

МНС України

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Кафедра “Техногенної безпеки ”

Павлюк Ю.Е., Ференц Н.О.

**Категорування приміщень, будинків та зовнішніх установок
за вибухоложежною та пожежною небезпекою**



Львів - 2008

Категорування приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.
Навчальний посібник/ Укл.: Павлюк Ю.Е., Ференц Н.О. – Львів, ЛДУ БЖД, 2008. – 91 с.

Укладачі:

Павлюк Ю.Е., кандидат технічних наук, начальник кафедри техногенної безпеки, полковник служби цивільного захисту

Ференц Н.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри техногенної безпеки, майор служби цивільного захисту

Рецензент:

Навчальний посібник до вивчення теоретичного матеріалу з курсів «Пожежна профілактика технологічних процесів», «Пожежна профілактика у виробництві», «Профілактика надзвичайних ситуацій на промислових об'єктах».

Розглянуто на засіданні кафедри техногенної безпеки ЛДУ БЖД МНС України (протокол № 7 від “12” листопада 2007 р.).

ЗМІСТ

стор.

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 5 |
| 1. Значення системи категорювання приміщень, будинків і зовнішніх установок у забезпеченні пожежної безпеки об'єктів..... | 6 |
| 2. Категорії приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою..... | 10 |
| 3. Методики розрахунку критеріїв вибухопожежної і пожежної безпеки приміщень..... | 15 |
| 3.1. Вибір та обґрунтування розрахункового варіанта..... | 15 |
| 3.2. Розрахунок надлишкового тиску вибуху для приміщень, в яких обертаються горючі гази, пари легкозаймистих і горючих рідин..... | 16 |
| 3.3. Розрахунок надлишкового тиску вибуху для приміщень, в яких обертаються горючий пил..... | 22 |
| 3.4. Розрахунок категорії приміщень за пожежною небезпекою..... | 25 |
| 4. Категорії будинків та окремих протипожежних відсіків за вибухопожежною і пожежною небезпекою..... | 28 |
| 5. Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою..... | 30 |
| 6. Методики розрахунку значень критеріїв вибухопожежної і пожежної безпеки зовнішніх установок..... | 33 |
| 6.1. Вибір та обґрунтування розрахункового варіанта..... | 33 |
| 6.2. Розрахунок значень критеріїв вибухопожежної і пожежної безпеки для горючих газів і парів..... | 37 |
| 6.3. Розрахунок значень критеріїв пожежної безпеки для горючого пилу..... | 39 |
| 6.4. Метод розрахунку інтенсивності теплового випромінювання..... | 41 |
| 6.5. Розрахункове визначення значення коефіцієнта Z участі горючих газів і парів ненагрітих легкозаймистих рідин у вибуху..... | 45 |
| 7. Категорювання будівель і приміщень підприємств Міністерства сільського господарства та продовольства України..... | 50 |

| | |
|--|----|
| 8. Приклади розрахунку категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою..... | 52 |
| 8.1. Розрахунок категорії приміщення з горючими газами..... | 52 |
| 8.2. Розрахунок категорії приміщення з легкозаймистими і горючими рідинами..... | 58 |
| 8.3. Розрахунок категорії приміщення з горючим пилом..... | 66 |
| 8.4. Розрахунок категорії зовнішньої установки..... | 74 |
| 8.5. Розрахунок категорії будинку..... | 77 |
| 8.6. Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання при пожежі розливів ЛЗР і ГР та „вогняної кулі”..... | 78 |
| 8.7. Розрахунок надлишкового тиску та імпульсу хвилі при згорянні суміші горючих газів і парів з повітряму відкритому просторі..... | 82 |
| 8.8. Розрахунок горизонтальних розмірів зон, що обмежують газо- і пароповітряні суміші з концентрацією горючої речовини вище НКМПП | 83 |
| 9. Основні терміни та визначення..... | 84 |
| 10. Перелік запитань та завдань..... | 86 |
| Література..... | 89 |

ВСТУП

Прийнята в Україні система категорювання виробничих приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою визначає комплекс пожежно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення людей і збереження матеріальних цінностей. Встановлення тієї або іншої категорії формує протипожежні вимоги до планування і забудови території промислових підприємств, поверховості виробничих будівель, вогнестійкості будівельних конструкцій, величини площ пожежних відсіків, розташування і протяжності шляхів евакуації, застосування легкоскидних конструкцій, протипожежного інженерного обладнання тощо. Приведений перелік заходів свідчить про важливість правильного визначення категорії, оскільки помилки в цій області на багато років вперед визначають недостатність або надмірність заходів щодо запобігання пожеж і протипожежного захисту.

На даний час методика визначення категорій приміщень, будинків (або частин будинків в межах протипожежних відсіків) виробничого та складського призначення та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою визначається згідно з НАПБ Б.03.000-00 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» в залежності від кількості і властивостей речовин та матеріалів, які в них знаходяться, з урахуванням особливостей технологічних процесів розташованих в них виробництв та об'ємно-планувальних рішень, наявності технічних засобів, що запобігають аварійним ситуаціям.

Вказані норми не поширюються на приміщення і будинки для виробництва та зберігання вибухових речовин, будинки і споруди, що проектується за спеціальними нормами і правилами, зовнішні установки для виробництва і зберігання вибухових речовин.

1. ЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ КАТЕГОРУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ, БУДИНКІВ І ЗОВНІШНІХ УСТАНОВОК В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ

Згідно з ДБН В.1.1-7-2002: категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою будинку чи приміщення – класифікаційна характеристика вибухопожежної та пожежної небезпеки будинку чи приміщення, що визначається кількістю та вибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

Категорії приміщень і будинків підвідомчих підприємств і закладів визначаються міністерствами і відомствами, а також технологіями проектних організацій на стадії проектування будинків і споруд у відповідності з НАПБ Б.03.000-00 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», відомчими нормами технологічного проектування чи спеціальними нормами, що затверджені у встановленому порядку.

Категорії будинків і приміщень встановлюються в технологічній частині проекту.

Категорії, а також клас зони (за ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок») позначають на входних дверях до приміщення, а також у межах зон усередині приміщень та зовні, що вказується в Правилах пожежної безпеки (*п. 4.2.7. Для всіх будівель та приміщень виробничого, складського призначення і лабораторій повинна бути визначена категорія щодо вибухопожежної та пожежної небезпеки ..., а також клас зони, у тому числі для зовнішніх виробничих і складських дільниць, які необхідно позначати на входних дверях до приміщення, а також у межах зон усередині приміщень та зовні*).

Регламентация виробничих приміщень і будинків на категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою базується на оцінці вибухопожежонебезпеки застосовуваних технологічних процесів. Відомі два підходи в оцінці вибухопожежонебезпеки технологічних процесів: ймовірністний і детермінований.

Ймовірністний підхід базується на розрахунку можливості досягнення певного рівня вибухопожежонебезпеки об'єкта. Прикладом такого підходу є положення ГОСТ 12.1.004-91 "Пожарная

безпеку" у якому, на підставі заданого рівня вибухопожежонебезпеки регламентується рівень пожежної безпеки об'єкта, тобто рівень систем запобігання пожежі і протипожежного захисту, що у сукупності повинні виключати вплив на людей небезпечних чинників пожежі. Можливість впливу зазначених чинників не повинна перевищувати нормативну, що дорівнює 10^{-6} в рік у розрахунку на кожну людину, можливість виникнення пожежі також не повинна перевищувати 10^{-6} в рік в одиничному виробі.

Оскільки, вибухопожежонебезпека будь-якого об'єкта визначається вибухопожежонебезпекою його складових частин (технологічних апаратів, установок, приміщень) дана система оцінки не знайшла застосування в практиці визначення рівня безпеки об'єкта через "громіздрість".

Детермінований метод базується на певній кількісній диференціації приміщень і будинків на категорії.

Методи категорювання приміщень і будинків за вибухопожежною пожежною небезпекою з часу їх початкового введення в 1939 р. постійно розвиваються і удосконалюються. Нормативи, розроблені в 1939 р. (ОСТ 90 015-39 «Общесоюзные нормы строительного проектирования промышленных предприятий»), враховували деякі пожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів (агрегатний стан, горючість, температуру спалаху) і деякі особливості технологічних процесів. Незважаючи на наближеність такого підходу, введення системи категорювання було позитивним.

Перша спроба удосконалення методики категорювання була здійснена в 1952 р. при виданні Н 102-51 «Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест». У цих нормах шляхом введення нової характеристики пожежної безпеки – нижньої концентраційної межі поширення полум'я – більш повно враховувалися пожежонебезпечні властивості речовин. Це давало можливість більш диференційовано підійти до оцінки пожежної безпеки виробничих приміщень. Аналогічний підхід реалізований і в нормативному документі 1962 р. (СНиП II-М. 2-62 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования»).

Зазначені вище нормативні документи, хоча і враховували найбільш важливі показники вибухопожежонебезпеки речовин, що знаходяться у виробництві, практично не містили кількісних критеріїв

рівня небезпеки виробничих приміщень. У зв'язку з тим, за формальними ознаками приміщення, у яких знаходилися горючі речовини у незначній кількості, повинні були відноситися до вибухопожежонебезпечних і пожежонебезпечних категорій А, Б, В. Виняток було зроблено лише для електророзподільних пристроїв із вимикачами і апаратурою, що містить не більш ніж 60 кг масла в одиниці обладнання.

Безумовним кроком вперед було створення у 1972 р. норм СНиП II-М. 2-72 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования», у яких був введений кількісний критерій вибухопожежонебезпеки виробництв. Виробництво відносилось до вибухопожежонебезпечних категорій А або Б, якщо кількість горючих речовин, що виходять у результаті аварії в приміщення, здатні утворити вибухонебезпечну суміш із повітрям в об'ємі, що перевищує 5% вільного об'єму приміщення. Це давало можливість не відносити до вибухопожежонебезпечних виробництва, у яких знаходилися горючі гази, пари і пил у невеликій кількості. Була знижена з 120°C до 61°C величина температури спалаху рідин, що поділяє вибухопожежонебезпечну (Б) і пожежонебезпечну (В) категорії.

