прямого ураження блискавкою, але і завдяки розташуванню комунікацій у безпосередній близькості від блискавковідводу. За дотримання безпечних відстаней між блискавковідводами та комунікаціями енергія можливих іскрових розрядів досягає значень не менше ніж 100 Дж, тобто є достатньою для займання будь-яких горючих речовин.

Б.5.1.2 Електрична іскра (дуга)

Б.5.1.2.1 Термічна дія струмів короткого замикання

Температуру провідника ($t_{\text{пр}}$), °С, що нагрівається струмом короткого замикання, обчислюють за формулою:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{п}} + \frac{I_{\text{к.з.}}^2 \cdot R \cdot \tau_{\text{к.з.}}}{C_{\text{пр}} \cdot m_{\text{пр}}}, \quad (\text{Б.35})$$

де $t_{\text{п}}$ — початкова температура провідника, °С;

$I_{\text{к.з.}}$ — струм короткого замикання, А;

R — опір провідника, Ом;

$\tau_{\text{к.з.}}$ — час короткого замикання, с;

$C_{\text{пр}}$ — теплоємність провідника, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

$m_{\text{пр}}$ — маса провідника, кг.

Займистість кабелю та провідника з ізоляцією залежить від значення кратності струму короткого замикання $I_{к.з.}$, тобто від значення відношення $I_{к.з.}$ до допустимого струму кабелю або проводу. Якщо ця кратність більша ніж 2,5, але менша ніж 18 для кабелю та 21 — для проводу, то відбувається займання полівінілхлоридної ізоляції.

Б.5.1.2.2 Електричні іскри (краплини металу)

Електричні іскри (краплини металу) утворюються під час короткого замикання електропроводки, електрозварюванні та у разі плавлення електродів електричних ламп розжарювання загального призначення. Розмір краплин металу досягає 3 мм (під час стельового зварювання — 4 мм). Під час короткого замикання і електрозварювання частинки вилітають у всіх напрямках, і їхня швидкість не перевищує 10 і 4 м·с⁻¹ відповідно. Температура краплин залежить від виду металу та дорівнює температурі плавлення. Температура краплин алюмінію у разі короткого замикання досягає 2500 °С, температура зварювальних частинок і нікелевих частинок ламп розжарювання досягає 2100 °С. Розмір краплин під час різання металу досягає 15—26 мм, швидкість — 1 м·с⁻¹, температура — 1500 °С. Температура дуги під час зварювання та різання досягає 4000 °С, тому дуга є джерелом запалювання будь-яких горючих речовин.

Зона розльоту частинок під час короткого замикання залежить від висоти розташування проводу, початкової швидкості польоту частинок, кута вильоту та носить імовірнісний характер. За висоти розміщення проводу 10 м ймовірність попадання частинок на відстань 9 м становить 0,06; 7 м — 0,45 і 5 м — 0,92; за висоти розміщення 3 м ймовірність попадання частинок на відстань 8 м становить 0,01, 6 м — 0,29 і 4 м — 0,96, а за висоти 1 м ймовірність розльоту частинок на 6 м — 0,06, 5 м — 0,24, 4 м — 0,66 і 3 м — 0,99.

Кількість теплоти, яку краплина металу здатна віддати горючому середовищу під час охолодження до температури її самозаймання, розраховують так.

Середню швидкість польоту краплини металу під час вільного падіння (ω_k), м·с⁻¹, обчислюють за формулою:

$$\omega_k = 0,5 \cdot \sqrt{2gH}, \quad (\text{Б.36})$$

де $g = 9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ — прискорення вільного падіння;
 H — висота падіння, м.

Обсяг краплини металу (V_k), м³, обчислюють за формулою:

$$V_k = \frac{\pi d_k^3}{6} = 0,524 d_k^3, \quad (\text{Б.37})$$

де d_k — діаметр краплини, м.

Масу краплини (m_k), кг, обчислюють за формулою:

$$m_k = V_k \cdot \rho, \quad (\text{Б.38})$$

де ρ — густина металу, кг·м⁻³.

Залежно від тривалості польоту краплини можливі три її стани: рідкий, кристалізація, твердий.

Час польоту краплини в розплавленому (рідкому) стані (τ_p), с, розраховують за формулою:

$$\tau_p = \frac{C_p \cdot m_p}{\alpha \cdot S_k} \cdot \ln \frac{T_H - T_0}{T_{пл} - T_0}, \quad (\text{Б.39})$$

де C_p — питома теплоємність розплаву металу, Дж·к⁻¹·К⁻¹;

m_k — маса краплини, кг;

$S_k = 0,785 d_k^2$ — площа поверхні краплини, м²;

$T_H, T_{пл}$ — температура краплини на початку польоту і температура плавлення металу відповідно, К;

T_0 — температура довкілля (повітря), К;

α — коефіцієнт тепловіддачі, Вт, м⁻² К⁻¹.

Коефіцієнт тепловіддачі визначають в такій послідовності:

а) обчислюють число Рейнольдса за формулою:

$$\text{Re} = \frac{\omega_k \cdot d_k}{\nu}, \quad (\text{Б.40})$$

де d_k — діаметр краплини м;

$\nu = 15,1 \cdot 10^{-6}$ — коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря за температури 20 °С, $\text{м}^2/\text{с}^{-1}$.

б) обчислюють критерій Нуссельта за формулою:

$$N_u = 0,62 \cdot \text{Re}^{0,5}, \quad (\text{Б.41})$$

в) обчислюють коефіцієнт тепловіддачі за формулою:

$$d = \frac{N_u \cdot \lambda_B}{d_k}, \quad (\text{Б.42})$$

де $\lambda_B = 22 \cdot 10^{-3}$ — коефіцієнт теплопровідності повітря, $\text{Вт м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

якщо $\tau \leq \tau_p$, то кінцеву температуру краплини визначають за формулою:

$$T_{\text{кін}} = T_0 + (T_H - T_0) \cdot \exp\left(-\frac{d \cdot S_k}{C_p \cdot m_k} \cdot \tau\right). \quad (\text{Б.43})$$

Час польоту краплі, впродовж якого відбувається її кристалізація, визначають за формулою:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{m_k \cdot C_{\text{кр}}}{\lambda \cdot S_k \cdot (T_{\text{пл}} - T_0)}, \quad (\text{Б.44})$$

де $C_{\text{кр}}$ — питома теплота кристалізації металу, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

якщо $\tau_p < \tau \leq (\tau_p + \tau_{\text{кр}})$, то кінцеву температуру краплини визначають за формулою:

$$T_{\text{кін}} = T_{\text{пл}}, \quad (\text{Б.45})$$

якщо $\tau > (\tau_p + \tau_{\text{кр}})$, то кінцеву температуру краплини в твердому стані визначають за формулою:

$$T_{\text{кін}} = T_0 + (T_{\text{пл}} - T_0) \cdot \exp\left\{-\frac{\lambda \cdot S_k}{C_k \cdot m_k} \cdot [\tau \cdot (\tau_p + \tau_{\text{кр}})]\right\}, \quad (\text{Б.46})$$

де C_k — питома теплоємність металу, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Кількість теплоти (W), Дж, що віддається краплиною металу твердому або рідкому горючому матеріалу, на який вона потрапила, обчислюють за формулою:

$$W = V_k \cdot r_k \cdot C_k \cdot (T_{\text{кін}} - T_{\text{сз}}) \cdot K, \quad (\text{Б.47})$$

де $T_{\text{сз}}$ — температура самозаймання горючого матеріалу, К;

K — коефіцієнт, що дорівнює відношенню тепла, відданого горючій речовині, до енергії, що накопичена в краплині.

Якщо відсутня можливість визначення коефіцієнта K , то приймають $K = 1$.

Точніше визначення кінцевої температури краплини може бути виконано з урахуванням залежності коефіцієнта тепловіддачі від температури.

Б.5.1.2.3 Електричні лампи розжарювання загального призначення

Пожежна небезпека світильників обумовлена можливістю контакту горючого середовища з колбою електричної лампи розжарювання, нагрітої вище температури самозаймання горючого середовища. Температура нагріву колби електричної лампочки залежить від потужності лампи, її розмірів і розташування в просторі. Залежність максимальної температури на колбі горизонтально розташованої лампи від її потужності і часу наведена на рисунку 3.

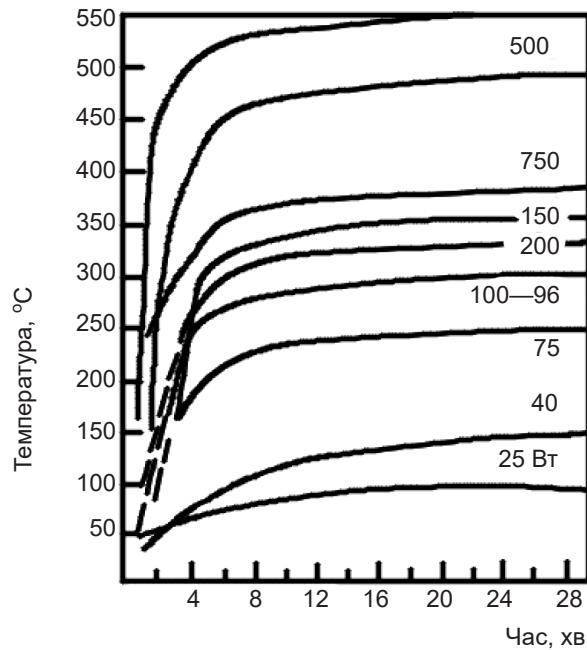


Рисунок Б.1 — Залежність температури на колбі горизонтально розташованої лампи від її потужності та часу

Б.5.1.2.4 Іскри статичної електрики

Енергію іскри (W_i), Дж, здатної виникнути під дією напруги між пластиною та будь-яким заземленим предметом, обчислюють з накопиченої конденсатором енергії за формулою:

$$W_i = 0,5 \cdot C \cdot U^2, \tag{Б.48}$$

де C — ємність конденсатора, Ф;
 U — напруга, В.

Різницю потенціалів між зарядженим тілом і землею вимірюють електрометрами за реальних умов виробництва.

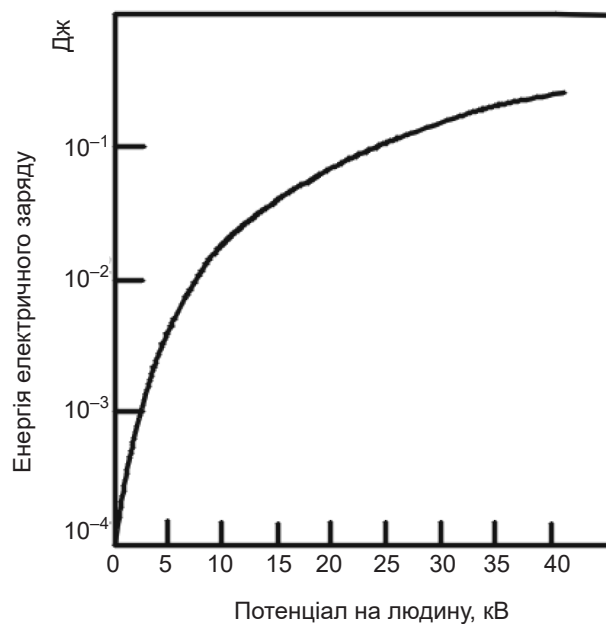


Рисунок Б.2 — Різниця потенціалів між зарядженим тілом і землею

Якщо $W_i \geq 0,4 W_{\text{м.е.з.}}$ ($W_{\text{м.е.з.}}$ — мінімальна енергія запалювання середовища), то іскру статичної електрики розглядають як джерело запалювання.

Реальну небезпеку становить «контактна» електризація людей, які працюють з рухомими діелектричними матеріалами. У разі зіткнення людини із заземленим предметом виникають іскри з енергією від 2,5 мДж до 7,5 мДж. Залежність енергії електричного розряду від потенціалу статичної електрики на тілі людини наведено на рисунку 4.

Б.5.1.3 Механічні (фрикційні) іскри (іскри від удару і тертя)

Розміри іскор удару та тертя, що представляють собою розпечену до світіння частинку металу або каменю, зазвичай не перевищують 0,5 мм, а їхня температура знаходиться в межах температури плавлення металу. Температура іскор, що утворюються під час зіткнення металів, здатних вступати в хімічну взаємодію один із одним з виділенням значної кількості тепла, може перевищувати температуру плавлення і тому її визначають експериментально або розрахунком.

Кількість теплоти, що віддається іскрою під час охолодження від початкової температури $t_{\text{поч}}$ до температури самозаймання горючої середовища $t_{\text{сз}}$, обчислюють але за формулою (24), а тривалість охолодження τ — так.