Черговий перегляд будівельних норм і правил відбувся в 1981р. (СНиП II-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования») і не супроводжувався істотними змінами в системі категорювання. Водночас, у результаті наукових досліджень, що проводилися, і на основі практики використання нормативних документів виявилася необхідність удосконалення категорювання. Було встановлено, що при згорянні однакових локальних вибухонебезпечних об'ємів різних речовин, величини яких розраховувалися у відповідності зі СНиП II-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования» і СН 463-74 «Указаниями по определению категорий производств по взрыво-, взрывопожарной и пожарной безопасности», надлишковий тиск вибуху може відрізнятись в два і більше разів і, таким чином, впливи вибуху на будівельні конструкції будуть зовсім різними. Вивчення вибухопожежонебезпеки промислового пилу показало, що аерозолі речовин із НКМПП, що перевищує $65 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$, найчастіше є не менш небезпечними, ніж аерозолі речовин із НКМРП менш ніж $65 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Крім того, було встановлено, що не вся маса

горючих газів, парів і пилу, що виходять в об'єм виробничих приміщень, бере участь у вибуху.

Найбільше важливим положенням прийнятого у 1986р. нормативного документа з категорювання ОНТП 24-86 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» було використання в якості критерію вибухопожежної небезпеки розрахункового надлишкового тиску вибуху ΔP локальних вибухонебезпечних газо-, паро- або пилоповітряних сумішей, що утворюються в об'ємі виробничих приміщень у результаті нормальної роботи технологічного обладнання або аварійної ситуації. Величина ΔP , на відміну від локального вибухонебезпечного об'єму, вказує, наскільки велика небезпека вибуху. Співставляючи розрахункове значення ΔP з допустимою величиною, яка встановлена з умови безпеки людей, незруйнованості основних будівельних конструкцій і технологічного устаткування, можна однозначно визначити, чи є приміщення вибухопожежонебезпечним, чи тільки пожежонебезпечним. У якості допустимої величини надлишкового тиску прийнято значення 5 кПа. За даними результатів численних досліджень, цей тиск не призводить до руйнування основних будівельних конструкцій, технологічного обладнання і є безпечний для людини. Для порівняння при тиску в діапазоні 5,9...8,3 кПа ураження людини можливе тільки осколками скла й іншими уламками, вказується у нормах США (1980 р.), а при тиску в ударній хвилі 16 кПа відбувається тимчасова втрата слуху.

Проте, незважаючи на свої безсумнівні переваги, у ОНТП 24-86 були і певні недоліки, основними з яких є відсутність кількісної оцінки пожежної небезпеки приміщень, яка б враховувала пожежне навантаження у приміщеннях категорії В, відсутність методики визначення категорії для зовнішніх установок; не передбачається віднесення приміщень, в яких обертаються легкозаймисті рідини і розрахунковий надлишковий тиск вибуху не перевищує 5 кПа, до пожежонебезпечних; не враховується те, що під час визначення надлишкового тиску вибуху у приміщеннях, де обертається горючий пил, у разі аварії у вибуху приймає участь не весь горючий пил, а лише дрібні частки пилу, розмір яких менше критичного; категорії будинків визначаються залежно від площі приміщень певної категорії, що є некоректним з огляду на те, що в розрахунках враховується об'єм приміщення, а не його площа; а також трудомісткість при визначенні окремих показників при розрахунку ΔP .

Усунення зазначених недоліків призвело до створення нового нормативного документа з категорювання – НАПБ Б.03.000-00 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», який чинний на даний час в Україні.

2. КАТЕГОРІЇ ПРИМІЩЕНЬ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ І ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

НАПБ Б.03.000-00 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» встановлює п'ять категорій приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою:

- категорії А і Б – вибухопожежонебезпечні, ознакою яких є наявність в аналізованих об'єктах речовин, здатних вибухати і горіти з розрахунковим надлишковим тиском вибуху більшим ніж 5 кПа;
- категорія В – пожежонебезпечна, характеризується наявністю горючих матеріалів і речовин, здатних тільки горіти;
- категорія Г – характеризується відсутністю горючих матеріалів, але застосуванням високих температур;
- категорія Д – не пожежонебезпечна, пов'язана з застосуванням негорючих матеріалів у холодному стані.

Категорії вибухопожежної і пожежної небезпеки приміщень визначають для найбільш несприятливого з точки зору пожежі чи вибуху періоду, виходячи з виду горючих речовин і матеріалів, що знаходяться в апаратах, їх кількості і пожежонебезпечних властивостей, особливостей технологічних процесів.

Визначення пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів здійснюється на основі результатів випробувань чи розрахунків за стандартними методиками з врахуванням параметрів стану (тиску, температури тощо). Допускається використання довідкових даних, які опубліковані головними науково-дослідними організаціями в області пожежної безпеки. Також допускається використання показників пожежної безпеки для сумішей речовин і матеріалів за найбільш небезпечним компонентом.

При класифікації виробничих приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою враховується:

- агрегатний стан речовин і матеріалів, що застосовуються;

- вибухопожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів (максимальний тиск вибуху (P_{\max}) при стехіометричній концентрації горючих речовин у повітрі ($C_{ст}$), теплота згоряння (H_r), температура спалаху ($t_{сп}$) ЛЗР);

- реальні умови проведення технологічного процесу (тиск, температура, енергетичний потенціал вибухопожежонебезпеки технологічного блоку тощо) для прогнозування найбільш несприятливого варіанту аварійної ситуації, при якому в приміщення може надійти найбільша кількість найбільш вибухопожежонебезпечної речовини;

- наявність технічних засобів контролю і захисту від утворення вибухонебезпечних концентрацій на випадок розгерметизації технологічного обладнання (сигналізатори довибухонебезпечних концентрацій, аварійна вентиляція, швидкодіючі системи відключення пошкодженого апарата, технічні заходи для обмеження площі розливу рідини, аварійний злив рідини, аварійний викид газу тощо);

- реальні умови утворення зон вибухонебезпечних концентрацій;

- можливість виникнення джерела запалювання (приймається, що при аварійній ситуації вона дорівнює одиниці);

- надлишковий тиск вибуху ΔP при займанні локального скупчення горючої суміші (він визначається з урахуванням процесу горіння і негерметичності приміщення);

- стійкість конструкцій будинку до надлишкового тиску вибуху.

Відповідно до НАПБ Б.03.000-00 виробничі приміщення за вибухопожежною і пожежною безпекою приймаються згідно з табл.1.

Таблиця 1.

Класифікація приміщень за вибухопожежною і пожежною
небезпекою

| Категорія приміщення | Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні |
|---|---|
| 1 | 2 |
| А вибухо-пожежо-небезпечна | Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа. |
| Б вибухо-пожежо-небезпечна | Горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини із температурою спалаху більше 28°C, горючі рідини у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. |
| В пожежо-небезпечна | Горючі гази, легкозаймисті, горючі і важкогорючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, речовини і матеріали, за умови, що приміщення, у яких вони є в знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питоме пожежне навантаження для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна перевищує 180 МДж/м ² . |

| 1 | 2 |
|---|---|
| Г | Негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо. |
| Д | Речовини і матеріали, що вказані вище для категорій приміщень А, Б, В (крім горючих газів) у такій кількості, що їх питоме пожежне навантаження для твердих і рідких горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна не перевищує 180 МДж/м ² , а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані, за умови, що приміщення, в яких знаходяться (обертаються) вищевказані речовини і матеріали, не відносяться до категорій А, Б і В. |

Примітка 1. Площа окремих ділянок для твердих і рідких важкогорючих, горючих та легкозаймистих речовин, що утворюють пожежне навантаження, визначають за розмірами проекції їх площі розміщення (складування), а також площі розливу під час розрахункових аварій на горизонтальну поверхню підлоги.

Примітка 2. Приміщення відноситься до категорії В, якщо його площа менше або дорівнює 10 м² і в ньому знаходяться (обертаються) горючі матеріали і речовини, що утворюють пожежне навантаження, за умови, що приміщення не відноситься до категорії А і .

Приклади приміщень категорії А – цехи фарбування виробів нітрофарбами, склади карбіду кальцію, воднева і ацетиленова станції. До категорії Б, як правило, належать вибійні і розмелювальні відділення млинів, цехи отримання уайт-спіриту, сховища гасу. Трикотажні і столярні цехи, трансформаторні, майстерні, приміщення зберігання автомобілів відносять до категорії В. Прикладами приміщень категорії Г є ливарні та інструментальні цехи, кузні, котельні. Водонасосні станції, цехи виготовлення залізобетонних виробів, склади інертних газів належать до категорії Д.

Визначення категорій приміщень здійснюється шляхом послідовної перевірки приналежності приміщення до категорії від вищої (А) до нижчої (Д).

Послідовність визначення категорій приміщень полягає у виконанні таких етапів:

1. Вивчення:

- характеристики приміщення;
- запроєктованих технічних засобів протипожежного захисту;
- технологічного процесу виробництва.

2. Вибір розрахункового варіанта розгерметизації технологічного блоку.

3. Збір і підготовка вихідних даних для розрахунку.

4. Розрахунок кількісних параметрів вибухопожежонебезпеки аварійної ситуації:

- прогнозування надходження в приміщення вибухопожежонебезпечних речовин при розгерметизації технологічного обладнання;

- нормування розмірів зон вибухонебезпечних концентрацій;
- визначення надлишкового тиску вибуху.

5. Перевірка приналежності приміщення від вищої категорії до нижчої.

6. Дослідження ефективності технічних заходів, що дають можливість зменшити рівень вибухопожежонебезпеки приміщення.

3. МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ВИБУХУ В ПРИМІЩЕННЯХ

3.1. Вибір та обґрунтування розрахункового варіанту

При розрахунку значень критеріїв вибухопожежної небезпеки в якості розрахункового необхідно вибирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, при якому у вибуху приймає участь найбільша кількість речовин або матеріалів, найбільш небезпечних з точки зору наслідків вибуху.