Відношення температур (θ_n) обчислюють за формулою:

$$\theta_n = \frac{t_{\text{поч}} - t_{\text{сз}}}{t_{\text{поч}} - t_{\text{пов}}}, \quad (\text{Б.49})$$

де $t_{\text{пов}}$ — температура повітря, °С.

Коефіцієнт тепловіддачі (λ), Вт·м⁻²·К⁻¹, обчислюють за формулою:

$$\lambda = 188 \cdot \sqrt{W_i}, \quad (\text{Б.50})$$

де W_i — швидкість польоту іскри, м·с⁻¹.

Швидкість іскри (W_i), що утворюється під час удару вільно падаючого тіла, обчислюють за формулою:

$$W_i = \sqrt{2gH}, \quad (\text{Б.51})$$

а під час удару об тіло, що обертається, за формулою

$$W_i = 2\pi \cdot n \cdot R, \quad (\text{Б.52})$$

де n — частота обертання, с⁻¹;

R — радіус тіла, що обертається, м.

Швидкість польоту іскор, що утворюються під час роботи з ударним інструментом, приймають рівною 16 м·с⁻¹, а тих, що висікаються під час ходьби у взутті, підбитому металевими набійками або цвяхами — 12 м·с⁻¹.

Критерій Біо обчислюють за формулою

$$B_i = \frac{\alpha d_i}{\lambda_i}, \quad (\text{Б.53})$$

де d_i — діаметр іскри, м;

α — коефіцієнт тепловіддачі, Вт, м⁻²·К⁻¹;

λ_i — коефіцієнт теплопровідності металу іскри за температури самозаймання горючої речовини ($t_{\text{сз}}$), Вт м⁻¹·К⁻¹.

За значеннями відносної надлишкової температури θ_n і критерію B_i визначають за графіком (рисунок Б.3) критерій Фур'є.

Тривалість охолодження частки металу (τ), с, обчислюють за формулою:

$$\tau = \frac{F_0}{\lambda_i} \cdot d_i^2 \cdot C_i \cdot \rho_i, \quad (\text{Б.54})$$

де F_0 — критерій Фур'є;

C_i — теплоємність металу іскри за температури самозаймання горючої речовини, Дж кг⁻¹·К⁻¹.

ρ_i — густина металу іскри за температури самозаймання горючої речовини, кг·м⁻³.

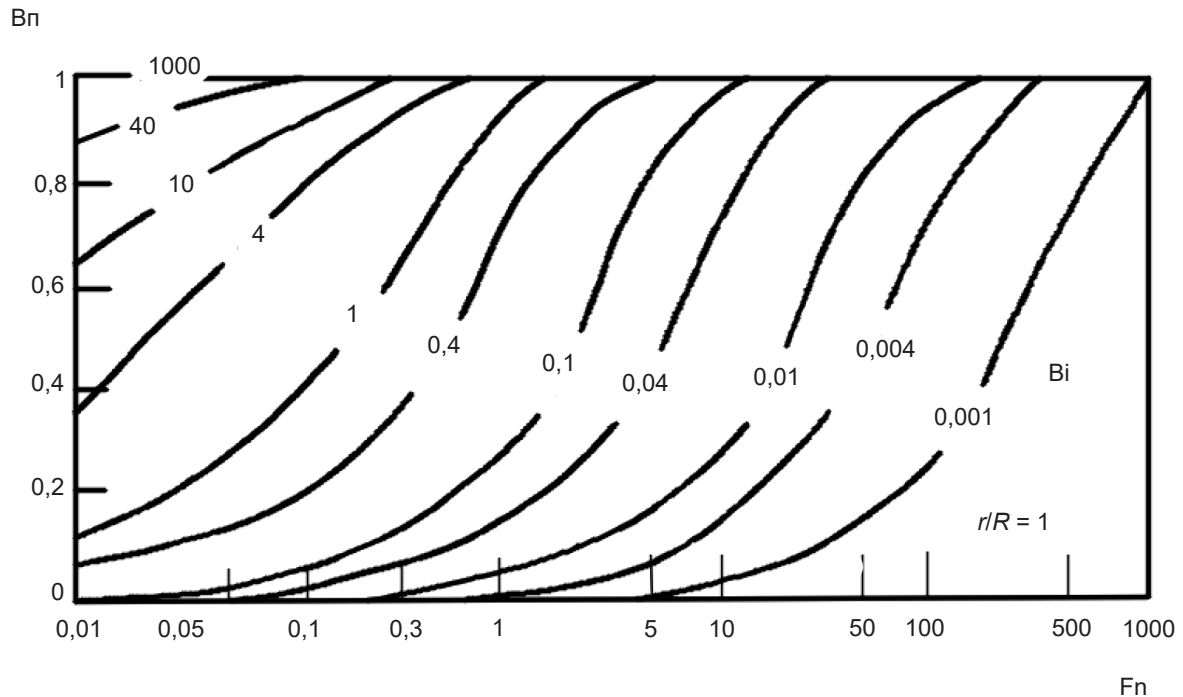


Рисунок Б.3 — Графік критерій Фур'є

За наявності експериментальних даних щодо підпалюючої здатності фрикційних іскер висновок щодо їхньої небезпеки для аналізованого горючого середовища допустимо робити без проведення розрахунків.

Б.5.1.4 Відкрите полум'я і іскри двигунів (печей)

Пожежна небезпека полум'я зумовлена інтенсивністю теплового впливу (густина теплового потоку), площею впливу, орієнтацією (взаємним розташуванням), періодичністю і часом його впливу на горючі речовини. Густина теплового потоку дифузійного полум'я (сірники, свічки, газового пальника) становить 18—40 кВт·м⁻², а попередньо змішаних (паяльні лампи, газові пальники) 60—140 кВт·м⁻². В таблиці Б.2 наведені деякі температурні характеристики деякого полум'я і низькокалорійних джерел теплоти.

Таблиця Б.2 — Деякі температурні характеристики полум'я і низькокалорійних джерел теплоти

Назва речовини (виробу), що горить, або пожежонебезпечної операції	Температура полум'я (тління або нагрівання), °С	Час горіння (тління), хв
Легкозаймісті та горючі рідини	880	—
Деревина та лісопиломатеріали	1000	—
Природні та зріджені гази	1200	—
Газове зварювання металу	3150	—
Газове різання металу	1350	—
Тліюча цигарка	320—410	2—2,5
Тліюча сигара	420—460	26—30
Сірник, що горить	620—835	0,33

Відкрите полум'я небезпечно не тільки під час безпосереднього контакту з горючим середовищем, а й за його опромінення. Інтенсивність опромінення (g_p), Вт·м⁻², обчислюють за формулою:

$$g_p = 5,7 \varepsilon_{\text{пр}} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{ф}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{гр}}}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi_{1\text{ф}}, \quad (\text{Б.55})$$

де 5,7 — коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт·м⁻²·К⁻⁴;
 $\varepsilon_{\text{пр}}$ — зведена ступінь чорноти системи

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{ф}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{р}}} - 1 \right), \quad (\text{Б.56})$$

- $\varepsilon_{\text{ф}}$ — ступінь чорноти факела (під час горіння дерева дорівнює 0,7, нафтопродуктів — 0,85);
- $\varepsilon_{\text{р}}$ — ступінь чорноти речовини, що опромінюється, приймають згідно з чинними нормативними документами;
- $T_{\text{ф}}$ — температура факела полум'я, К;
- $T_{\text{гр}}$ — температура горючої речовини, К;
- $\varphi_{1\text{ф}}$ — коефіцієнт опромінення між випромінюючою і опроміненою поверхнями.

Критичні значення інтенсивності опромінення в залежності від часу опромінення для деяких речовин наведено в таблиці Б.3.

Пожежна небезпека іскор пічних труб, котельних, труб паровозів і тепловозів, а також інших машин, багать, визначається за їхнім розміром і температурою. Встановлено, що іскра діаметром 2 мм пожежонебезпечна, якщо має температуру близько 1000 °С, діаметром 3 мм — 800 °С, діаметром 5 мм — 600 °С.

Тепломісткість і час охолодження іскри до безпеки температури обчислюють за формулами (Б.39 і Б.54). Діаметр іскри приймають рівним 3 мм, а швидкість польоту іскри (ω_i), м·с⁻¹, обчислюють за формулою:

$$\omega_i = \sqrt{0,5\omega_{\text{в}}^2 + 5H}, \quad (\text{Б.57})$$

де $\omega_{\text{в}}$ — швидкість вітру, м·с⁻¹;
 H — висота труби, м.

Таблиця Б.3 — Критичні значення інтенсивності опромінення залежно від тривалості опромінення для деяких речовин наведено в таблиці

Назва матеріал	Мінімальна інтенсивність опромінення, Вт·м ⁻² , при тривалості опромінення, хв		
	3	5	15
Деревина (сосна вологістю 12 %)	18800	16900	13900
Дерев'яно-стружкові плити густина 417 кг × м ⁻³	13900	11900	8300
Торф брикетний	31500	24400	13200
Торф кусковий	16600	14350	9800
Бавовна-волокно	11000	9700	7500
Шорсткий пластик	21600	19100	15400
Склопластик	19400	18600	17400
Пергамін	22000	19750	17400
Гума	22600	19200	14800
Вугілля	—	35000	35000

Б.5.1.5 Нагрівання речовин, окремих вузлів і поверхонь технологічного обладнання

Температуру нагрівання електропроводу у разі виникнення перевантаження ($t_{ж}$), °С, обчислюють за формулою:

$$t_{ж} = t_{ср.н} + \left(\frac{I_{ф}}{I_{доп}} \right)^2 \cdot (t_{ж.н.} - t_{ср.н}), \quad (Б.58)$$

де $t_{ср.н}$ — нормативна температура середовища для прокладки проводу, приймається відповідно до правил електрообладнання, °С;

$I_{ф}$ — фактичний струм в провіднику, А;

$t_{ж.н.}$ — нормативна температура жили електропроводу, °С;

$I_{доп}$ — допустимий струм в провіднику, А.

Температура газу під час стиснення в компресорі та відсутності його охолодження (T_k), К, обчислюють за формулою:

$$T_k = T_n \cdot \left(\frac{P_k}{P_n} \right)^{(k-1)/k}, \quad (Б.59)$$

де T_n — температура газу на початку стиснення, К;

P_k, P_n — тиск газу в кінці та на початку стиснення, кг·м⁻²;

k — показник адіабат (дорівнює 1,67 та 1,4 відповідно для одно- та двоатомних газів).

Для багатоатомних газів показник адіабати обчислюють за формулою

$$k = C_p / C_s, \quad (Б.60)$$

де C_p, C_s — ізобарна і ізохорна питомі масові теплоємності газів, Дж·кг⁻¹·К⁻¹.

Температуру нагрівання електричних контактів у під час виникнення підвищених перехідних опорів ($t_{н.к.}$), °С, обчислюють за формулою:

$$t_{н.к.} = t_{ср} + \frac{P}{S \alpha_{заг}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_k}} \right), \quad (Б.61)$$

де $t_{ср}$ — температура середовища, °С;

τ — час, с;

τ_k — постійна часу нагрівання контактів, с;

P — електрична потужність, що виділяється в контактних переходах, Вт;

S — площа поверхні теплообміну, м²;

$\alpha_{заг}$ — загальний коефіцієнт тепловіддачі, Вт·м⁻²·К⁻¹.

До максимальної температури контакти нагріваються за час

$$\tau \approx 5\tau_k. \quad (Б.62)$$

Електричну потужність (P), що виділяється в контактних переходах обчислюють за формулою

$$P = I \cdot \sum_{i=1}^n U_i, \quad (Б.63)$$

де I — струм в мережі, А;

U_i — падіння напруги в i -й контактній парі в електричному контакті, В;

n — кількість контактних пар в контакті.

Значення падіння напруги на контактних парах U_i для деталей з деяких матеріалів наведені в таблиці Б.4.