Кількість речовин, які надійшли в приміщення, і які можуть утворювати вибухонебезпечні газоповітряні або пароповітряні суміші, визначається із наступних передумов:

- а) відбувається аварія одного з апаратів;
- б) все, що міститься в апараті, надходить в приміщення;
- в) відбувається одночасно витікання речовин з трубопроводів, які живлять апарат по прямому і зворотному потоках протягом часу, необхідного для відключення трубопроводів.

Розрахунковий час відключення трубопроводів визначається у кожному конкретному випадку, виходячи з реальних умов, і повинен бути мінімальним з врахуванням паспортних даних на запірні пристрої, характеру технологічного процесу і виду розрахункової аварії.

Розрахунковий час від'єднання трубопроводів слід приймати рівним:

- часу спрацювання системи автоматики від'єднання трубопроводів згідно паспортним даним установки, якщо ймовірність відмови системи автоматики не перевищує 0,000001 в рік чи забезпечене резервування її елементів (але не більше 3 с);

- 120 с, якщо ймовірність відмови системи автоматики перевищує 0,000001 в рік і не забезпечене резервування її елементів;

- 300 с при ручному відключенні.

г) відбувається випаровування з поверхні рідини, яка розлилась; площа випаровування при розливі на підлогу (при відсутності довідкових даних) визначається, виходячи із розрахунку, що 1 л суміші і розчинів, які містять 70% і менше (за масою) розчинників, розливаються на площу 0,5м², а інші рідини – на 1м² підлоги приміщення);

д) відбувається випаровування рідини з ємностей, які експлуатуються з відкритою поверхнею рідини і з свіжопофарбованих поверхонь;

е) тривалість випаровування рідин приймається рівною часу її повного випаровування, але не більше 3600 с.

Кількість пилу, який може утворювати вибухонебезпечну суміш, визначається із наступних передумов:

а) перед аварією відбулося нагромадження пилу у виробничому приміщенні, яке здійснювалося в умовах нормального режиму роботи (наприклад, пилоутворення за рахунок негерметичності виробничого обладнання);

б) в момент аварії відбулася планова або раптова розгерметизація одного із технологічних апаратів, в результаті якої весь пил з апарату потрапив до приміщення.

Вільний об'єм приміщення визначається, як різниця між об'ємом приміщення та об'ємом, який займає технологічне обладнання. Якщо вільний об'єм приміщення визначити неможливо, то допускається приймати його умовно рівним 80% герметичного об'єму приміщення.

3.2. Розрахунок надлишкового тиску для горючих газів, парів ЛЗР і ГР

Розрахунок надлишкового тиску для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F

Надлишковий тиск вибуху (ΔP) для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_g \cdot \rho_{r,n}} \cdot \frac{100}{C_{cm}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (1)$$

де: P_{max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші в замкнутому об'ємі, визначається експериментально або з довідника. При відсутності даних допускається приймати тиск $P_{max} = 900$ кПа;

- P_0 – початковий тиск; допускається приймати рівним 101 кПа;
- m – маса горючого газу або парів легкозаймистих чи горючих рідин, які надійшли в приміщення при аварії, кг; для горючих газів обчислюється за формулою (6), для ЛЗР чи ГР – за формулою (11);
- V_g – вільний об'єм приміщення, м³;

• $\rho_{r, n}$ – густина газу або парів при розрахунковій температурі t_p , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$, що визначається за формулою:

$$\rho_{r, n} = \frac{M}{V_o (1 + 0,00367 \cdot t_p)},$$

де: M – молярна маса, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$; V_o – мольний об'єм, що дорівнює $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$; t_p – розрахункова температура, $^{\circ}\text{C}$;

• C_{cm} – стехіометрична концентрація горючих газів або парів легкозаймистих чи горючих рідин, % об.;

• K_n – коефіцієнт, який враховує негерметичність приміщення і неадіабатичність процесу горіння. Допускається приймати $K_n=3$;

• Z – коефіцієнт участі горючого у вибуху (приймається за таблицею 2).

Таблиця 2

Значення коефіцієнта (Z) участі горючих газів або парів ЛЗР і ГР у вибуху

| Вид горючої речовини | Значення Z |
|---|--------------|
| Водень | 1,0 |
| Горючі гази (крім водню) | 0,5 |
| Легкозаймисті і горючі рідини, які нагріті до температури спалаху та вище | 0,3 |
| Легкозаймисті і горючі рідини, які нагріті нижче температури спалаху, при наявності можливості утворення аерозоля | 0,3 |
| Легкозаймисті і горючі рідини, які нагріті нижче температури спалаху, при відсутності можливості утворення аерозоля | 0 |

Визначаємо стехіометричну концентрацію горючого газу, легкозаймистих та горючих рідин, % об.:

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (2)$$

де: β – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння. Визначається за формулою:

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}, \quad (3)$$

де: n_c , n_n , n_o , n_x – число атомів С, Н, О і галоїдів в молекулі горючого.

Розрахунок надлишкового тиску для індивідуальних горючих речовин, до складу яких не входять з атоми С, Н, О, N, Br, I, F

Надлишковий тиск вибуху ΔP (кПа) для індивідуальних речовин, до складу яких не входять атоми С, Н, О, Cl, N, Br, I, F, а також для їх сумішей:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_v \cdot \rho_n \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (4)$$

де:

- m – маса горючого газу або парів легкозаймистих чи горючих рідин (або їх сумішей), які надійшли в приміщення при аварії, кг;
- H_m – теплота згоряння речовини, кДж/кг;
- P_0 – початковий тиск, допускається приймати рівним 101 кПа;
- Z – коефіцієнт участі горючого у вибуху;
- V_v – вільний об'єм приміщення, м³;
- ρ_n – густина повітря до вибуху при початковій температурі, кг/м³;
- C_p – теплоємність повітря; допускається приймати 1010 Дж/кг · К.
- T_0 – початкова температура повітря, К;
- K_n – коефіцієнт негерметичності приміщення; $K_n=3$.

У випадку обертання в приміщенні горючих газів, легкозаймистих чи горючих рідин при визначенні значення маси (m), що входить у формулу (1), допускається враховувати роботу аварійної вентиляції, якщо вона забезпечена резервними вентиляторами, автоматичним пуском при перевищенні гранично допустимої вибухобезпечної концентрації і електропостачання за першою категорією надійності при умові розташування пристроїв для

вилучення повітря з приміщення безпосередньо від місця можливої розрахункової аварії.

При цьому масу (m) горючих газів, парів легкозаймистих чи горючих рідин, нагрітих до температури спалаху і вище, що надійшли в приміщення, необхідно розділити на коефіцієнт K , що визначається за формулою:

$$K = A \cdot T + 1, \quad (5)$$

де:

- A – кратність повітрообміну, що створюється аварійною вентиляцією, с^{-1} ;
- T – тривалість надходження горючих газів і парів ЛЗР чи ГР в приміщення, с .

Масу газу m (кг), яка надійшла в приміщення, визначають за формулою:

$$m = (V_a + V_m) \cdot \rho_g, \quad (6)$$

де:

- ρ_g – густина газу, $\text{кг}/\text{м}^3$;
- V_a – об'єм газу, який вийшов з апарата, м^3 ;
- V_m – об'єм газу, який вийшов з трубопроводів, м^3 ;

Об'єм газу V_a (м^3), який вийшов з апарата визначається за формулою:

$$V_a = \frac{P_1}{P_o} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (7)$$

де:

- P_1 – тиск газу в апараті, кПа ;
- P_o – атмосферний тиск, що дорівнює $101,3 \text{ кПа}$;
- V – об'єм апарата, м^3 .

Об'єм газу V_T (м^3), який вийшов з трубопроводів, визначається за формулою:

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (8)$$

де:

- V_{1T} – об'єм газу, який вийшов з трубопроводу до його відключення, м^3 ;
- V_{2T} – об'єм газу, який вийшов з трубопроводу після його відключення, м^3 .

Об'єм газу V_{1T} (m^3), який вийшов з трубопроводу до його відключення, визначається за формулою:

$$V_{1T} = q \cdot \tau_{\text{відкл}}, \quad (9)$$

де:

- q – витрата газу, що визначається в залежності від тиску в трубопроводі, його діаметра, температури газового середовища тощо, m^3/c ;

- $\tau_{\text{відкл}}$ – час відключення, с.

Об'єм газу V_{2T} (m^3), який вийшов з трубопроводу після його відключення, визначається за формулою:

$$\begin{aligned} V_{2T} &= \pi \frac{P_2}{P_o} \cdot (R_1^2 \cdot l_1 + R_2^2 \cdot l_2 + \dots + R_n^2 \cdot l_n) = \\ &= 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (R_1^2 \cdot l_1 + R_2^2 \cdot l_2 + \dots + R_n^2 \cdot l_n), \end{aligned} \quad (10)$$

де:

- P_2 – максимальний тиск в трубопроводі за технологічним регламентом, кПа;

- P_o – атмосферний тиск, що дорівнює 101,3 кПа;

- R_1, R_2, \dots, R_n – внутрішній радіус трубопроводів, м;

- l_1, l_2, \dots, l_n – довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м.

Масу парів легкозаймистих чи горючих рідин m (кг), які надійшли в приміщення, визначають за формулою:

$$m = m_p + m_{\text{смк.}} + m_{\text{пов.}}, \quad (11)$$

де:

- m_p – маса рідини, яка випарувалась з поверхні розливу, кг;

- $m_{\text{смк.}}$ – маса рідини, яка випарувалась з поверхні відкритої ємності, кг;

- $m_{\text{пов.}}$ – маса рідини, яка випарувалась з пофарбованої поверхні, кг.

Кожен з доданків у формулі (11) визначається за формулою:

$$m = W \cdot F \cdot T, \quad (12)$$

де:

- F – площа випаровування, m^2 ;

- T – тривалість надходження горючих газів, парів ЛЗР чи ГР в приміщення, с;

- W – інтенсивність випаровування, $кг \cdot с^{-1} \cdot м^{-2}$; інтенсивність випаровування W визначається за довідковими і експериментальними даними. Для легкозаймистих рідин, які не нагріті вище температури навколишнього середовища, при відсутності даних допускається розраховувати W за формулою:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_H, \quad кг \cdot с^{-1} \cdot м^{-2}, \quad (13)$$

де:

- M – молекулярна маса, $г \cdot моль^{-1}$;
- P_H – тиск насичених парів при розрахунковій температурі рідини t_p , кПа; визначається за довідниковими даними або за

формулою: $P_H = 0,133 \cdot 10^{\frac{A-B}{C_a+t_p}}$,

де: A, B, C_a – константи Антуана (довідникові дані);

- η – коефіцієнт, що залежить від швидкості і температури повітряного потоку над поверхнею випаровування, приймається за таблицю 3.

Таблиця 3

Значення коефіцієнта η в залежності від швидкості повітряного потоку і температури в приміщенні

| Швидкість повітряного потоку в приміщенні, м/с | Значення коефіцієнта η при температурі t (°C) повітря в приміщенні | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 15 | 20 | 30 | 35 |
| 0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 0,1 | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 1,8 | 1,6 |
| 0,2 | 4,6 | 3,8 | 3,5 | 2,4 | 2,3 |
| 0,5 | 6,6 | 5,7 | 5,4 | 3,6 | 3,2 |
| 1,0 | 10,0 | 8,7 | 7,7 | 5,6 | 4,6 |

3.3. Розрахунок надлишкового тиску вибуху для приміщень, в яких обертається горючий пил

Надлишковий тиск вибуху ΔP (кПа) для приміщень, де обертається горючий пил, визначається за формулою:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot m_0 \cdot Z}{V_v \cdot \rho_n \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (14)$$

де:

- m – маса пилу, кг;
- H_T – теплота горіння речовини, кДж/кг; визначається з довідника;

- P_0 – початковий тиск, кПа;

- Z – коефіцієнт, що враховує частку участі завислого горючого пилу у вибуху розраховується за формулою: $Z = 0,5 \cdot F$, де F – масова частка частинок пилу розміром менше критичного. З перевищенням критичного розміру частинок пилу аерозоль стає вибухобезпечним. При відсутності експериментальних даних допускається приймати $Z = 0,5$;

- V_v – вільний об'єм приміщення, м³;

- ρ_n – густина повітря при початковій температурі, кг/м³;

- C_p – теплоємність повітря; допускається приймати 1010 Дж/кг · К.

- T_0 – початкова температура повітря, К;

- K_n – коефіцієнт негерметичності приміщення; $K_n=3$.

Розрахункова маса завислого пилу m (кг), що утворився в результаті аварійної ситуації визначається за формулою:

$$m = m_{зв} + m_{ав}, \quad (15)$$

де:

- $m_{зв}$ – розрахункова маса звихреного пилу, кг;

- $m_{ав}$ – розрахункова маса пилу, який надійшов в приміщення в результаті аварійної ситуації, кг;

Розрахункова маса $m_{зв}$ (кг) звихреного пилу визначається за формулою:

$$m_{зв} = K_{зв} \cdot m_n, \quad (16)$$

де:

• $K_{зв}$ – частка відкладеного в приміщенні пилу, який здатний перейти в завислий стан в результаті аварійної ситуації; при відсутності експериментальних даних допускається приймати $K_{зв}=0,9$;

• $m_{п}$ – маса пилу, який знаходився в приміщенні до аварії, кг.

Розрахункова маса пилу $m_{ав}$ (кг), який надійшов в приміщення в результаті аварійної ситуації, визначається за формулою:

$$m_{ав} = (m_{ап} + q \cdot T) \cdot K_{п}, \quad (17)$$

де:

• $m_{ап}$ – маса горючого пилу, який надійшов в приміщення з апарата, кг;

• q – продуктивність, з якою надходить пил в аварійний апарат трубопроводами до моменту його відключення, $кг \cdot с^{-1}$;

• T – час відключення, с;

• $K_{п}$ – коефіцієнт пиління, що є відношенням маси завислого у повітрі пилу, до маси всього пилу, що надійшов з апарата в приміщення. При відсутності експериментальних даних про величину $K_{п}$ приймають для пилу з дисперсністю не менше 350 мкм – $K_{п} = 0,5$; для пилу з дисперсністю менше 350 мкм – $K_{п} = 1,0$.

Маса пилу $m_{п}$ (кг), який відклався до моменту аварії, визначається за формулою:

$$m_{п} = K_{Г} \cdot (1 - K_{п}) \cdot (m_1 + m_2), \quad (18)$$

де:

• $K_{Г}$ – частка горючого пилу в загальній масі відкладень пилу, кг;

• $K_{п}$ – коефіцієнт ефективності пилоприбирання. Для ручного сухого прибирання – 0,6; для вологого – 0,7; для механізованого вакуумного: підлога рівна – 0,9; підлога з вибоїнами (до 5 % площі) – 0,7.

• m_1 – маса пилу, який осідає на важкодоступні для прибирання поверхні в приміщеннях за період часу між генеральними прибираннями, кг;

• m_2 – маса пилу, який осідає на доступних для прибирання поверхні в приміщеннях за період часу між поточними прибираннями, кг.

Важкодоступними для прибирання площами вважають такі поверхні у виробничих приміщеннях, очищення яких здійснюється

тільки при генеральних пилоприбираннях. Доступними для прибирання місцями вважають поверхні, пил з яких вилучають в процесі поточних пилоприбирань (щозмінно, щодобово тощо).

Маса пилу m_i ($i=1,2$) (кг), яка осідає на різних поверхнях в приміщенні за міжприбиральний період, визначається за формулою:

$$m_i = M_i \cdot (1-\alpha) \cdot \beta_i, \quad (i=1,2), \quad (19)$$

де:

- $M_1 = \sum_j M_{1j}$ – маса пилу, який надходить в приміщення за

період часу між генеральними пилоприбираннями, кг;

- M_{1j} – маса пилу, що виходить з одиниці обладнання за вказаний період, кг;

- $M_2 = \sum_j M_{2j}$ – маса пилу, який надходить в приміщення за

період часу між поточними пилоприбираннями, кг;

- M_{2j} – маса пилу, що виділяється одиницею обладнання за вказаний період, кг;

- α – частка пилу, який вилучається витяжними вентиляційними системами; при відсутності експериментальних даних про величину α приймають $\alpha=0$;

- β_i – частка пилу, який виділяється в об'єм приміщення та осідає на доступних та важкодоступних місцях ($\beta_1 = 1, \beta_2 = 0, \beta_1 + \beta_2 = 1$).

Маса пилу M_{1j} (кг), що виходить з одиниці обладнання за вказаний період, обчислюється за формулою:

$$M_{1j} = V_{др} \cdot \rho_{др}, \quad (20)$$

де:

- $V_{др}$ – об'єм деревини, яка переходить у пил, м³;
- $\rho_{др}$ – густина деревини, кг/м³.

$$m_2 = M_2 (1-\alpha) \beta_2, \quad (21)$$

де: $M_2 = \sum M_{2i}$ – маса пилу, яка виділяється в приміщенні за місяць роботи.

Маса горючого пилу $m_{ап}$ (кг), яка виходить в приміщення з апарату, кг;

$$m_{ав} = (m_{ан} + g \cdot \tau) \cdot K_r, \quad (22)$$

де:

- g – продуктивність подачі пилу у верстат, до моменту їх відключень, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$;
- τ – час відключення верстату, с;
- K_r – коефіцієнт пиління; $K_r = 0,5$.

$$m_{ан} = \frac{M_{1j}}{n_{ан} \cdot 3600} \cdot 0,25, \quad (23)$$

Визначення надлишкового тиску вибуху для речовин і матеріалів, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним

Розрахунковий надлишковий тиск вибуху (ΔP) для речовин і матеріалів, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним визначається за приведеною вище методикою, вважаючи що $z=1$ і приймаючи в якості величини H_r енергію, що виділяється при взаємодії (з врахуванням згоряння продуктів взаємодії до кінцевих сполук), чи експериментально в натурних випробуваннях. У випадку, коли визначити величину (ΔP) неможливо, слід приймати її більшу 5 кПа.

Визначення надлишкового тиску вибуху для вибухонебезпечних сумішей, що містять гази (пари) і пил

Розрахунковий надлишковий тиск вибуху ΔP (кПа) для складних вибухонебезпечних сумішей, що містять гази (пари) і пил, визначається за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (24)$$

де: ΔP_1 – тиск вибуху, що обчислюється для газу (пари), кПа;

- ΔP_2 – тиск вибуху, що обчислюється для пилу, кПа.

3.4. Розрахунок категорії приміщень за пожежною небезпекою

До пожежонебезпечної категорії В відносять приміщення, які не відносяться до категорій А і Б, і питоме пожежне навантаження для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 кожна перевищує 180 МДж/м^2 .

Під час розрахунку категорії приміщення за пожежною небезпекою вибирають варіант, коли за технологічним процесом у приміщенні знаходиться (обертається) найбільша кількість горючих речовин і матеріалів, якій відповідає найбільше пожежне навантаження.

Величина пожежного навантаження, до матеріалів якого входять різні речовини (суміші) горючих, важкогорючих рідин, твердих горючих і важкогорючих речовин та матеріалів у межах пожежонебезпечної ділянки, визначають за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_i^p, \quad (25)$$

де: G_i – кількість i -го матеріалу з пожежного навантаження, кг;

Q_i^p – нижня теплота згоряння i -го матеріалу з пожежного навантаження, МДж/кг.

Питоме пожежне навантаження, МДж/м², визначають із співвідношення: $q = \frac{Q}{S}, \quad (26)$

де: Q – пожежне навантаження, МДж; S – площа розміщення матеріалів пожежного навантаження, м² (не менш ніж 10 м²).

У приміщеннях категорії В відстань між ділянками з твердими горючими і важкогорючими матеріалами пожежного навантаження повинна бути не менше значень, що наведені у таблиці 4.

Таблиця 4.

Значення відстаней, $l_{гр1}$, залежно від величини критичної густини падаючих променистих потоків $q_{кр}$

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| $q_{кр},$ $кВт \cdot м^{-2}$ | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| $l_{гр1}, м$ | 12 | 8 | 6 | 5 | 4 | 3,8 | 3,2 | 2,8 |

Значення $q_{кр}$ для деяких матеріалів пожежного навантаження наведені у таблиці 5.