Таблиця Б.4 — Значення падіння напруги на контактних парах U_i для деталей з деяких матеріалів

Назва матеріалу	алюміній	графіт	латунь	мідь	сталь
алюміній	0,28				
графіт	3,0	3,0			
латунь	0,63	2,4	0,54		
мідь	0,65	3,0	0,60	0,65	
сталь	1,4	1,6	2,1	3,0	2,5

Коефіцієнт теплообміну обчислюють залежно від температури контактів за формулами:

$$\alpha_{\text{заг}} = 4,07 \cdot \sqrt[3]{t_{\text{н.к.}} - t_{\text{ср}}}, \text{ якщо } t_{\text{н.к.}} \leq 60 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (\text{Б.64})$$

$$\alpha_{\text{заг}} = 11,63e^{0,0023 t_{\text{н.к.}}}, \text{ якщо } t_{\text{н.к.}} \geq 60 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (\text{Б.65})$$

Сталу тривалості нагрівання контактів обчислюють за формулою:

$$\tau_{\text{к}} = \frac{Cm}{S\alpha_{\text{заг}}}, \quad (\text{Б.66})$$

де C_m — питома масова теплоємність металу контактів, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;
 m — маса контактів, кг.

Розрахунок $t_{\text{н.к.}}$ виконують в такій послідовності. Для заданої температури $t_{\text{н.к.}}$ обчислюють $\alpha_{\text{заг}}$ і C , а потім за формулою (Б.61) обчислюють $t_{\text{н.к.}}$. Якщо вибране і обчислене значення $t_{\text{н.к.}}$ відрізняються більш ніж на 5 %, то обчислення необхідно повторити.

Температуру підшипника ковзання у разі відсутності змащення і примусового охолодження ($t_{\text{п.к.}}$), $^\circ\text{C}$, обчислюють за формулою

$$t_{\text{п.к.}} = t_{\text{ср}} + \frac{\alpha}{\alpha_{\text{заг}} \cdot S} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_{\text{пост}}}} \right), \quad (\text{Б.67})$$

де $t_{\text{ср}}$ — температура середовища, $^\circ\text{C}$;
 $\alpha = 0,44 f N d n$ — коефіцієнт потужності, Вт;
 f — коефіцієнт тертя ковзання;
 N — сила, що діє на підшипник, кг;
 d — діаметр шипа вала, м;
 n — частота обертання валу, хв⁻¹;
 S — площа поверхні теплообміну (поверхонь підшипника, що омивається повітрям), м²;
 τ — час роботи підшипника, с;

$\tau_{\text{пост}} = \frac{mC}{\alpha_{\text{заг}} \cdot S_m}$ — стала тривалості нагріву підшипника, с;

m — маса підшипника, кг.

Час нагріву підшипника (τ), с, до заданої температури обчислюють за формулою

$$\tau = \tau_{\text{п}} \ln \left[\frac{\alpha}{\alpha - \alpha_{\text{заг}} \cdot S (t_{\text{п.к.}} - t_{\text{ср}})} \right], \quad (\text{Б.68})$$

практично за $\tau = 5\tau_{\text{п}}$ температура підшипника досягає максимального значення, що обчислюють за формулою

$$t_{\text{max}} \approx t_{\text{ср}} + \frac{\alpha}{\alpha_{\text{заг}} \cdot S}. \quad (\text{Б.69})$$

У формулах (Б.69, Б.70, Б.71) коефіцієнт теплообміну $\alpha_{\text{заг}}$ обчислюють за формулами (Б.64 або Б.65).

Послідовність розрахунку температури підшипника аналогічна розрахунку температури нагрівання контактів.

Б.5.1.6 Нагрівання речовин під час самозаймання

Мінімальну температуру середовища, за якої відбувається теплове самозаймання, обчислюють за формулою

$$\lg t_c = A_p + n_p \lg S, \tag{Б.70}$$

а час нагрівання речовини до моменту самозаймання — з виразу

$$\lg \tau_c = \frac{1}{n_B} \cdot (A_B - \lg t_c), \tag{Б.71}$$

де t_c — температура довкілля, °C;
 τ_c — час нагрівання, ч;
 A_p, A_B, n_p, n_B — емпіричні константи;
 S — питома поверхня тіл, м⁻¹.

$$S = \frac{F}{V} = 2 \cdot \left(\frac{1}{l} + \frac{1}{b} + \frac{1}{h} \right), \tag{Б.72}$$

де F — повна зовнішня поверхня тіла, м²;
 V — об'єм тіла, м³;
 l, b, h — розміри тіла уздовж відповідної координатної осі, м; наприклад, для прямокутного паралелепіпеда l — довжина, b — ширина, h — висота; для циліндра $l = b = D_c$, h — висота; для кулі $l = b = h = D_k$ тощо.

Б.5.2 Інтенсивність відмов елементів обладнання, приладів і апаратів

Залежність інтенсивності пошкоджень обладнання, що призводять до вибуху, від вибухонебезпечної концентрації для виробництва дивінілу, метану, етилену та аміаку приведена на рисунку Б.4.

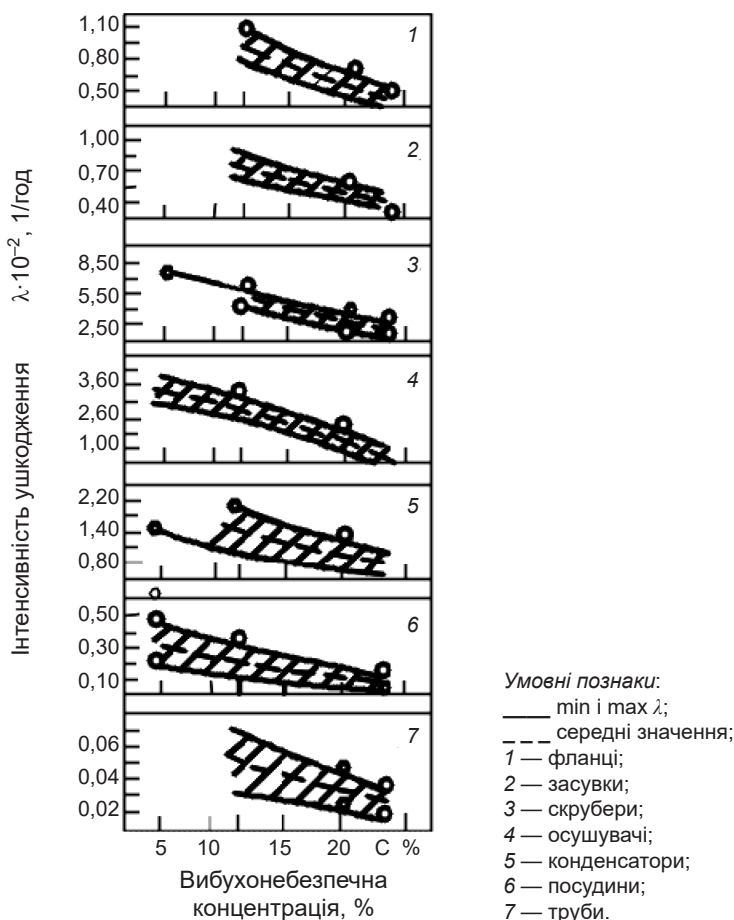


Рисунок Б.4 — Залежність інтенсивності пошкоджень обладнання, що призводять до вибуху, від вибухонебезпечної концентрації для виробництва дивінілу, метану, етилену та аміаку

Інтенсивність відмов різних елементів технологічних апаратів і захисних пристроїв визначають по таблицям Б.5, Б.6.

Таблиця Б.5 — Інтенсивність відмови елементів

Назва елемента	Інтенсивність відмов ($\lambda \cdot 10^6$), год ⁻¹		
	Нижня межа	Середнє значення	Верхня межа
механічні елементи			
Гільзи	0,02	0,045	0,08
Диференціали	0,012	1,00	1,58
Затискачі	0,0003	0,0005	0,0009
Кільця змінного перерізу	0,045	0,55	3,31
Коробки колінчастого валу	0,1	0,9	1,8
Коробки передач: з'єднувальні	0,11	0,2	0,36
секторні	0,051	0,912	1,8
швидкісні	0,087	2,175	4,3
Корпуси	0,03	1,1	2,05
муфти: зчеплення	0,04	0,06	1,1
ковзання	0,07	0,3	0,94
Обмежувачі	0,165	0,35	0,783
Обмежувальні змінні кільця	—	0,36	—
Противаги: великі	0,13	0,3375	0,545
малі	0,005	0,0125	0,03
Пружини	0,004	0,1125	0,221
Приводи: зі шківом	—	0,16	—
додаткового сервомеханізму	0,86	12,5	36,6
звичайних сервомеханізмів	0,86	12,5	36,6
більш економічніші	0,6	3,3	18,5
менш економічні	0,17	1,8	9,6
Приводні ремені передач	—	3,6	—
Підшипники: кулькові	0,02	0,65	2,22
з'єднувальних муфт	0,008	0,21	0,42
роликові	0,2	0,5	1,0
Шарикопідшипники: потужні	0,072	1,8	3,53
малопотужні	0,035	0,875	1,72
Ресори малопотужні	—	0,112	—
Ролики	0,02	0,075	0,1
З'єднання: механічні	0,02	0,02	1,96
обертові	6,89	7,50	9,55
паяні	0,0001	0,004	1,05
З'єднувальні коробки	0,28	0,4	0,56
Сервомеханізми	1,1	2,0	3,4
Стрижні	0,15	0,35	0,62

Продовження таблиці Б.5

Назва елемента	Інтенсивність відмов ($\lambda \cdot 10^6$), год ⁻¹		
	Нижня межа	Середнє значення	Верхня межа
Пристрій зв'язку:			
спрямовані	0,065	1,52	3,21
поворотні	0,001	0,025	0,049
гнучкі	0,027	0,039	1,348
жорсткі	0,001	0,025	0,049
Фільтри механічні	0,045	0,3	1,8
Шестерні	0,002	0,12	0,98
Штанги плунжера	—	0,68	—
Штифти:			
з нарізкою	0,006	0,025	0,1
направляючі	0,65	1,625	2,6
Шарніри універсальні	1,12	2,5	12,0
Шасі	—	0,921	—
Ексцентрики	0,001	0,002	0,004
Пружини	0,09	0,22	0,42
Теплообмінники	2,21	15,0	18,6
Гідравлічні та пневматичні елементи			
Діафрагми	0,1	0,6	0,9
Джерела потужності гідравлічні	0,28	6,1	19,3
Засувки клапанів	0,112	5,1	44,8
Засувки збудження	0,112	0,212	2,29
Клапани:			
кулькові	1,11	4,6	7,7
важільні	1,87	4,6	7,4
навантажені	0,112	5,7	18,94
надшвидкісні	1,33	3,4	5,33
обхідні	0,16	2,24	8,13
стопорні	0,112	2,3	4,7
контрольні	0,24	1,9	2,2
дренажні	—	0,224	—
наповнювальні	0,1	0,112	1,12
поплавкові	5,6	8,0	11,2
пального	1,24	6,4	37,2
тиску	0,112	5,6	32,5
первинні	0,165	6,3	14,8
двигуна	—	37,2	—
регулятора	—	0,56	—
розвантажувальні:	0,224	5,7	14,1
тиску	0,224	3,92	32,5
термічні	5,6	8,4	12,3
резервуарні	2,70	6,88	10,8
селекторні	3,7	16,0	19,7
регулювальні	0,67	1,10	2,14
ручні, що переключаються	0,112	6,5	10,2
ковзаючі	0,56	1,12	2,28
повзункові	—	1,12	—
соленоідні (електромагнітні):	2,27	11,0	19,7
триходові	1,87	4,6	7,41
чотирьохходові	1,81	4,6	7,22

Кінець таблиці Б.5

Назва елемента	Інтенсивність відмов ($\lambda \cdot 10^6$), год ⁻¹		
	Нижня межа	Середнє значення	Верхня межа
імпульсні	2,89	6,9	9,76
перепускні	0,26	0,5	2,86
розвантажувальні	3,41	5,7	15,31
Сервоклапани	16,8	30,0	56,0
Манометри	0,135	1,3	15,0
Мотори гідравлічні	1,45	1,8	2,25
Нагнітачі	0,342	2,4	3,57
Насоси з машинним приводом	1,12	8,74	31,3
Поршні гідравлічні	0,08	0,2	0,85
Приводи сталої швидкості пневматичні	0,3	2,8	6,2
Прокладки:			
пробкові	0,003	0,04	0,077
просочені	0,05	0,137	0,225
зі сплаву «Монель»	0,0022	0,05	0,908
кільцеподібні	0,01	0,02	0,035
фенольні (пластмасові)	0,01	0,05	0,07
гумові	0,011	0,02	0,03
Регулятори:			
тиску	0,89	4,25	15,98
гідравлічні	—	3,55	—
пневматичні	3,55	7,5	15,98
Резервуари гідравлічні	0,083	0,15	0,27
Сильфони	0,09	2,287	6,1
З'єднання:			
гідравлічні	0,012	0,03	2,01
пневматичні	0,021	0,04	1,15
Сполучні муфти гідравлічні	—	0,56	—
Трубопроводи	0,25	1,1	4,85
Циліндри	0,005	0,007	0,81
Циліндри пневматичні	0,002	0,004	0,013
Шланги:			
високого тиску	0,157	3,93	5,22
гнучкі	—	0,067	—
пневматичні	—	3,66	—

Таблиця Б.6 — Інтенсивність відмов захисних пристроїв

Назва елемента	Середнє значення інтенсивності відмов ($\lambda \cdot 10^6$), год ⁻¹
Індикатори вибухів автоматичних систем придушення вибухів (АСПВ)	0,25
Блоки управління автоматичних систем придушення вибухів (на кожен канал)	0,12
Гідропушки ДП (АСПВ)	0,27
Зрошувачі АС (АСПВ)	0,32
Полум'явідсікачі ПО (АСПВ)	0,39
Кабелі (АСПВ)	0,047
Запобіжні мембрани	0,0112

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

**УМОВИ ПОЖЕЖОВИБУХОБЕЗПЕКИ
ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ**

В.1 Для забезпечення пожежовибухобезпеки речовин і матеріалів під час їх виробництва, переробки, використання, транспортування, зберігання дані щодо показників їхньої пожежної небезпеки застосовують із коефіцієнтами безпеки, які наведені в таблиці В.1.

Таблиця В.1 — Умови пожежовибухобезпеки під час використання речовин і матеріалів

Спосіб запобігання пожежі, вибуху	Регламентований параметр	Умови пожежовибухобезпеки
Запобігання утворенню горючого середовища	$\varphi_{г,без}$	$\varphi_{г,без}^{1)} \leq 0,9 (\varphi_{н} - 0,7 R)$ $\varphi_{г,без}^{1)} \geq 1,1 (\varphi_{в} + 0,7 R)$
	$\varphi_{ф,без}$	$\varphi_{ф,без}^{1)} \geq 1,1 (\varphi_{ф} + 0,7 R)$
	$\phi_{2,без}$	$\phi_{2,без} \leq 0,9 (\phi_{2} - 0,7 R)$
Обмеження займистості та горючості речовин і матеріалів	Горючість речовини (матеріалу)	Горючість речовини (матеріалу) не повинна бути більше за регламентовану
	$KI_{д}$	$KI_{д} \leq KI$
	$t_{сп,д}$	$t_{сп,д} \leq t_{сп(з.т.)} - 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Запобігання утворенню в займистому середовищі (або внесення до нього) джерел запалювання	$W_{без}$	$W_{без} \leq 0,4 W_{мин}$ $t_{без} \leq 0,8 t_{тл}$ $t_{без} \leq 0,8 t_{с}$
<p> KI — кисневий індекс, % об.; $KI_{д}$ — допустимий кисневий індекс за нормальної температури, % об.; R — відтворюваність методу визначення показника пожежної небезпеки за довірчої ймовірності 95 %; $t_{без}$ — безпечна температура, $^{\circ}\text{C}$; $t_{сп,д}$ — допустима температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$; $t_{сп(з.т.)}$ — температура спалаху в закритому тиглі, $^{\circ}\text{C}$. $t_{с}$ — мінімальна температура середовища, за якої спостерігається самозаймання зразка, $^{\circ}\text{C}$; $t_{тл}$ — температура тління, $^{\circ}\text{C}$; $W_{без}$ — безпечна енергія запалювання, Дж; $W_{мин}$ — мінімальна енергія запалювання, Дж; $\varphi_{в}$ — верхня концентраційна межа поширення полум'я по суміші горючої речовини з повітрям, % об. ($\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$); $\varphi_{г,без}$ — безпечна концентрація горючої речовини, % об. ($\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$); $\varphi_{н}$ — нижня концентраційна межа поширення полум'я по суміші горючої речовини з повітрям, % об. ($\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$); ϕ_{2} — мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню в горючій суміші, % об.; $\phi_{2,без}$ — безпечна концентрація кисню в горючій суміші, % об.; $\varphi_{ф}$ — мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора, % об.; $\varphi_{ф,без}$ — безпечна флегматизувальна концентрація флегматизатора, % об. </p>		

¹⁾ Наведені умови пожежовибухобезпеки дійсні для випадків рівномірного розподілу концентрації суміші горючих речовин з повітрям у замкненому об'ємі, у інших випадках умови пожежовибухобезпеки визначають згідно з ДСТУ Б В.1.1-36.

ДОДАТОК Г
(довідковий)

ВИМОГИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЩОДО СУМІСНОГО ЗБЕРІГАННЯ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Вимоги додатка не поширюються на вибухові та радіоактивні речовини і матеріали, які повинні зберігатися та перевозитися за спеціальними правилами.

Відомчі документи, що регламентують пожежну безпеку під час зберігання речовин і матеріалів, повинні бути приведені у відповідність з цими вимогами.

Г.1 Загальні положення

Г.1.1 Можливість сумісного зберігання речовин та матеріалів визначають на підставі кількісного врахування показників пожежної небезпеки, токсичності, хімічної активності, а також однорідності засобів пожежогасіння.

Г.1.2 Залежно від поєднання властивостей, наведених у п. 1.1, речовини і матеріали можуть бути сумісними або несумісними один з одним під час зберігання.

Г.1.3 Несумісними називаються такі речовини і матеріали, які під час зберігання спільно (без урахування захисних властивостей тари або упаковки):

- збільшують пожежну небезпеку кожного з розглянутих матеріалів і речовин окремо;
- спричиняють додаткові труднощі під час гасіння пожежі;
- посилюють екологічну небезпеку під час пожежі (у порівнянні з пожежею від окремих речовин і матеріалів, взятих у відповідній кількості);
- вступають в реакцію взаємодії один з одним з утворенням небезпечних речовин.

Г.1.4 За потенційною небезпекою спричиняти пожежу, підсилювати небезпечні чинники пожежі, отруювати середовище проживання (повітря, воду, ґрунт, флору, фауну тощо), впливати на людину через шкіру, слизові оболонки дихальних шляхів у разі безпосереднього контакту або на відстані як за нормальних умов, так і під час пожежі, речовини і матеріали поділяються на розряди:

- безпечні;
- малонебезпечні;
- небезпечні;
- особливо небезпечні.

Залежно від розряду речовини і матеріалу призначаються умови їх зберігання (Г.1.5—Г.1.9).

Г.1.5 До безпечних відносять негорючі речовини і матеріали в негорючій упаковці, які у разі пожежі не виділяють небезпечних (горючих, отруйних, їдких) продуктів розкладання або окиснення, не утворюють вибухових або пожежонебезпечних, отруйних, їдких, екзотермічних сумішей з іншими речовинами.

Безпечні речовини та матеріали слід зберігати в приміщеннях або на майданчиках будь-якого типу (якщо це не суперечить технічним умовам на речовину).

Г.1.6 До малонебезпечних відносять такі горючі й важкогорючі речовини і матеріали, які не належать до безпечних (Г.1.5) і на які не поширюються вимоги ДСТУ 4500-3.

Малонебезпечні речовини поділяють на такі групи:

- а) рідкі речовини з температурою спалаху більшою ніж 90 °С;
- б) тверді речовини і матеріали, займисті від дії газового пальника впродовж не менше ніж 120 с;
- в) речовини і матеріали, які в умовах спеціальних випробувань здатні самонагріватися до температури нижчої ніж 150 °С за час більший ніж 24 год за температури довкілля 140 °С;
- г) речовини і матеріали, які взаємодіють з водою та виділяють займисті гази з інтенсивністю меншою ніж 0,5 дм³ кг⁻¹·год⁻¹;
- д) речовини і матеріали отруйні зі середньою смертельною дозою у разі їх потрапляння в шлунок у кількості більшій ніж 500 мг·кг⁻¹ (якщо вони рідкі) або більшій ніж 2 000 мг·кг⁻¹ (якщо вони тверді) або із середньою смертельною дозою у разі їх потрапляння на шкіру більшою ніж 2 500 мг·кг⁻¹ або із середньою смертельною дозою у разі вдихання більшою ніж 20 мг·дм⁻³;

е) речовини і матеріали слабкі їдкі та/або корозійні з наступними показниками: час контакту, впродовж якого виникає видимий некроз шкіри тварин (білих щурів), більший ніж 24 год, швидкість корозії сталевोї (Ст3) і алюмінієвої (А6) поверхні менша ніж 1 мм на рік.

Г.1.7 До малонебезпечних відносяться також негорючі речовини і матеріали згідно з Г.1.6 в горючій упаковці.

Малонебезпечні речовини і матеріали допустимо зберігати в будівлях усіх ступенів вогнестійкості (крім V ступеня).

Г.1.8 До небезпечних відносяться горючі та негорючі речовини і матеріали, що мають властивості, прояв яких може призвести до вибуху, пожежі, загибелі, травмування, отруєння, опромінення, захворювання людей і тварин, пошкодження споруд, транспортних засобів. Небезпечні властивості можуть проявлятися як за нормальних умов, так і за аварійних, як у речовин у чистому вигляді, так і під час їхньої взаємодії з речовинами і матеріалами інших категорій згідно з ДСТУ 4500-3.

Небезпечні речовини та матеріали необхідно зберігати в складах I і II ступеня вогнестійкості.

Г.1.9 До особливо небезпечних відносяться такі небезпечні (Г.1.8) речовини і матеріали, які мають кілька видів небезпек згідно з ДСТУ 4500-3.

Особливо небезпечні речовини та матеріали необхідно зберігати в складах I і II ступеня вогнестійкості переважно в окремих будівлях.

Г.2 Умови спільного зберігання речовин і матеріалів

Г.2.1 Речовини і матеріали, що відносяться до розряду особливо небезпечних, під час зберігання необхідно розташовувати відповідно до вимог, наведених у таблиці Г.1.

Г.2.2 Речовини і матеріали, що відносяться до розряду небезпечних, під час зберігання необхідно розташовувати відповідно до вимог, наведених у таблиці Г.2.

Г.2.3 Як виняток допустимо зберігання особливо небезпечних і небезпечних речовин і матеріалів в одному складі. Однак їх необхідно розташовувати відповідно до вимог, наведених у таблиці Г.3.

Г.2.4 В тому самому приміщенні складу забороняється зберігати разом речовини і матеріали, для гасіння яких потрібні неоднотипні засоби пожежогасіння.

Таблиця Г.1 — Поділ небезпечних речовин і матеріалів під час зберігання

Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	№ з/п*	Види особливо небезпечних речовин	1																			
2	1	Окиснювальні незаймісті нетоксичні гази	1	2																		
	2	Окиснювальні токсичні гази	1	1	3																	
	3	Окиснювальні токсичні гази, їдкі та/або корозійні	1	1	1	4																
3	4	ЛЗР ($t_{\text{сп}} < -18 \text{ °C}$) токсичні	4	4	4	1	5															
	5	ЛЗР ($t_{\text{сп}} < -18 \text{ °C}$) їдкі та/або корозійні	4	4	4	1	1	6														
	6	ЛЗР ($-18 \text{ °C} \leq t_{\text{сп}} < 23 \text{ °C}$) токсичні	4	4	4	1	1	1	7													
	7	ЛЗР ($-18 \text{ °C} \leq t_{\text{сп}} < 23 \text{ °C}$) їдкі та/або корозійні	4	4	4	1	1	1	1	8												
4	8	ЛЗР (t від -18 °C до $+23 \text{ °C}$) їдкі та/або корозійні	4	4	4	1	1	1	1	1	9											
	9	ЛЗТ токсичні	4	4	4	3	3	3	3	3	1	10										
	10	ЛЗТ, здатні до саморозкладання за $t > 50 \text{ °C}$ з небезпекою розриву упаковки	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	11									
	11	ЛЗТ, здатні до саморозкладання за $t < 50 \text{ °C}$	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	12								
	12	ЛЗТ, здатні до саморозкладання за 50 °C з небезпекою розриву упаковки	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	13							
	13	Речовини, здатні до самозаймання	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	1	14						
	14	Речовини, що виділяють займісті гази під час взаємодії з водою, ЛР	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	15					
	15	Речовини, що виділяють займісті гази під час взаємодії з водою, самозаймісті і токсичні	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	16				
16	Речовини, що виділяють займісті гази під час взаємодії з водою, ЛР і їдкі	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	17				
17	Речовини, що виділяють займісті гази, самозаймісті	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1				
			№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
			Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	2			3					4										

Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	№ з/п*	Види особливо небезпечних речовин																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	18	Окиснювальні речовини, токсичні	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	19	Окиснювальні речовини, токсичні, корозійні, їдкі	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	20	Окиснювальні речовини, їдкі та/або корозійні	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	21	Органічні пероксиди вибухонебезпечні, здатні до саморозкладання за $t < 50$ °С	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	22	Органічні пероксиди, здатні до саморозкладання за $t < 50$ °С	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	23	Органічні пероксиди вибухонебезпечні	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	24	Органічні пероксиди без додаткового виду небезпеки	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	25	Органічні пероксиди, їдкі для очей	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	26	Органічні пероксиди легкозаймисті	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	Органічні пероксиди легкозаймисті, їдкі для очей	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6	28	Токсичні речовини леткі без додаткового виду небезпеки	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	29	Токсичні речовини леткі, ЛР ($t_{\text{СП}} < 23$ °С)	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	30	Токсичні речовини леткі, ЛР (23 °С $\leq t_{\text{СП}} < 61$ °С)	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	31	Токсичні речовини леткі їдкі і (або) корозійні	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	32	Токсичні речовини леткі їдкі та (або) корозійні ЛР (23 °С $\leq t_{\text{СП}} < 61$ °С)	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	33	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), токсичні та окислюючі	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	34	Їдкі та/або корозійні (кислі), легкозаймисті (23 °С $\leq t_{\text{СП}} < 61$ °С)	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	35	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), окислюючі	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	36	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), токсичні	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	37	Їдкі та/або корозійні речовини, ЛР основні (23 °С $\leq t_{\text{СП}} < 61$ °С)	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	38	Різні їдкі та/або корозійні речовини токсичні, окислюючі	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
	39	Різні їдкі та/або корозійні речовини, ЛР ($t_{\text{СП}} < 23$ °С)	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	40	Різні їдкі та/або корозійні речовини (23 °С $\leq t_{\text{СП}} < 61$ °С)	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	2			3				4									

Кінець таблиці Г.1

Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	№ з/п*	Види особливо небезпечних речовин																																						
			18																																					
5	18	Окиснювальні речовини, токсичні	1	19																																				
	19	Окиснювальні речовини, токсичні, корозійні, їдкі	1	1	20																																			
	20	Окиснювальні речовини, їдкі та/або корозійні	1	1	1	21																																		
	21	Органічні пероксиди вибухонебезпечні, здатні до саморозкладання за $t < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	3	3	3	1	22																																	
	22	Органічні пероксиди, здатні до саморозкладання за $t < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	3	3	3	2	1	23																																
	23	Органічні пероксиди вибухонебезпечні	3	3	3	1	1	1	24																															
	24	Органічні пероксиди без додаткового виду небезпеки	3	3	3	2	2	2	1	25																														
	25	Органічні пероксиди, їдкі для очей	3	3	3	1	1	1	1	1	26																													
	26	Органічні пероксиди легкозаймисті	3	3	3	3	3	3	2	2	1	27																												
27	Органічні пероксиди легкозаймисті, їдкі для очей	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	28																												
6	28	Токсичні речовини леткі без додаткового виду небезпеки	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	1	29																									
	29	Токсичні речовини леткі, ЛР ($t_{\text{СП}} < 23\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	30																									
	30	Токсичні речовини леткі, ЛР ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{СП}} < 61\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	31																								
	31	Токсичні речовини леткі їдкі і та/або корозійні	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	32																							
	32	Токсичні речовини леткі їдкі і та/або корозійні ЛР ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{СП}} < 61\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	33																						
8	33	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), токсичні та окислюючі	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	1	34																					
	34	Їдкі та/або корозійні (кислі), легкозаймисті ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{СП}} < 61\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	3	1	35																					
	35	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), окислюючі	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	36																				
	36	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), токсичні	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	2	1	1	37																			
	37	Їдкі та/або корозійні речовини, ЛР основні ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{СП}} < 61\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	38																		
	38	Різні їдкі та/або корозійні речовини токсичні, окислюючі	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	2	1	39																	
	39	Різні їдкі та/або корозійні речовини, ЛР ($t_{\text{СП}} < 23\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	40																
	40	Різні їдкі та/або корозійні речовини ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{СП}} < 61\text{ }^{\circ}\text{C}$)	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1															
		№ з/п	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40															
		Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	5										6					8																						

Примітки:

- 1 — Речовини і матеріали допустимо зберігати в одному відсіку складу або на одному майданчику. Горизонтальна відстань між ними має відповідати вимогам нормативних документів, але бути не меншою ніж 5 м.
 - 2 — Речовини і матеріали допустимо зберігати в одному відсіку складу або на одному майданчику. Горизонтальна відстань між ними має відповідати вимогам нормативних документів, але бути не меншою ніж 10 м.
 - 3 — Речовини і матеріали потрібно зберігати в різних відсіках складу (тобто їх потрібно розділяти протипожежною перегородкою 1-го типу) або на різних майданчиках.
 - 4 — Речовини та матеріали потрібно зберігати в різних складах або на різних майданчиках.
- ЛЗР — легкозаймисті рідини;
ЛЗТ — легкозаймисті тверді речовини;
ЛР — легкозаймисті речовини;
ТР — токсичні речовини;
 $t_{сп}$ — температура спалаху в закритому тиглі;
 t — температура

Таблиця Г.2 — Поділ небезпечних речовин і матеріалів під час зберігання

Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	№ з/п	Види особливо небезпечних речовин	1																								
2	1	Незаймісті нетоксичні гази без додаткового виду небезпеки	+	2																							
	2	Токсичні гази без додаткового виду небезпеки	1	+	3																						
	3	Токсичні гази їдкі та/або корозійні	1	+	+	4																					
	4	Займісті гази без додаткового виду небезпеки	1	2	3	+	5																				
	5	Займісті гази їдкі та/або корозійні	1	2	3	+	+	6																			
	6	Токсичні і займісті гази без додаткового виду небезпеки	1	1	2	+	+	+	7																		
3	7	ЛЗР ($t < -18\text{ }^{\circ}\text{C}$) без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	+	8																	
	8	ЛЗР ($t < -18\text{ }^{\circ}\text{C}$) токсичні легкого ступеня	3	3	3	4	4	4	+	+	9																
	9	ЛЗР ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t < +23\text{ }^{\circ}\text{C}$) без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	+	+	+	10															
	10	ЛЗР ($-18\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t < +23\text{ }^{\circ}\text{C}$) токсичні легкого ступеня	3	3	3	4	4	4	+	+	+	+	11														
	11	ЛЗР ($+23\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t < +61\text{ }^{\circ}\text{C}$) без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	+	+	+	+	+	12													
	12	ЛЗР ($+23\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t < +61\text{ }^{\circ}\text{C}$) токсичні легкого ступеня	3	3	3	4	4	4	+	+	+	+	+	+	13												
4	13	ЛЗТ без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	+	14										
	14	ЛЗТ токсичні легкого ступеня	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	+	+	15									
	15	ЛЗТ, здатні до саморозкладання за $t < +50\text{ }^{\circ}\text{C}$	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	1	1	+	16								
	16	Самозаймісті тверді речовини без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	+	17							
	17	Самозаймісті тверді речовини токсичні легкого ступеня	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	+	+	18						
	18	Самозаймісті тверді речовини їдкі та/або корозійні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	+	+	+	19					
	19	Самозаймісті тверді речовини, що виділяють займісті гази під час взаємодії з водою	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	+	+	+	+	20				
	20	Речовини, що виділяють займісті гази під час взаємодії з водою, без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	+	21				
	21	Речовини, що виділяють займісті гази під час взаємодії з водою, токсичні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	+	+	22			
	22	Речовини, що виділяють займісті гази під час взаємодії з водою, токсичні легкого ступеня дії	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	+	+	+	23		
5	23	Окиснювальні речовини без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	+	24	
	24	Окиснювальні речовини токсичні легкого ступеня дії	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	+
		№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
		Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	2					3					4					5									

Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	№ з/п	Види особливо небезпечних речовин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
			3	3	3	4	4	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	25	Токсичні речовини нелеткі без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	26	Токсичні речовини нелеткі їдкі та/або корозійні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	27	Токсичні речовини нелеткі легкозаймисті, тверді	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	+	+	+	2	3	3	3	3	2	2	2	3	3
8	28	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі) без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	29	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі) токсичні легкого ступеня дії	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	30	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), слабкі окислювачі	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	+	+
	31	Їдкі та/або корозійні речовини (основні) без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+
	32	Їдкі та/або корозійні речовини (основні) токсичні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+
	33	Їдкі та/або корозійні речовини (основні) токсичні легкого ступеня дії	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+
	34	Їдкі та/або корозійні речовини (основні), слабкі окислювачі	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	+	+
	35	Різні їдкі та/або корозійні речовини без додаткового виду небезпеки	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+
	36	Різні їдкі та/або корозійні речовини токсичні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+
	37	Різні їдкі та/або корозійні речовини токсичні легкого ступеня дії	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+
	9	38	Різні їдкі та/або корозійні речовини, слабкі окислювачі	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	+
39		Речовини, не віднесені до 1—8-ї груп, в аерозольній упаковці	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
40		Горючі тверді речовини ($t_{\text{пл}} +61^{\circ}\text{C} \leq t < +90^{\circ}\text{C}$)	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	+	+	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	3
41		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, самозаймисті або такі, що займаються під час взаємодії з водою	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	+	+	+	+	3	3
42		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, слабкі окислювачі	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	+	+
43		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, малонебезпечні, токсичні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, слабкі їдкі та/або корозійні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, намагнічені	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
46		Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, що виділяють горючі гази під час взаємодії з водою	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+	+	2	2
47		Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, токсичні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
48		Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, їдкі та/або корозійні	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
49	Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, які поглинають кисень повітря	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
		№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
		Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	2					3					4					5									

Кінець таблиці Г.2

Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	№ з/п	Види особливо небезпечних речовин																									
			25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
6	25	Токсичні речовини нелеткі без додаткового виду небезпеки	+																								
	26	Токсичні речовини нелеткі їдкі та/або корозійні	+	+																							
	27	Токсичні речовини нелеткі легкозаймисті, тверді	+	+	+																						
8	28	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі) без додаткового виду небезпеки	+	+	1	+																					
	29	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі) токсичні легкого ступеня дії	+	+	+	+	+																				
	30	Їдкі та/або корозійні речовини (кислі), слабкі окислювачі	+	1	3	+	+	+																			
	31	Їдкі та/або корозійні речовини (основні) без додаткового виду небезпеки	+	+	+	1	1	1	+																		
	32	Їдкі та/або корозійні речовини (основні) токсичні	+	+	+	1	1	1	+	+																	
	33	Їдкі та/або корозійні речовини (основні) токсичні легкого ступеня дії	+	+	+	1	1	1	+	+	+																
	34	Їдкі та/або корозійні речовини (основні), слабкі окислювачі	+	1	3	1	1	2	+	+	+	+															
	35	Різні їдкі та/або корозійні речовини без додаткового виду небезпеки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
	36	Різні їдкі та/або корозійні речовини токсичні	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+													
	37	Різні їдкі та/або корозійні речовини токсичні легкого ступеня дії	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	9	38	Різні їдкі та/або корозійні речовини, слабкі окислювачі	+	1	3	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
39		Речовини, не віднесені до 1—8-ї груп, в аерозольній упаковці	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
40		Горючі тверді речовини ($t_{ст} + 61\text{ }^\circ\text{C} \leq t < +90\text{ }^\circ\text{C}$)	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	+								
41		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, самозаймисті або такі, що займаються під час взаємодії з водою	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	+	+							
42		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, слабкі окислювачі	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	2	2	+							
43		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, малонебезпечні, токсичні	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, слабкі їдкі та/або корозійні	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45		Речовини, не віднесені до 1—8 груп, намагнічені	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
46		Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, що виділяють горючі гази під час взаємодії з водою	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+
47		Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, токсичні	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
48	Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, їдкі та/або корозійні	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
49	Речовини, небезпечні під час зберігання навалом, які поглинають кисень повітря	+	+	+	+	+	1	+	+	+	1	+	+	+	1	3	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	
	№ з/п	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
	Клас небезпечності згідно з ДСТУ 4500-3	6			8								9														

Примітки:

- + — Речовини і матеріали сумісні.
 - 1 — Речовини і матеріали допускається зберігати в одному відсіку складу або на одному майданчику. Горизонтальна відстань між ними має відповідати вимогам нормативних документів, але бути не менше ніж 5 м.
 - 2 — Речовини і матеріали допускається зберігати в одному відсіку складу або на одному майданчику. Горизонтальна відстань між ними має відповідати вимогам нормативних документів, але бути не менше ніж 10 м.
 - 3 — Речовини і матеріали потрібно зберігати в різних відсіках складу (тобто їх потрібно розділяти протипожежною перегородкою 1-го типу) або на різних майданчиках.
 - 4 — Речовини та матеріали потрібно зберігати в різних складах або на різних майданчиках.
- ЛЗР — легкозаймисті рідини;
ЛЗТ — легкозаймисті тверді речовини;
ЛР — легкозаймисті речовини;
ТР — токсичні речовини;
 $t_{сп}$ — температура спалаху в закритому тиглі;
 t — температура

Таблиця Г.3 — Поділ небезпечних і особливо небезпечних речовин і матеріалів під час зберігання

Основний вид пожежної небезпеки		Агрегатний стан	Додаткові види небезпеки	№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
Окислювальні речовини	Негорючі або важкогорючі	Гази	Нетоксичні та отруйні та/або корозійні їдкі	1	1	2																											
		Тверді рідкі	Без додаткового виду небезпеки або токсичні легкого ступеня дії	2	1	+	3																										
			Токсичні та/або корозійні	3	1	1	1	4																									
			Їдкі, корозійні кислоти, сильні окислювачі	4	2	1	1	1	5																								
			Їдкі, корозійні кислоти, слабкі окислювачі	5	2	1	1	1	+	6																							
			Різні їдкі та корозійні, основи	6	2	+	1	2	2	+	7																						
			Різні їдкі та корозійні, токсичні	7	2	1	1	1	1	1	1	1	8																				
			Різні їдкі та корозійні, нетоксичні	8	2	1	1	1	1	1	1	1	+	9																			
			Вибухонебезпечні або ті, що здатні до саморозкладання	9	4	3	3	3	3	3	3	3	3	1	10																		
			Легкозаймисті	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	11																	
Легкозаймисті та самозаймисті речовини	Гази	У аерозольній упаковці, стиснені або зріджені	11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	+	12																
	Рідкі	Токсичні легкого ступеня дії	12	4	4	4	3	2	2	3	2	4	3	4	+	13																	
		Токсичні, корозійні	13	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	1	1	14																
		Сильнодіючі отруйні речовини	14	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	1	2	1	15															
		Кислоти	15	4	4	4	3	2	3	3	3	4	4	4	1	2	2	1	16														
		Основи	16	4	4	4	2	3	2	2	3	4	3	4	1	2	2	2	1	17													
		Різні їдкі	17	4	4	4	2	2	2	2	3	4	3	4	1	2	2	2	1	18													
	Тверді	Нетоксичні і токсичні легкого ступеня дії	18	4	3	3	3	2	2	3	2	3	3	4	1	2	3	2	2	2	+	19											
		Речовини, що здатні до саморозкладання та/або токсичні	19	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	+	+	20										
		Речовини, що здатні до саморозкладання	20	4	3	3	3	2	2	3	2	3	3	4	1	2	3	3	3	3	1	1	+	21									
		Токсичні нелеткі	21	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	1	2	3	3	3	3	+	2	2	+	22								
		Виділяють горючі гази під час взаємодії з водою	22	4	3	3	3	2	2	3	2	3	3	4	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	+	23							
		Виділяють горючі гази під час взаємодії з водою	23	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	24						
		Виділяють горючі гази під час взаємодії з водою	24	4	3	3	3	1	1	1	1	3	3	4	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	+	1	+	25					
		Самозаймисті	25	4	3	3	3	2	2	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	+			

Продовження таблиці Г.3

Основний вид пожежної небезпеки	Агрегатний стан	Додаткові види небезпеки	№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Інші небезпечні горючі і негорючі речовини	Гази	Негорючі, нетоксичні	26	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
		Токсичні, їдкі, корозійні	27	1	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Рідкі тверді	Сильнодіючі отруйні речовини	28	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2	4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		Токсичні	29	2	2	2	2	+	+	1	+	3	3	4	+	1	1	1	1	1	1	+	1	+	
			Токсичні та їдкі	30	2	2	2	2	+	1	1	1	3	3	4	1	2	2	2	2	2	+	1	+	
			Небезпечні під час зберігання навалом	31	2	2	2	2	+	+	1	+	1	1	4	1	2	2	2	2	2	2	+	1	1
			Різні їдкі	32	2	2	2	2	+	+	1	+	1	1	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
			Кислоти токсичні легкого ступеня дії	33	2	2	2	2	+	1	1	1	1	1	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Кислоти токсичні			34	2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	1	3	2	2	2	2	2	2	3	2	
Основи токсичні			35	2	1	1	2	1	+	1	+	1	1	4	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
Намагнічені			36	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Поглинають кисень			37	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		

Кінець таблиці Г.3

Основний вид пожежної небезпеки	Агрегатний стан	Додаткові види небезпеки	№ з/п																			
				20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
Інші небезпечні горючі і негорючі речовини	Гази	Негорючі, нетоксичні	26	3	3	3	3	2	3	+	27											
		Токсичні, їдкі, корозійні	27	3	3	3	3	2	3	1	+	28										
	Рідкі тверді	Сильнодіючі отруйні речовини	28	2	1	2	2	1	1	2	2	1	29									
		Токсичні	29	+	+	1	1	1	1	2	2	1	+	30								
		Токсичні та їдкі	30	+	+	1	1	1	1	2	2	1	+	+	31							
		Небезпечні під час зберігання навалом	31	1	+	1	1	+	1	2	2	+	+	+	+	32						
		Різні їдкі	32	1	+	1	1	1	1	2	2	2	+	+	+	+	33					
		Кислоти токсичні легкого ступеня дії	33	1	1	1	1	1	2	2	2	2	+	+	+	+	34					
		Кислоти токсичні	34	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	35				
		Основи токсичні	35	1	+	1	1	1	1	2	2	2	+	1	1	1	1	1	+	36		
		Намагнічені	36	+	+	+	+	+	+	2	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	37	
		Поглинають кисень	37	1	+	+	+	+	+	2	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		№ з/п	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		

Примітки:

+ — Речовини і матеріали сумісні.

1 — Речовини і матеріали допускається зберігати в одному відсіку складу або на одному майданчику. Горизонтальна відстань між ними має відповідати вимогам нормативних документів, але бути не менше ніж 5 м.

2 — Речовини і матеріали допускається зберігати в одному відсіку складу або на одному майданчику. Горизонтальна відстань між ними має відповідати вимогам нормативних документів, але бути не менше ніж 10 м.

3 — Речовини і матеріали потрібно зберігати в різних відсіках складу (тобто їх потрібно розділяти протипожежною перегородкою 1-го типу) або на різних майданчиках.

4 — Речовини та матеріали потрібно зберігати в різних складах або на різних майданчиках.

ДОДАТОК Д
(обов'язковий)

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ПЛОЩІ РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Д.1 Загальний опис

Д.1.1 Даний метод призначений для визначення безпечної площі розгерметизації (така площа скидного перерізу запобіжного пристрою, відкриття якої в процесі згоряння суміші всередині обладнання, наприклад, апарату, дозволяє зберегти останній від руйнування або деформації) технологічного обладнання, в якому обертаються, переробляються або утворюються горючі гази, рідини, здатні створювати з повітрям або один з одним вибухонебезпечні суміші, що згоряють ламінарно або турбулентно у фронтальному режимі.

Д.1.2 Розгерметизація — найбільш поширений спосіб захисту від пожежі та вибуху технологічного обладнання, що полягає в оснащенні його запобіжними мембранами та (або) іншими розгерметизуючими пристроями з такою площею скидного перерізу, яка достатня для того, щоб запобігти руйнуванню обладнання від вибуху і виключити подальше надходження всієї маси горючої речовини в навколишній простір, тобто повторну пожежу.

Д.1.3 Даний метод не поширюється на системи, що можуть детонувати або об'ємно самозайматись.

Д.2 Сутність методу

Д.2.1 Безпечну площу розгерметизації визначають за розрахунковими формулами на основі даних щодо параметрів технологічного обладнання, умов ведення процесу та за показниками пожежовибухонебезпеки речовин.

Д.2.1 Метод встановлює залежність площі безпечної розгерметизації від об'єму та максимально допустимого тиску всередині нього, тиску і температури технологічного середовища, термодинамічних і термокінетичних параметрів горючої суміші, умов закінчення, ступеня турбулізації.

Д.3 Формули для розрахунку безпечної площі розгерметизації

Д.3.1 Безпечну площу розгерметизації технологічного обладнання з газопаровими сумішами визначають за такими безрозмірним співвідношенням критеріїв:

$$W \geq \frac{\gamma(E_i - 1)}{\sqrt{E_i(\pi_m - 1)}} \quad (\text{Д.1})$$

для обладнання, розрахованого на максимальний відносний тиск вибуху $1 < \pi_m \leq 2$ (за одночасного виконання вимоги $P_m \geq 2P$ в знаменнику формули (Д.1) добуток $(\pi_m - 1)$ відсутній), і

$$W \geq 0,9 \frac{\chi(\pi_e - \pi_m)}{\sqrt{E_i}} \quad (\text{Д.2})$$

для обладнання, що витримує тиск вибуху в діапазоні відносних значень $2 < \pi_m \leq \pi_e$.

У формулах (Д.1) та (Д.2) прийнято такі позначення (індекси i , u , e , m) відносяться відповідно до початкових параметрів, параметрів горючої суміші, характеристикам горіння в замкненій ємності, максимально допустимим значенням). Комплекс подібності.

$$W = \frac{1}{(36\pi)^{1/3}} \cdot \frac{\mu F}{V^{2/3}} \left\{ \frac{RT_{ui}}{M_i} \right\}^{1/2} \frac{1}{S_{ui}} \quad (\text{Д.3})$$

Тобто уявляє собою з точністю до постійного множника добуток двох відносин — ефективної площі розгерметизації до внутрішньої поверхні сферичної ємності рівного об'єму і швидкості звуку у вихідній суміші до початкової нормальної швидкості полум'я. У рівнянні для комплексу подібності W (Д.3):

π	— число «пі»;
μ	— коефіцієнт витрати при витіканні свіжої суміші та (або) продуктів згоряння через пристрій вибухорозрідження (запобіжна мембрана, клапан, розгерметизатор, тощо);
F	— площа розгерметизації (скидного перерізу), м ² ;
V	— максимальний внутрішній об'єм ємності, в якій можливе утворення горючої газопарової суміші, м ³ ;
$R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{кмоль}^{-1} \text{К}^{-1}$	— універсальна газова стала;
T_{ui}	— температура горючої суміші, К;
M_i	— молекулярна маса горючої суміші, кг · кмоль ⁻¹ ;
S_{ui}	— нормальна швидкість поширення полум'я при початкових значеннях тиску і температури горючої суміші, м · с ⁻¹ .

Інші позначення у формулах (Д.1) і (Д.2):

$\pi_m = \frac{P_m}{P_i}$	— відносний максимально допустимий тиск в апараті, який не призводить до його деформації та(або) руйнування;
P_m	— абсолютне максимально допустимий тиск всередині апарату, яке не призводить до його деформації та(або) руйнуванню, Па;
P_i	— абсолютний початковий тиск горючої суміші в приладі, за якого виникає спонукання горіння, Па;
P'	— абсолютний тиск в просторі в якому виникає витік, в момент досягнення максимального тиску вибуху всередині апарату (атмосфера, буферна ємність, тощо), Па;
$\pi_e = \frac{P_e}{P_i}$	— відносний максимальний тиск вибуху даної горючої суміші в замкненому об'ємі;
P_e	— абсолютний максимальний тиск вибуху даної горючої суміші в замкненому просторі при початковому тиску суміші P_i , Па;
E_i	— коефіцієнт розширення продуктів згоряння суміші за початкових значень тиску і температури;
χ	— фактор турбулізації, який відповідно до принципу Гуи-Михельсона, представляє собою відношення дійсної поверхні фронту полум'я у апараті до поверхні сфери, в яку можна зібрати продукти згоряння, які знаходяться в даний момент часу всередині посудини.

Д.3.2 Формули (Д.1) і (Д.2) можуть бути використані як для визначення безпечної площі розгерметизації під час проектування обладнання за максимально допустимого відносного тиску вибуху в апараті π_m (пряма задача), так і для визначення максимально допустимого початкового тиску горючої суміші P_i в апараті, розрахованому на максимальний тиск P_m , з уже наявними скидним люком площею F , наприклад при аналізі аварій (обернена задача).

Д.3.3 Формули (Д.1) і (Д.2) охоплюють весь діапазон можливих тисків вибуху в обладнанні з різним ступенем негерметичності $1 < \pi_m \leq \pi_e$.