Таблиця 5.

Значення $q_{кр}$ для деяких матеріалів пожежного навантаження

| Матеріал | $q_{кр}, кВт \cdot м^{-2}$ |
|--|----------------------------|
| Деревина (сосна вологістю 12%) | 13,9 |
| Деревостружкові плити (питома вага 417 кг/м ³) | 8,3 |
| Торфобрикет | 13,2 |
| Торф кусковий | 9,8 |
| Бавовна-волокно | 7,5 |
| Шаруватий пластик | 15,4 |
| Склопластик | 15,3 |
| Пергамін | 17,4 |
| Гума | 14,8 |
| Вугілля | 35,0 |
| Рулонна покрівля | 17,4 |
| Сіно, солома (при мінімальній вологості до 8 %) | 7,0 |

Якщо матеріали пожежного навантаження складаються з різних матеріалів, то значення $q_{кр}$ визначають по матеріалу з мінімальним значенням $q_{кр}$. Для матеріалів пожежного навантаження з невідомими значеннями $q_{кр}$ значення відстаней приймають $l_{гр} \geq 12$ м. Якщо матеріали пожежного навантаження складаються з ЛЗР або ГР, відстань $l_{гр}$ між сусідніми ділянками розміщення (розливу) матеріалу пожежного навантаження визначають за формулами:

$$l_{гр} \geq 12 \text{ м} \quad \text{при} \quad H \geq 11, \quad l_{гр} \geq 26 - H \quad \text{при} \quad H < 11,$$

4. КАТЕГОРІЇ БУДИНКІВ ТА ОКРЕМИХ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ВІДСІКІВ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ І ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

За вибухопожежною та пожежною небезпекою будинки поділяють на категорії А, Б, В, Г та Д. В окремих випадках за вибухопожежною і пожежною небезпекою категоруються не весь будинок, а його протипожежні відсіки, які є частинами будинку та відокремлені один від одного протипожежною стіною по всій висоті та ширині (або довжині) будинку. При цьому такі протипожежні стіни повинні спиратися на фундаменти або фундаментні балки і перетинати всі конструкції та поверхи будинку.

Будинок категорії А

Будинок (протипожежний відсік) відноситься до категорії А, якщо у ньому сумарний об'єм приміщень категорії А перевищує 5% загального об'єму будинку (протипожежного відсіку).

Будинок категорії Б

Будинок (протипожежний відсік) відноситься до категорії Б, якщо одночасно виконуються дві умови:

а) будинок (протипожежний відсік) не відноситься до категорії А;

б) сумарний об'єм приміщень категорії А і Б перевищує 5% сумарного об'єму будинку або протипожежного відсіку.

Будинок категорії В

Будинок (протипожежний відсік) відноситься до категорії В, якщо одночасно виконуються дві умови:

а) будинок (протипожежний відсік) не відноситься до категорії А чи Б;

б) сумарний об'єм приміщень категорії А, Б і В перевищує 5% (10%, якщо в будинку відсутні приміщення категорій А і Б) сумарного об'єму будинку або протипожежного відсіку.

Будинок категорії Г

Будинок (протипожежний відсік) відноситься до категорії Г, якщо одночасно виконуються дві умови:

а) будинок (протипожежний відсік) не відноситься до категорії А, Б чи В;

б) сумарний об'єм приміщень категорії А, Б, В і Г перевищує 5 % об'єму будинку або протипожежного відсіку.

Будинок категорії Д

Будинок (протипожежний відсік) відноситься до категорії Д, якщо він не відноситься до категорії А, Б, В чи Г.

5. КАТЕГОРІЇ ЗОВНІШНІХ УСТАНОВОК ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ І ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

За вибухопожежною та пожежною небезпечкою зовнішні установки поділяють на категорії А_з, Б_з, В_з, Г_з та Д_з.

Категорії зовнішніх установок за пожежною небезпечкою приймають за таблицею 4.

Таблиця 4

Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпечкою

| Категорія зовнішньої установки | Критерії віднесення зовнішньої установки до тієї або іншої категорії за пожежною небезпечкою |
|---|---|
| 1 | 2 |
| А_з вибухо- пожежо- небез- печна | Установка відноситься до категорії А _з якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі гази; легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C; речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і /або один з одним. Горизонтальний розмір зони, що обмежує газо-пароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я (С _{НКМП}), перевищує 30 м (даний критерій застосовується тільки для горючих газів і парів) і/або розрахунковий надлишковий тиск у разі згоряння газо-, паро-повітряної суміші, речовин і/або матеріалів, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним на відстані 30 м від зовнішньої установки перевищує 5 кПа. |

| 1 | 2 |
|---|--|
| Б₃ вибухо- пожежо- небез- печна | Установка відноситься до категорії Б ₃ , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючий пи́л і/або волокна; легкозаймісті рідини з температурою спалаху більше 28°C; горючі рідини. Горизонтальний розмір зони, що обмежує пароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я ($C_{НКМП}$), перевищує 30 м (даний критерій застосовується тільки для горючих парів) і/або розрахунковий надлишковий тиск у разі згоряння газо-, паро- або пилоповітряної суміші на відстані 30 м від зовнішньої установки перевищує 5 кПа. |
| В₃ пожежо- небез- печна | Установка відноситься до категорії В ₃ , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі гази, легкозаймісті, горючі і/або важкогорючі рідини, горючі пи́л і волокна, тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали, а також речовини і/або матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти за умови, що установка не відноситься до категорій А ₃ , або Б ₃ . Інтенсивність теплового випромінювання від вогнища пожежі на відстані 30 м від зовнішньої установки перевищує 4 кВт·м ² . |
| Г₃ | Установка відноситься до категорії Г ₃ , якщо в ній знаходяться (обертаються) негорючі речовини і/або матеріали в гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і/або полум'я, а також горючі гази, рідини і/або тверді речовини, які спалюються або утилізуються в якості палива |
| Д₃ | Установка відноситься до категорії Д ₃ , якщо вона не відноситься до категорій А ₃ , Б ₃ , В ₃ , Г ₃ . |

Визначення категорій зовнішніх установок слід здійснювати шляхом послідовної перевірки їх належності до категорій, які наведені у таблиці 4 від вищої (А₃) до нижчої (Д₃). У таблиці 4 одними з критеріїв, за яким зовнішня установка відноситься

до певної категорії, є горизонтальний розмір зони, що обмежує газопароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я (НКМП), розрахунковий надлишковий тиск у разі загоряння газо-, паро- або пилоповітряної суміші та інтенсивність теплового випромінювання від осередку пожежі.

6. МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЗНАЧЕНЬ КРИТЕРІЇВ ВИБУХОПОЖЕЖНОЇ І ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗОВНІШНІХ УСТАНОВОК

6.1. Вибір та обґрунтування розрахункового варіанта

У якості розрахункового варіанту слід обирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, при якому у вибуху бере участь найбільша кількість найбільш небезпечних речовин чи матеріалів.

Кількість речовин, які надійшли, і які можуть утворювати горючі газоповітряні або пароповітряні суміші, визначається виходячи з наступних передумов:

- а) відбувається розрахункова аварія одного з апаратів;
- б) весь вміст апарата надходить до навколишнього простору;
- в) відбувається одночасно витік речовин із трубопроводів, які живлять апарат за прямим та зворотнім потоком протягом часу, який необхідний для перекривання трубопроводів.

Розрахунковий час перекривання трубопроводів визначається в кожному конкретному випадку, виходячи з реальної обстановки, і має бути мінімальним з урахуванням паспортних даних на запірні пристрої, характеру технологічного процесу та виду розрахункової аварії.

Розрахунковий час перекривання трубопроводів слід приймати рівним:

- часу спрацювання системи автоматики перекривання трубопроводів відповідно до паспортних даних установки, якщо забезпечується резервування її елементів;
- 120 с, якщо у системі автоматики не забезпечується резервування її елементів;
- 300 с, у разі ручного перекривання.

Не допускається використання технічних засобів для перекривання трубопроводів, для яких час перекривання перевищує наведені вище значення.

Під "часом спрацювання" і "часом перекривання" слід розуміти проміжок часу від початку можливого надходження горючої речовини з трубопроводу (перфорація, розрив, змінення номінального тиску тощо.) до повного припинення надходження газу або рідини назовні. Швидкодіючі клапани-відсікачі мають автоматично

перекривати подачу газу або рідини у разі порушення електропостачання.

г) відбувається випаровування з поверхні рідини, що розлилася; площа випаровування при розливі на горизонтальну поверхню визначається (у разі відсутності довідкових або інших експериментальних даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей і розчинів, що містять 70% і менше (по масі) розчинників, розливається на площі 0,1 м², а інших рідин – на 0,15 м²;

д) відбувається також випаровування рідин з ємкостей, які експлуатуються з відкритим дзеркалом рідини, та з свіжопофарбованих поверхонь;

є) тривалість випаровування рідини приймається рівною часу її повного випаровування, але не більше 3600 с.

Маса газу m , кг, що надійшов у навколишній простір під час розрахункової аварії, визначають за формулою:

$$m = (V_a + V_m) \cdot \rho_g, \quad (26)$$

де: V_a – об'єм газу, що вийшов з апарата, м³; V_m – об'єм газу, що вийшов з трубопровода, м³; ρ_g – густина газу, кг · м⁻³. При цьому:

$$V_a = \frac{P_i}{P_o} \cdot V = 0,01 \cdot P_i \cdot V \quad (27)$$

де: P_i – тиск в апараті, кПа; V – об'єм апарата, м³;

$$V_m = V_{1m} + V_{2m}, \quad (28)$$

де: V_{1m} – об'єм газу, що вийшов із трубопроводу до його перекидання, м³; V_{2m} – об'єм газу, що вийшов із трубопроводу після його перекидання, м³;

$$V_{1m} = q \cdot T, \quad (29)$$

де: q – витрати газу, які відповідно до технологічного регламенту залежать від тиску в трубопроводі, його діаметра, температури газового середовища тощо, м/с; T – час, які визначається за п. 9.1.1.2, с.

$$V_{2m} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n) \quad (30)$$

де: P_2 – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом, кПа; r – внутрішній радіус трубопроводів, м; L – довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувок, м.