Д.3.4 Формули (Д.1) і (Д.2) записані у безрозмірних незалежних змінних, що впливають із умови автотурбулізації процесу розвитку вибуху в негерметичній посудині, що робить їх більш універсальними і наочними. Максимальний тиск вибуху в негерметичній посудині є інваріантом рішення системи рівнянь динаміки розвитку вибуху за умови постійного відношення фактора турбулізації χ до комплексу подібності W .

Похибка визначення діаметра скидного перерізу за формулами (Д.1) і (Д.2) у порівнянні з точним комп'ютерним рішенням системи диференціальних рівнянь динаміки розвитку вибуху становить близько 10 %.

Д.4 Ступінь впливу різних параметрів на безпечну площу розгерметизації

Д.4.1 У цьому методі реалізований єдиний підхід до розрахунку площі скидного перерізу, що полягає в обліку впливу різних параметрів і умов на величину безпечної площі розгерметизації за допомогою відповідної зміни значення фактору турбулізації.

Д.4.2 Фактор турбулізації — основний параметр, що здійснює найбільший вплив на величину безпечної площі розгерметизації,

Похибка визначення термодинамічних параметрів — E_i, π_e, γ_b , де γ_b показник адіабати продуктів згоряння суміші, які входять в розрахункові формули (Д.1) і (Д.2), становлять відсотки, похибка визначення коефіцієнта витрати μ , молекулярної маси горючої суміші і нормальної швидкості поширення полум'я становить десятки відсотків. Помилка у виборі значень об'єму апарату, температури і тиску суміші також не перевищує відсотків або десятків відсотків. Похибка ж у визначенні значення фактору турбулізації може становити сотні відсотків.

Д.4.3 Розрахунок безпечної площі розгерметизації проводять для найбільш вибухонебезпечних сумішей (параметри яких знаходяться близько до стехіометричних), якщо не доведена неможливість їх утворення всередині апарату.

Д.5 Залежність фактору турбулізації від умов розвитку вибуху

Д.5.1 Залежність фактора турбулізації від умов розвитку горіння може бути представлена формулою

$$\chi = (1 + a_1 V) \left(1 + a_2 \frac{F}{V^{2/3}} \right) \left(a_3 + a_4 + \frac{\pi_e - \pi_m}{\pi_e - 2} \right), \tag{Д.4}$$

в якій емпіричні коефіцієнти a_1, a_2, a_3, a_4 визначають по таблиці Д.1.

Таблиця Д.1 — Емпіричні коефіцієнти для розрахунку коефіцієнта турбулізації

Умови розвитку горіння ²	Емпіричні коефіцієнти			
	a_1	a_2	a_3	a_4
Об'єм посудини V до 10 м^3 ; ступінь негерметичності $F/V^{2/3}$ до 0,25	0,15	4	1	0
Об'єм посудини V до $200 \text{ м}^3, 1 < \pi_m < 2$				
початково відкриті скидні перерізи	0	0	2	0
початково закриті скидні перерізи	0	0	8	0
Об'єм посудини V до $200 \text{ м}^3, 2 < \pi_m \leq \pi_e$:				
початково відкриті скидні перерізи	0	0	0,8	1,2
початково закриті скидні перерізи	0	0	2	6
Об'єм посудини V до 10 м^3 ; ступінь негерметичності $F/V^{2/3}$ до 0,04;				
наявність скидного трубопроводу, $1 < \pi_m < 2$	0	0	4	0
без зрошення витоку газів	0,15	4	1	0
зі зрошенням витоку газів				

Примітка 1. Для відсутніх в таблиці умов розвинення горіння, наприклад для обладнання об'ємом більше ніж 200 м^3 , значення фактору турбулізації визначають експертно.

Примітка 2. Якщо в умовах розвитку горіння значення якогось параметру не зазначено, то воно може бути будь-яким в межах допустимого діапазону

Д.6 Вплив об'єму апарату

Д.6.1 Для порожнистих апаратів об'ємом менше 1 м^3 значення фактору турбулізації $\chi = 1 \div 2$. Зі збільшенням об'єму апарату значення фактору турбулізації збільшується і для порожнистих апаратів об'ємом близько $10 \text{ м}^3 \chi = 2,5 \div 5$ в залежності від ступеня негерметичності (співвідношення $F/V^{2/3}$) апарату.

Для посудин об'ємом до 200 м^3 різної форми з незначними вбудованими в середині елементами значення коефіцієнта турбулізації не перевищує $\chi = 8$.

Д.6.2 Вплив форми апарату

Для технологічного обладнання з співвідношенням довжини до діаметра не більше ніж 5:1 можна вважати, що форма апарату не впливає на значення коефіцієнта турбулізації, так як збільшення поверхні полум'я через його витягування у формі апарату компенсується зменшенням поверхні в результаті більш раннього торкання полум'ям стінок посудини.

Д.6.3 Вплив початкової герметизації апарату

Для порожнистих апаратів об'ємом до 200 м^3 з початково відкритими скидними перерізами, наприклад люками, значення фактору турбулізації не перевищує $\chi = 2$, для апаратів з початково закритими скидними перерізами (мембрани, розгерметизатори тощо) не перевищує $\chi = 8$.

Д.6.4 Вплив ступеню негерметичності апарату $F/V^{2/3}$

Збільшення ступеню негерметичності $F/V^{2/3}$ в 10 разів (від 0,025 до 0,25), що рівнозначно збільшенню площі розгерметизації в 10 разів для того самого апарату, призводить до зростання фактора турбулізації в 2 рази (для апаратів об'ємом близько 10 м^3 з $\chi = 2,5$ до $\chi = 5$).

Д.6.5 Вплив максимально допустимого тиску вибуху в апараті (Корелює з впливом тиску розгерметизації)

Під час збільшення відносного максимально допустимого тиску вибуху всередині обладнання (міцності обладнання) в діапазоні $1 < \pi_m \leq 2$ значення фактора турбулізації не змінюється. При збільшенні відносного максимально допустимого тиску вибуху вище $\pi_m > 2$ (до $\pi_m = \pi_e$) для початково відкритих скидних перерізів значення фактора турбулізації знижується з 2 до 0,8, для початково закритих — з 8 до 2. Цей результат узгоджується з фізичними уявленнями про те, що за більшого значення тиску вибуху, який витримує апарат, площа скидного перерізу менша, а отже, фронт полум'я піддається меншій збурювальній дії.

Д.6.6 Вплив умов виток

Якщо витік горючої суміші і продуктів згоряння здійснюється через скидний трубопровід, розташований за розгерметизуючим елементом, який має діаметр, приблизно рівний діаметру скидного отвору, то значення фактора турбулізації незалежно від обсягу посудини (до 15 м^3) приймають $\chi = 4$ (для посудин із ступенем негерметичності $F/V^{2/3}$ близько $0,015 \div 0,035$, коли оснащення посудин скидним трубопроводом виправдано з міркувань розумного співвідношення характерних розмірів посудини і трубопроводу за умови $\pi_m < 2$).

При оснащенні системи розгерметизації зрошувачем або іншим аналогічним пристроєм, встановленим в трубопроводі безпосередньо за розгерметизатором для подавання холодоагенту у витікаючу із апарату суміш, значення фактора турбулізації приймають таким самим, як за витікання безпосередньо з апарату в атмосферу. Ефект інтенсифікації горіння в посудині при скиді газів через трубопровід зникає при збільшенні тиску розгерметизації до 0,2 МПа при початковому тиску 0,1 МПа.

Д.6.7 Вплив умов розгерметизації

«Миттєве» відкриття скидного перерізу підвищує ймовірність виникнення вібраційного горіння всередині апарата. Амплітуда акустичної хвилі вібраційного горіння може досягати значень $\pm 0,1$ МПа. Перемішування суміші, наприклад вентилятором, в процесі розвитку вибуху призводить до зменшення амплітуди коливань тиску.

Плавне відкриття скидного отвору, наприклад за допомогою слабоінерційних кришок, знижує значення чинника турбулізації. У тих випадках, коли час спрацьовування пристрою розгерметизації можна порівняти з часом горіння суміші в посудині, для визначення безпечної площі розгерметизації необхідно враховувати динаміку розкриття скидного отвору.

Д.6.8 Вплив перешкод і турбулізаторів

Питання про вплив різних перешкод на шляху поширення полум'я і турбулентності в суміші перед фронтом полум'я є одним із визначальних під час вибору значення фактора турбулізації. Найбільш правильним методом визначення значення фактора турбулізації при наявності всередині апарата складних перешкод і турбулізованої суміші можна вважати метод, заснований на порівнянні розрахункової і експериментальної динаміки (залежність тиск — час) вибуху.

Прискорення полум'я на спеціальних перешкодах досягає значень $\chi \approx 15$ і більше вже в посудинах обсягом близько 10 м^3 .

Для вуглеводневоповітряних сумішей турбулентне поширення полум'я з автономною генерацією турбулентності всередині зони горіння характеризується максимальним значенням фактору турбулізації $\chi = 3 \div 4$.

У разі штучно створюваної ізотропної турбулентності максимальне значення фактора турбулізації за контактного (точкового) запалювання не перевищує $\chi = 4 \div 6$. Подальше збільшення ступеня ізотропної турбулентності призводить до гасіння полум'я.

Для посудин з вбудованими та рухливими елементами, вплив яких на значення фактора турбулізації не може бути в даний час оцінено, наприклад з використанням довідкових даних або експертним методом, вибір фактора турбулізації повинен бути обмежений знизу значенням $\chi = 8$.

Д.6.9 Коефіцієнт витрати μ є емпіричним коефіцієнтом, що враховує вплив реальних умов виток на величину витрат газу, визначену за відомим теоретичним модельним співвідношенням.

Для запобіжних мембран і пристроїв розгерметизації з безпосереднім скиданням продукту вибуху в атмосферу, як правило, $\mu = 0,6 \div 1$. За наявності скидних трубопроводів $\mu = 0,4 \div 1$ (зокрема випадку з подачею холодоагенту в трубопровід безпосередньо за мембраною).

Значення коефіцієнта витрати зростає в зазначеному діапазоні зі збільшенням швидкості витoku і температури витікаючого газу, зі збільшенням фактора турбулізації. Добуток коефіцієнта витрати на площу розгерметизації μF являє собою ефективну площу розгерметизації.

Д.6.10 Аналог принципу Ле Шательє-Брауна

Відповідно до критеріїв співвідношення (Д.1) відносний надлишковий тиск вибуху

$$(\pi_m - 1) \sim \left(\frac{\chi}{\mu F} \right)^2 \quad (Д.5)$$

Теоретичні та експериментальні дослідження процесу згоряння газу в негерметичній посудині дозволили встановити аналог принципу Ле Шательє-Брауна: газодинаміка горіння газу в негерметичній посудині реагує на зовнішню зміну умов процесу в тому напрямку, за якого ефект зовнішнього впливу послаблюється. Так, збільшення з метою знизити тиск вибуху площі розгерметизації F в 10 разів в посудині об'ємом близько 10 м^3 супроводжується збільшенням чинника турбулізації χ в 2 рази. Фізичне пояснення досліджуваного явища досить просте: зі збільшенням площі розгерметизації зростає збурювальний вплив на фронт полум'я.

Надмірний тиск вибуху корелює, згідно співвідношення критеріїв (Д.5) зі співвідношенням $(\chi/\mu)^2$, а не просто χ . Зменшення розміру осередку турбулізуючої решітки, що призводить до зростання фактора турбулізації в 1,75 рази (з 8 до 14), супроводжується істотно меншим збільшенням співвідношення χ/μ — лише в 1,1 рази. Наведене необхідно враховувати у разі значень чинника турбулізації $\chi \geq 5$.

Д.7 Визначення нормальної швидкості поширення полум'я та термодинамічних параметрів

Д.7.1 Нормальна швидкість характеризує реакційну здатність горючих газових сумішей за фронтальних режимів горіння. Найбільш перспективним є експериментально-розрахунковий метод оптимізації, який дозволяє визначати нормальну швидкість в бомбі постійного об'єму в широкому діапазоні температур та тисків. Під час розрахунку застосовують метод, наведений у чинних нормативних документах.

Значення нормальної швидкості поширення полум'я S_{ui} за тиску та температури, що відповідають початку розвитку вибуху, яке входить до критеріальних співвідношень (Д.1) і (Д.2) у складі комплексу W , може бути визначено експериментально на атестованому обладнанні або відповідно до вимог, неведених у нормативних документах, та які пройшли оцінку на достовірність приведених у них даних. Якщо дані щодо нормальної швидкості за характерних для технологічного процесу тиску P та температури T відсутні, то в обмеженому діапазоні екстраполяції можливо скористатися для оцінки формулою:

$$S_u = S_{uo} \left(\frac{P}{P_o} \right)^n \left(\frac{T}{T_o} \right)^m, \quad (Д.6)$$

де S_{uo} — відоме значення нормальної швидкості за тиску P_o та температури T_o ,
 n та m — відповідно баричний та температурний показники.

В діапазоні тисків $0,04 \div 1,00 \text{ МПа}$ та температур $293 \div 500 \text{ К}$ для стехіометричних сумішей метану, пропану, гексану, гептану, ацетону, ізопропанолу та бензолу з повітрям значення баричного показника збільшується з ростом тиску та температури свіжої суміші та знаходиться у проміжку $0,5 \div 0,2$, а значення температурного показника зменшується та знаходиться в діапазоні $3,1 \div 0,6$. За значень тиску та температури, близьких до атмосферних, значення баричного та температурних показників для горючих газопароповітряних сумішей можуть бути прийняті у першому наближенні відповідно $n = -0,5$ та $m = 2,0$.

Д.7.2 Термодинамічні параметри E_i , π_e , γ_b визначають шляхом термодинамічного розрахунку за відомими методиками.

Значення коефіцієнта розширення визначають за формулою:

$$E_i = \frac{M_i T_{bi}}{M_{bi} T_{ui}}, \quad (\text{Д.7})$$

де T_{bi} та M_{bi} — відповідно температура та молекулярна маса продуктів згоряння горючої суміші за початкового тиску та температури. Молекулярну масу суміші ідеальних газів визначають за формулою:

$$M = \sum_j M_j n_j, \quad (\text{Д.8})$$

де M_j та n_j — відповідно молекулярна маса та молекулярна доля j -го компонента суміші.

Значення коефіцієнта розширення можуть бути також визначені з наближеного рівняння:

$$E_i = 1 + \frac{\pi_e - 1}{\gamma_b}, \quad (\text{Д.9})$$

В таблиці Д.2 наведені розраховані на комп'ютері значення термодинамічних параметрів для деяких стехіометричних газопарових сумішей за допущення, що продукти згоряння складаються з таких компонентів в газовій фазі: H_2 , H_2O , CO_2 , N_2 , Ar , C , H , O , N , CO , CH_4 , HCN , O_2 , O_3 , OH , NO , NO_2 , NH_3 , HNO_3 . Стехіометричну концентрацію φ_{cr} у повітрі середньої вологості визначали за відомою формулою:

$$\varphi_{cr} = \frac{100}{4,8445\beta + 1}, \quad (\text{Д.10})$$

де β — стехіометричний коефіцієнт, рівний кількості молекул кисню, що необхідні для згорання молекули пального.

Таблиця Д.2 — Результати розрахунку значень π_e , γ_b , E_i , T_{bi} та експериментальні значення нормальної швидкості S_u для деяких стехіометричних газопарових сумішей за початкового тиску 0,1 МПа та температури 298,15 К

Горючі	Формула	φ_{cr} , % об.	π_e	γ_b	E_i	T_{bi}	S_u , м·с ⁻¹
Метан	CH_4	9,355	8,71	1,25	7,44	2204	0,305
Пропан	C_3H_8	3,964	9,23	1,25	7,90	2245	0,32
н-Гексан	C_6H_{14}	2,126	9,38	1,25	8,03	2252	0,29
н-Гептан	C_7H_{16}	1,842	9,40	1,25	8,05	2253	0,295
Ацетон	C_3H_6O	4,907	9,28	1,25	7,96	2242	0,315
Ізопропанол	C_3H_8O	4,386	9,34	1,24	8,00	2220	0,295
Бензол	C_6H_6	2,679	9,30	1,25	7,99	2321	0,36

Для багатокомпонентних сумішей та сумішей, проведення розрахунків яких, з тих чи інших причин, спричиняють труднощі, визначення максимального відносного тиску вибуху π_e , а відповідно й коефіцієнта розширення E_i , за формулою (Д.9) проводять за відповідною методикою, наведеною в чинних нормативних документах.

Д.8 Вплив скидних трубопроводів

Д.8.1 Скидні трубопроводи використовуються для відводу продуктів згоряння в безпечне місце, наприклад в приймальну буферну посудину або за територію цеху, що дозволяє істотно знизити ймовірність виникнення всередині виробничих приміщень вторинних пожеж та вибухів, збиток від яких значно вище ніж втрати від первинних вибухів.

Д.8.2 Наявність скидного трубопроводу може привести до значного (на порядок) збільшення надлишкового тиску вибуху у порівнянні з випадком розгерметизації апарату безпосередньо в атмосферу. Характерне значення коефіцієнта турбулізації у разі використання скидного трубопроводу з діаметром, який дорівнює діаметру запобіжної мембрани, і без зрошення витікаючих газів холодоагентом $\chi = 4$ незалежно від об'єму захищеного порожнистого обладнання з нетурбулізованою сумішшю.

Характеристики міцності скидного трубопроводу повинні бути не нижче відповідних характеристик захищеного апарату.

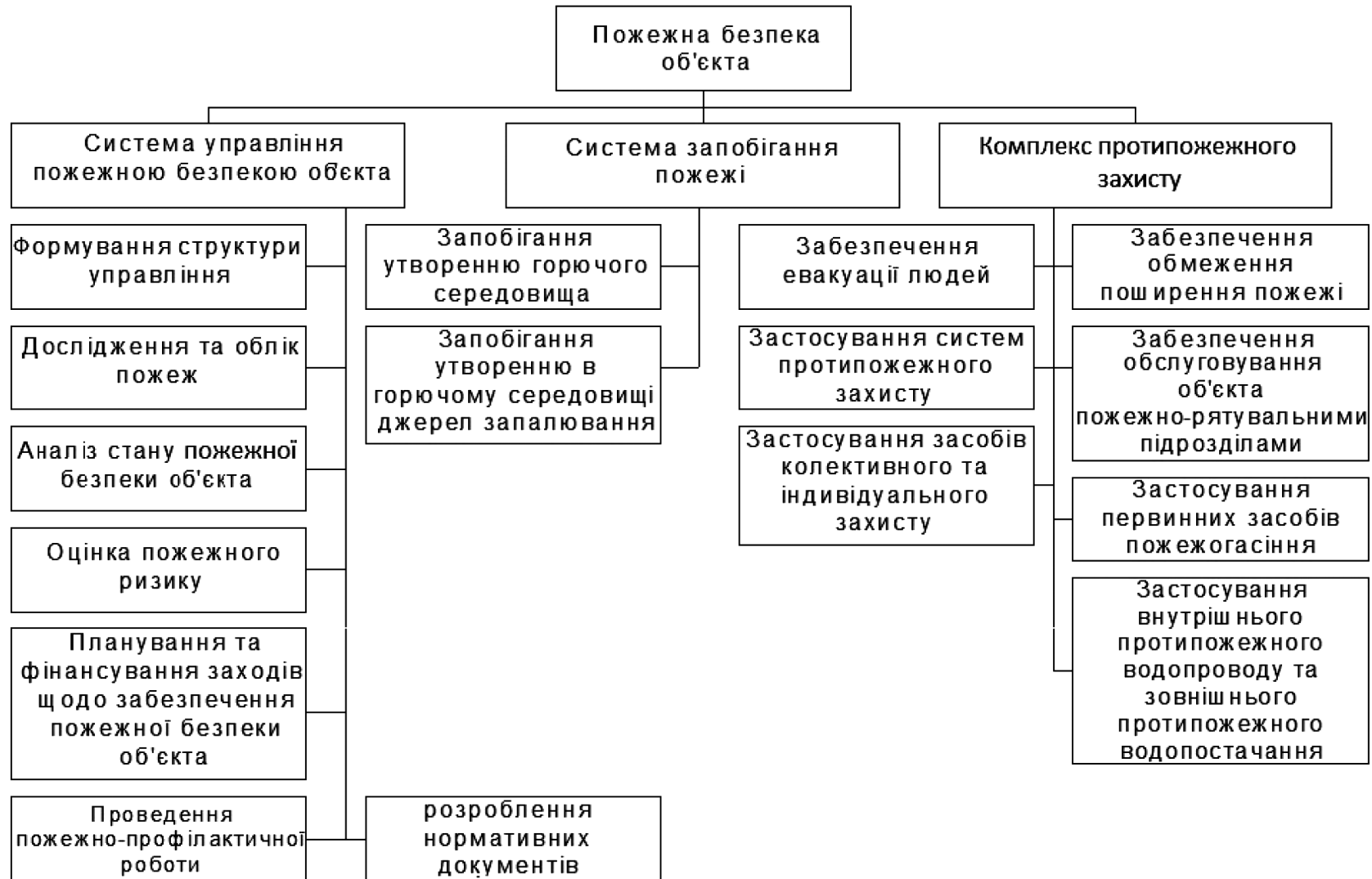
Д.8.3 Під час проектування систем скиду газоподібних продуктів у випадку вибуху газопарових сумішей всередині технологічного обладнання необхідно приймати до уваги можливість інтенсивного горіння суміші, що проходить, в скидному трубопроводі, що є причиною турбулізації горіння всередині захищеного об'єму.

Найкращий спосіб ліквідації ефекту збільшення тиску вибуху за наявності в системі противибухового захисту технологічного обладнання методом розгерметизації скидного трубопроводу — подавання холодоагенту з інтенсивністю $(0,1 \div 0,5) \times 10^{-2} \text{ м}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ у поперечному перерізі трубопроводу безпосередньо за мембраною до її спрацьовування або одночасно з ним. За наявності зрошення в трубопроводі та використання приймальної посудини, що знаходиться під зниженим тиском, довжина трубопроводу (за результатами експериментів до 30 м) не здійснює помітного впливу на максимальний тиск вибуху.

Збільшення тиску розгерметизації до $\sim 0,2$ МПа (за початкового тиску технологічного середовища $0,1$ МПа) також призводить до зникнення ефекту інтенсивності вибуху.

Збільшення діаметру скидного трубопроводу відносно діаметру скидного перерізу сприяє зниженню впливу описаного ефекту інтенсивності вибуху.

СТРУКТУРНА СХЕМА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТА



ДОДАТОК Ж
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Кодекс цивільного захисту України;
- 2 НАПБ А.01.001–2014 Правила пожежної безпеки в Україні;
- 3 ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги;
- 4 ДБН В.1.2-7–2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека;
- 5 ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту;
- 6 ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою;
- 7 ГОСТ 12.1.004–91 Пожарная безопасность. Общие требования;
- 8 ГОСТ 12.1.044–89* ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
- 9 ГОСТ 19433–88* Грузы опасные. Классификация и маркировка (Вантажі небезпечні. Класифікація та маркування)
- 10 ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять;
- 11 ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять;
- 12 ДСТУ ГОСТ 15.001:2009 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения;
- 13 ДСТУ 4500-5:2005 Вантажі небезпечні. Маркування;
- 14 ДСТУ 3855–99 Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення;
- 15 IEC 60695-1-10:2016 Fire hazard testing — Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products — General guidelines (Випробування на пожежну небезпеку — Частина 1-10: Настанова з оцінки пожежної небезпеки електротехнічної продукції — Загальні положення);
- 16 IEC 60695-1-11:2014 Fire hazard testing — Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products — Fire hazard assessment (Випробування на пожежну небезпеку — Частина 1-11: Настанова з оцінки пожежної небезпеки електротехнічної продукції — оцінка пожежної небезпеки);
- 17 IEC 60695-1-12:2015 Fire hazard testing — Part 1-12: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products — Fire safety engineering (Випробування на пожежну небезпеку — Частина 1-12: Інжиніринг пожежної безпеки — Пожежна безпека інженерії);
- 18 ГОСТ Р 51901.10–2009 Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии.
- 19 СТБ 11.0.01–98 Система стандартов пожарной безопасности. Общие положения.
- 20 Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий утвержденный 30 июня 2009 г. № 382, зарегистрированный в Министерстве юстиции Российской Федерации 6 августа 2009 г. № 14486 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»
- 21 НПАО 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

Код згідно з ДК 004: 13.220.01

Ключові слова: комплекс протипожежного захисту, пожежна безпека, система управління, система запобігання пожежі, управлінські заходи.

Редактор **Г. Загорулько**
Верстальник **А. Біткова**

Підписано до друку 25.03.2020 р. Формат 60 × 84 1/8.
Ум. друк. арк. 10,23. Зам. 301. Ціна договірна.

Виконавець

Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115

Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 серія ДК № 1647