Маса парів рідини m , кг, які надійшли у довкілля при наявності декількох джерел випаровування (поверхня розлитої рідини, поверхня зі свіжонанесеної рідини, відкриті ємкості тощо), визначається за формулою:

$$m = m_p + m_{\text{емк.}} + m_{\text{пов.}} + m_{\text{перег.}} \quad (31)$$

де: m_p – маса рідини, що випарувалася з поверхні розливу, кг; $m_{\text{емк.}}$ – маса рідини, що випарувалася з поверхонь відкритих ємкостей, кг; $m_{\text{пов.}}$ – маса рідини, що випарувалася з поверхонь, на які нанесена рідина, що застосовується, кг; $m_{\text{перег.}}$ – маса рідини, що випарувалася у довкілля простір у випадку її перегрівання, кг.

При цьому, кожен з складових у формулі (31) визначають з рівняння:

$$m = W \cdot F \cdot T \quad (32)$$

де: W – інтенсивність випаровування, $\text{кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$; F – площа випаровування, м^2 , що визначається відповідно до п. 9.1.1.2 залежно від маси рідини m , яка вийшла у навколишній простір; T – тривалість надходження парів легкозаймистих та горючих рідин до навколишнього простору, с.

Величину $m_{\text{перег.}}$ визначають за формулою (при $T_a > T_{\text{кин}}$):

$$m_{\text{перег.}} = \min \left\{ 0,8 \cdot m_{\text{II}}; \frac{2C_p \cdot (T_a - T_{\text{кин}})}{L_{\text{вин}}} \cdot m_n \right\} \quad (33)$$

де: m_{II} – маса перегрітої рідини, що вийшла назовні, кг; C_p – питома теплоємність рідини при температурі перегрівання рідини T_a , – $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; T_a – температура перегрітої рідини відповідно до технологічного регламенту в технологічному апараті або обладнанні, К; $T_{\text{кин}}$ – нормальна температура кипіння рідини, К; $L_{\text{еин}}$ – питома теплота випаровування рідини при температурі перегріву рідини T_a , $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Якщо аварійна ситуація пов'язана з можливим надходженням рідини у розпиленому стані, то вона має бути врахована у формулі (30) шляхом введення додаткової складової, що враховує загальну масу рідини, яка надійшла від пристроїв, що розпоршують, виходячи з тривалості їхньої роботи.

Масу m_{II} рідини, що вийшла, кг, визначають відповідно до п. 9.1.1.4.

Інтенсивність випаровування W визначають за довідковими та експериментальними даними. Для ненагрітих ЛЗР, у разі відсутності даних, допускається розраховувати W за формулою:

$$W = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_H, \quad (34)$$

де: M – молярна маса, г-моль⁻¹; P_H – тиск насиченої пари при розрахунковій температурі рідини, яка розрахована за довідковими даними відповідно до вимог п. 4.3, кПа.

Для скраплених вуглеводневих газів (СВГ), у разі відсутності даних допускається розраховувати питому масу випаруваного СВГ $m_{\text{свг}}$, з проливу, $\text{кг}/\text{м}^2$, за формулою:

$$m_{\text{свг}} = \frac{M}{L_{\text{еин}}} \cdot (T_0 - T_{\Gamma}) \cdot (2 \cdot \lambda_{\text{ТВ}} \cdot \sqrt{\frac{t}{\pi \cdot a}} + \frac{5,1 \cdot \sqrt{\text{Re} \cdot \lambda_6 \cdot t}}{d}) \quad (35)$$

де: M – молярна маса СВГ, $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$; $L_{\text{еин}}$ – мольна теплота випаровування СВГ при початковій температурі ЗВГ T_{Γ} , $\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1}$; T_0 – початкова температура матеріалу, на поверхню якого розливається СВГ, К; T_{Γ} – початкова температура СВГ, К; $\lambda_{\text{ТВ}}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, на поверхню якого розливається СВГ, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $a = \frac{\lambda_{\text{ТВ}}}{C_{\text{ТМ}} \cdot \rho_{\text{ТВ}}}$ – коефіцієнт

температуропровідності матеріалу, на поверхню якого розливається

СВГ, $m^2 \cdot c^{-1}$; C_{TM} – теплоємність матеріалу, на поверхню якого розливається СВГ, $Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$; ρ_{TB} – густина матеріалу, на поверхню якого розливається СВГ, $кг/м^3$; t – поточний час, с, який приймається рівним часу повного випаровування СВГ, але не більше 3600 с;

$Re = \frac{U \cdot d}{\nu}$ число Рейнольдса; U – швидкість повітряного потоку, $м/с$;

$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_6}{\pi}}$ – характерний розмір розливу СВГ, м; ν – кінематична

в'язкість повітря, $м^2/с$; λ_y – коефіцієнт теплопровідності повітря, $Дж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$.

Формула (30) справедлива для СВГ з температурою $T_g < T_{кин}$. При температурі СВГ $T_g > T_{кин}$ додатково розраховується маса перегрітих СВГ $m_{пер}$ за формулою (32).

6.2. Розрахунок значень критеріїв вибухопожежної і пожежної небезпеки для горючих газів і парів

6.2.1. Розрахунок горизонтальних розмірів зон, що обмежують газо- і пароповітряні суміші з концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я у разі аварійного надходження горючих газів і парів не нагрітих легкозаймистих рідин до відкритого простору

Горизонтальні розміри зони, м, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ($C_{НКМП}$), обчислюють за формулами:

- для горючих газів (ГГ):

$$R_{НКМП} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_G}{\rho_G \cdot C_{НКМП}} \right)^{0,333} \quad (36)$$

- для парів нагрітих легкозаймистих рідин (ЛЗР):

$$R_{НКМП} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКМП}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{II}}{\rho_{II} \cdot P_H} \right)^{0,333} \quad (37)$$

$$\rho_{Г,П} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} \quad (38)$$

де: m_G – маса ГГ, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг; ρ_e – густина ГГ при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, кг/м³; $m_{П}$ – маса парів ЛЗР, що надійшли до відкритого простору за час повного випаровування, але не більше 3600 с, кг; $\rho_{П}$ – густина парів ЛЗР при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, кг/м³; P_n – тиск насичених парів ЛЗР при розрахунковій температурі, кПа; K – коефіцієнт, що приймається рівним $K=T/3600$ для ЛЗР; T – тривалість надходження парів ЛЗР до відкритого простору, с; $C_{нкмП}$ – нижня концентраційна межа поширення полум'я ГГ або парів ЛЗР, % (об.); M – молярна маса, кг/кмоль; V_0 – мольний об'єм, рівний 22,413 м³/кмоль; t_p – розрахункова температура, °С. У якості розрахункової температури слід приймати максимально можливу температуру повітря у відповідній кліматичній зоні або максимально можливу температуру повітря за технологічним регламентом з урахуванням можливого підвищення температури у випадку аварійної ситуації. Якщо такого значення розрахункової температури t_p , за будь-якими причинами визначити не вдасться, допускається приймати її рівною 61 °С.

За початок відліку горизонтального розміру зони приймають зовнішні габаритні розміри апаратів, установок, трубопроводів тощо. У всіх випадках значення $R_{ркмП}$ повинно бути не менше 0,3 м для ГГ і ЛЗР.

6.2.2. Розрахунок надлишкового тиску та імпульсу хвилі тиску у разі згоряння сумішей горючих газів і парів з повітрям у відкритому просторі

Виходячи з розглянутого сценарію аварії, визначається маса m , кг, горючих газів і (або) парів, що потрапили до атмосфери з технологічного апарата відповідно до пунктів 9.1.1.3 – 9.1.1.8.

Величину надлишкового тиску P , кПа, що розвивається у разі згоряння газопароповітряних сумішей, визначають за формулою:

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8 \cdot m_{ГП}^{0,33} / r + 3 \cdot m_{ГП}^{0,66} / r^2 + 5 \cdot m_{ГП} / r^3) \quad (39)$$

де: P_0 – атмосферний тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа); r – відстань від геометричного центра

газопароповітряної хмари, м; m_{np} – приведена маса газу або пари, кг, обчислюється за формулою:

$$m_{np} = (Q_H / Q_0) \cdot m \cdot Z \quad (40)$$

де: Q – питома теплота згоряння газу або пари, Дж/кг; Z – коефіцієнт участі горючих газів і парів у горінні, який допускається приймати рівним 0,1; Q – константа, рівна $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг; m – маса горючих газів і (або) парів, які надійшли в результаті аварії до навколишнього простору, кг.

Величину імпульсу хвилі тиску i , Па·с, обчислюють за формулою:

$$i = \frac{123 \cdot m_{np}^{0,66}}{r} \quad (41)$$

де: r – відстань від геометричного центра газопароповітряної хмари, м; m_{np} – приведена маса газу або пари, кг.

6.3. Розрахунок значень критеріїв пожежної небезпеки для горючого пилу

Як розрахунковий варіант аварії для визначення критеріїв пожежної небезпеки для горючого пилу слід вибирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, при якому в горінні пилоповітряної суміші бере участь найбільша кількість речовин або матеріалів, які є найбільш небезпечні щодо наслідків такого горіння.

Кількість речовин, які вийшли з установки і можуть утворювати горючі пилоповітряні суміші, визначають, виходячи з того, що в момент розрахункової аварії відбулася планова (ремонтні роботи) або раптова розгерметизація одного з технологічних апаратів, за якої відбулося аварійний викид у доквілля пилу, який обертася в апараті.

Розрахункову масу пилу, що надійшов у доквілля у разі розрахункової аварії, визначають за формулою:

$$m = m_{zg} + m_{av} \quad (42)$$

де: m – розрахункова маса горючого пилю, який надійшов у довкілля, кг, m_{36} – розрахункова маса пилю, який завихрився, кг; $m_{ав}$ – розрахункова маса пилю, який надійшов в результаті аварійної ситуації, кг.

Величина m_{36} визначається за формулою:

$$m_{36} = K_2 \cdot K_{звжс} \cdot m_n, \quad (43)$$

де K_2 – частка горючого пилю в загальній масі відкладень пилю; $K_{звжс}$ – частка відкладеного поблизу апарата пилю, який здатен перейти до зваженого стану в результаті аварійної ситуації. У разі відсутності експериментальних даних про величину $K_{звжс}$ допускається приймати $K_{звжс} = 0,9$; m_n – маса пилю, який відклався поблизу апарата до моменту аварії, кг.

Величина $m_{ав}$ визначається за формулою:

$$m_{ав} = (m_{ан} + q \cdot T) \cdot K_n, \quad (44)$$

де $m_{ан}$ – маса горючого пилю, що викидається у довкілля у разі розгерметизації технологічного апарата, кг, за відсутності обмежуючих викид пилю інженерних пристроїв слід вважати, що у момент розрахункової аварії відбувається аварійний викид у довкілля всього пилю, який знаходився в апараті; q – витрата, з якою продовжується надходження пилоподібних речовин до аварійного апарата по трубопроводах до моменту їх перекривання, $кг \cdot с^{-1}$; T – розрахунковий час перекривання, с, який визначається у кожному конкретному випадку, виходячи з реальної обстановки, слід приймати таким, що дорівнює часу спрацьовування системи автоматики, якщо ймовірність її відмовлення не перевищує 0,000001 на рік або забезпечується резервування її елементів (але не більше 120 с); 120 с, у разі якщо ймовірність відмовлення системи автоматики перевищує 0,000001 на рік і не забезпечується резервування її елементів; 300 с у разі ручного перекривання; K_n – коефіцієнт пилення, який являє відношення маси зваженого у повітрі пилю до всієї маси пилю, який вийшов з апарата. У разі відсутності експериментальних даних щодо значення K_n допускається приймати його: 0,5 – для пилю з дисперсністю не менше 350 мкм; 1,0 – для пилю з дисперсністю менше 350 мкм.

Надлишковий тиск ΔP для горючого пилу розраховується у такий спосіб:

а) визначають приведену масу горючого пилу m_{np} , кг, за формулою:

$$m_{np} = \frac{m \cdot Z \cdot H_T}{H_{TO}}, \quad (45)$$

де m – маса горючого пилу, який надійшов в результаті аварії у докiлля, кг; Z – коефіцієнт участі пилу в горiннi, значення якого допускається приймати рiвним 0,1. В окремих обгрунтованих випадках величина Z може бути зменшена, але не менше нiж до 0,02; H_T – теплота згоряння пилу, $Дж \cdot кг^{-1}$; H_{TO} – константа, яка приймається рiвною $4,6 \cdot 10^6 Дж \cdot кг^{-1}$.

б) обчислюють розрахунковий надлишковий тиск ΔP , кПа, за формулою:

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8 \cdot m_{np}^{0,33} / r + 3 \cdot m_{np}^{0,66} / r^2 + 5 \cdot m_{np} / r^3), \quad (46)$$

де r – вiдстань вiд центру пилоповітряної хмари, м. Допускається вимiрювати величину r вiд геометричного центру технологiчної установкi: P_0 – атмосферний тиск, кПа.

Значення iмпульсу хвилі тиску i $Па \cdot с$, обчислюють за формулою:

$$i = 123 \cdot m_{np}^{0,66} / r, \quad (47)$$

де r – вiдстань вiд центру пилоповітряної хмари, м; m_{np} – приведена маса горючого пилу, кг.

6.4. Метод розрахунку iнтенсивностi теплового випромiнювання

Iнтенсивнiсть теплового випромiнювання розраховують для двох випадкiв пожежi (або для того з них, який може бути реалiзований у данiй технологiчнiй установкi):

- пожежа розливiв ЛЗР, ГР або горiння твердих горючих матерiалiв (включаючи горiння пилу);

- "вогненна куля" – великомасштабне дифузійне горіння, що реалізується у разі розриву резервуара з горючою рідиною або газом під тиском із запаленням вмісту резервуара.

Якщо можлива реалізація обох варіантів, то під час оцінки значень критерію пожежної безпеки, враховується найбільша з двох значень інтенсивності теплового випромінювання.

Інтенсивність теплового випромінювання q , $кВт \cdot м^{-2}$, для пожежі розливу рідини або при горінні твердих матеріалів обчислюють за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (48)$$

де E_f – середньоповерхнева густина теплового потоку випромінювання з полум'я, $кВт \cdot м^{-2}$; F_q – кутовий коефіцієнт опромінення; τ – коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу.

Значення E_f приймається на основі наявних експериментальних даних. Для деяких рідких вуглеводневих палив зазначені дані наведені у таблиці 8.

У разі відсутності даних допускається приймати величину E_f рівною: $100 кВт \cdot м^{-2}$ для СВГ; $40 кВт \cdot м^{-2}$ для нафтопродуктів; $40 кВт \cdot м^{-2}$ для твердих матеріалів.

Таблиця 8

Середньоповерхнева густина теплового випромінювання полум'я залежно від діаметра вогнища і питома масова швидкість вигорання для деяких рідких вуглеводневих палив

| Паливо | E_f , $кВт \cdot м^{-2}$ | | | | | M , $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$ |
|--------------------|----------------------------|--------|----------|----------|----------|---|
| | $d=20$ м | $d=20$ | $d=30$ м | $d=40$ м | $d=50$ м | |
| СВГ (метан) | 220 | 180 | 150 | 130 | 120 | 0,08 |
| СВГ (пропан-бутан) | 80 | 63 | 50 | 43 | 40 | 0,10 |
| Бензин | 60 | 47 | 35 | 28 | 25 | 0,06 |

| | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|------|
| Дизельне паливо | 40 | 32 | 25 | 21 | 18 | 0,04 |
| Нафта | 25 | 19 | 15 | 12 | 10 | 0,04 |

Примітка. Для діаметрів вогнищ менше 10 м або більше 50 м слід приймати величину E_f таку ж, як і для вогнищ діаметром 10 м і 50 м відповідно

Розраховують ефективний діаметр розливу d , м, за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (48)$$

де: F – площа розливу, м^2 .

Обчислюють висоту полум'я H , м, за формулою:

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{M_v}{\rho_n \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (49)$$

де: M_v – питома масова швидкість вигорання палива, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; ρ_n – густина навколишнього повітря, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $g=9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ – прискорення вільного падіння. Визначають кутовий коефіцієнт опромінення F_q за формулами:

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_H^2}, \quad (50)$$

де F_v , F_H – фактори опромінення для вертикальної і горизонтальної площадок відповідно, які визначаються за допомогою нижченаведених формул:

$$F_v = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \cdot \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right\} \right], \quad (51)$$

$$F_H \frac{1}{\pi} \left[\frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2-1}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2-1}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right], \quad (52)$$

$$A = (h^2 + S^2 + 1)/(2 \cdot S), \quad (53)$$

$$B = (1 + S^2)/(2 \cdot S), \quad (54)$$

$$S = 2 \cdot r / d, \quad (55)$$

$$h = 2 \cdot H / d, \quad (56)$$

де: r – відстань від геометричного центра розливу до об'єкта, що опромінюється, м.

Визначають коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу за формулою:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5 \cdot d)], \quad (57)$$

Інтенсивність теплового випромінювання q , кВт·м⁻², для "вогненної кулі" обчислюють за формулою (46).

Величину E_f визначають на основі наявних експериментальних даних. Допускається приймати E_f рівною 450 кВт·м⁻².

Значення F_q обчислюють за формулою:

$$F_q = \frac{H / D_s + 0,5}{4 \cdot \left[(H / D_s + 0,5)^2 + (r / D_s)^2 \right]^{1,5}}, \quad (58)$$

де H – висота центра "вогненної кулі", м; D_s – ефективний діаметр "вогненної кулі", м; r – відстань від об'єкта, що опромінюється, до точки на поверхні землі безпосередньо під центром "вогненної кулі", м.

Ефективний діаметр "вогненної кулі" D_s , м, визначають за формулою:

$$D_s = 5,33 \cdot m^{0,327}, \quad (59)$$

де: m – маса горючої речовини, кг.

Значення H визначають у ході спеціальних досліджень. Допускається приймати величину H рівною $D_s/2$.

Час існування "вогненної кулі" t_s , с, визначають за формулою:

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303}, \quad (60)$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу розраховують за формулою:

$$\tau = \exp\left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2\right)\right], \quad (61)$$

6.5. Розрахункове визначення значення коефіцієнта Z участі горючих газів і парів ненагрітих легкозаймистих рідин у вибуху

Нижчеприведені матеріали застосовуються для випадку:

$$100 \cdot m / (\rho_{\text{г,п}} \cdot V_{\text{вільн.}}) < 0,5 \cdot C_{\text{НКМП}},$$

де: $C_{\text{НКМП}}$ – нижня концентраційна межа поширення полум'я газу або пари, % (об.) та для приміщень у формі прямокутного паралелепіпеда з відношенням довжини до ширини не 1. Коефіцієнт Z участі горючих газів і парів легкозаймистих рідин у вибуху при заданому рівні значимості розраховується за формулами:

$$\text{при } X_{\text{НКМП}} \leq \frac{1}{2} L \text{ та } Y_{\text{НКМП}} \leq \frac{1}{2} S$$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{m} \cdot \rho_{\text{г,п}} \left(C_0 + \frac{C_{\text{НКМП}}}{\delta} \right) \cdot X_{\text{НКМП}} \cdot Y_{\text{НКМП}} \cdot Z_{\text{НКМП}} \quad (1)$$

при

$$X_{HKMP} > \frac{1}{2}L \text{ та } Y_{HKMP} > \frac{1}{2}S$$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{m} \cdot \rho_{Г,П} \left(C_0 + \frac{C_{HKMP}}{\delta} \right) \cdot F \cdot Z_{HKMP} \quad (2)$$

де: C_0 – предекспоненціальний множник, % (об.), рівний:

у разі відсутності рухливості повітряного середовища для горючих газів

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_{Г} \cdot V_{вільн}}, \quad (3)$$

у разі рухливості повітряного середовища для горючих газів

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{\rho_{Г} \cdot V_{вільн} \cdot U}, \quad (4)$$

більш 5.

у разі відсутності рухливості повітряного середовища для парів легкозаймистих рідин

$$C_0 = C_H \cdot \left(\frac{m \cdot 100}{C_H \cdot \rho_n \cdot V_{вільн}} \right)^{0,41}, \quad (5)$$

у разі рухливості повітряного середовища для парів легкозаймистих рідин

$$C_0 = C_H \cdot \left(\frac{m \cdot 100}{C_H \cdot \rho_n \cdot V_{вільн}} \right)^{0,46}, \quad (6)$$

де: m – маса газу або парів ЛЗР, що надходять до об'єму приміщення відповідно до розділу 5, кг; δ – допустимі відхилення

концентрації при рівні значимості, що задається, $Q (C > \bar{C})$, наведені в таблиці Д1; $X_{\text{инкмП}}$, $Y_{\text{инкмП}}$, $Z_{\text{инкмП}}$ – відстані по осях X, Y і Z від джерела надходження газу або пари, які обмежені нижньою концентраційною межею поширення полум'я відповідно, м; розраховуються за формулами (10 - 12) додатка; L, S – довжина і ширина приміщення, м; F – площа підлоги приміщення, м²; U – рухливість повітряного середовища, м·с⁻¹; C_н – концентрація насичених парів при розрахунковій температурі t_p, °С, повітря у приміщенні, % (об.).

Концентрацію C_н обчислюють за формулою:

$$C_n = 100 \cdot \frac{P_H}{P_0}, \quad (7)$$

де: P_н – тиск насичених парів при розрахунковій температурі (приймається за довідковою літературою), кПа; P₀ – атмосферний тиск, рівний 101 кПа.

Таблиця 9

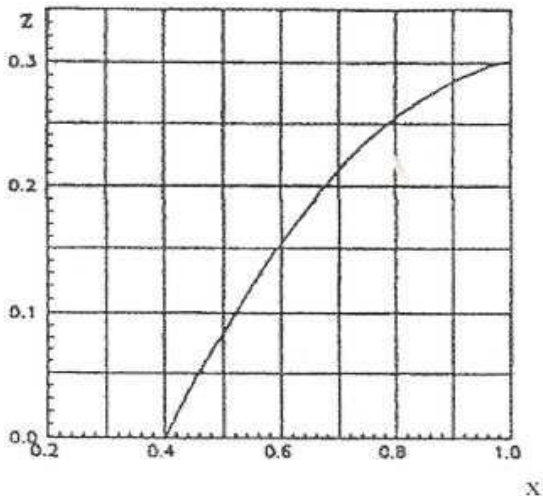
Значення допустимих відхилень концентрації
при рівні значимості $Q(C > \bar{c})$

| Характер розподілу концентрацій | $Q(C > \bar{c})$ | δ |
|---|------------------|----------|
| Для горючих газів при відсутності рухливості повітряного середовища | 0,1 | 1,29 |
| | 0,05 | 1,38 |
| | 0,01 | 1,53 |
| | 0,003 | 1,63 |
| | 0,001 | 1,70 |
| | 0,000001 | 2,04 |
| Для горючих газів при рухливості повітряного середовища | 0,1 | 1,29 |
| | 0,05 | 1,37 |
| | 0,01 | 1,52 |
| | 0,003 | 1,62 |
| | 0,001 | 1,70 |
| | 0,000001 | 2,03 |

| | | |
|--|----------|------|
| Для парів легкозаймистих рідин при відсутності рухливості повітряного середовища | 0,1 | 1.19 |
| | 0,05 | 1,25 |
| | 0,01 | 1,35 |
| | 0,003 | 1,41 |
| | 0,001 | 1,46 |
| | 0,000001 | 1,68 |
| Для парів легкозаймистих рідин при рухливості повітряного середовища | 0.1 | 1,21 |
| | 0,05 | 1,27 |
| | 0,01 | 1,38 |
| | 0,003 | 1,45 |
| | 0,001 | 1,51 |
| | 0,000001 | 1,75 |

Рівень значимості $Q(C > \bar{c})$ вибирається, виходячи з особливостей технологічного процесу. Допускається приймати $Q(C > \bar{c})$ рівним 0,05.

1. Значення коефіцієнта Z участі парів легкозаймистих рідин у



вибуху може бути визначене за графіком, який наведено на рисунку 1.

Рис.1. Значення коефіцієнта Z участі парів легкозаймистих рідин у вибуху.

Значення X визначаються за формулою:

$$X = \begin{cases} C_H / C^*, & \text{якщо } C_H \leq C^* \\ 1, & \text{якщо } C_H > C^* \end{cases}, \quad (8)$$

де: C^* – величина, що задається співвідношенням

$$C^* = \varphi \cdot C_{CT}, \quad (9)$$

де: φ – ефективний коефіцієнт надлишку горючої речовини, який приймається рівним 1,9.

2. Відстані X_{HKMP} , Y_{HKMP} і Z_{HKMP} розраховуються за формулами:

$$X_{HKMP} = K_1 \cdot L \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{HKMP}} \right)^{0,5}, \quad (10)$$

$$Y_{HKMP} = K_1 \cdot S \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{HKMP}} \right)^{0,5}, \quad (11)$$

$$Z_{HKMP} = K_3 \cdot H \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{HKMP}} \right)^{0,5}, \quad (12)$$

де: K_1 – коефіцієнт, який приймається рівним 1,1314 для горючих газів і 1,1958 для легкозаймистих рідин; K_2 – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює 1 для горючих газів і $K_2 = \tau/3600$ для легкозаймистих рідин; K_3 – коефіцієнт, який приймається рівним 0,0253 для горючих газів при відсутності рухливості повітряного середовища; 0,02828 для горючих газів при рухливості повітряного середовища; 0,04714 для легкозаймистих

рідин при відсутності рухливості повітряного середовища і 0,3536 для легкозаймистих рідин при рухливості повітряного середовища; H – висота приміщення, м.

При мінусових значеннях логарифмів відстані $X_{икмт}$ $U_{икмт}$ і $Z_{икмт}$ приймаються рівними 0.

7. КАТЕГОРУВАННЯ БУДІВЕЛЬ І ПРИМІЩЕНЬ ПІДПРИЄМСТВ МІНІСТЕРСТВА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

Категорії будівель і приміщень підприємств Міністерства сільського господарства та продовольства України встановлюють згідно з ВБН – СГіП–46–3.94 «Перелік будівель і приміщень підприємств Міністерства сільського господарства та продовольства України з встановленням їх категорій по вибухопожежній небезпеці, а також класів вибухопожежонебезпечних зон по ПУЕ*».

«Перелік...» розроблений з врахуванням можливого утворення в вказаних приміщеннях та будівлях вибухопожежної небезпеки при нормальних режимах роботи, а також в результаті аварії або несправностей.

«Перелік...» не розповсюджується на будівлі та приміщення, пов'язані з виробництвом, зберіганням і застосуванням вибухових речовин і матеріалів, на підземні споруди.

Визначення категорій таких приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою здійснюється технологами, а класів і вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон за ПУЕ – технологами разом з електриками проектною або експлуатуючою об'єкт організації.

Для окремих технологічних процесів і виробництв, де застосоване унікальне та дороге технологічне обладнання, або які мають інші особливості, категорії будівель та приміщень визначаються з врахуванням додаткових вимог протипожежного захисту, які повинні бути передбачені завданням замовника на розробку проекту або технічними умовами на обладнання і погоджені у встановленому порядку.

Допоміжні будівлі та споруди сільськогосподарських підприємств (санітарно-побутові, харчування, охорона здоров'я,

культурне обслуговування, управління, конструкторські бюро, навчальні заняття) категорій з вибухопожежною і пожежною безпеки не мають.

Категорії будівель і приміщень за вибухопожежною безпекою в «Переліку...» приведені у вигляді таблиці. При користуванні цією таблицею необхідно керуватися такими положеннями:

в графі 2 дається назва приміщень (цехів, відділів, дільниць і будівель);

в графі 3 приведена назва речовин і матеріалів, їх фізичні властивості (температура спалаху парів), хімічні властивості, їх стан (твердий, рідкий, газоподібний), горючість матеріалів (горючі, важкогорючі, негорючі), а також умови проведення технологічного процесу (виділення променевого тепла, іскріння, газовиділення тощо);

в графі 4 встановлені категорії будівель і приміщень за вибухопожежною безпекою, їм надається відповідна літера А, Б, В, Г, Д;

в графі 5 даються класи вибухонебезпечних зон у відповідності з вимогами ПУЕ. Прочерк (–) в графі 5 вказує на відсутність вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон;

в графі 6 викладені примітки. У випадках уточнення вибухонебезпечних категорій (А або Б) в примітці приводиться уточнення: чим підтверджується категорія приміщення.

Приклад. Визначити категорію приміщення аміачної селітри.

У ВБН – СГіП–46–3.94 «Перелік...» таблиця 2, розділ 3.5. вказано (див. витяг з табл.2)

| № з/п | Назва приміщень | Характеристика речовин і матеріалів, які знаходяться в приміщенні | Категорія приміщення | Примітка |
|--------|-------------------------|---|----------------------|----------|
| 3.5.8. | Склади аміачної селітри | Горюча вибухонебезпечна речовина в вигляді порошку або гранул | Б | В-II а |

Таким чином, приміщення аміачної селітри належить до категорії Б.

8. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ КАТЕГОРІЙ ПРИМІЩЕНЬ, БУДИНКІВ ТА ЗОВНІШНІХ УСТАНОВОК ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ І ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

8.1. Розрахунок категорії приміщення з горючими газами

Приклад 1. Розрахункове обґрунтування категорії виробничого приміщення з газонаповнювальною дільницею.

1. Вихідні дані.

Дільниця наповнення ємкостей вуглеводневими скрапленими газами розташована в загальному виробничому приміщенні розміром 90 х 30 х 9м. На дільниці використовується газ пропан.

Газонаповнювальна установка має витратний балон місткістю 120 л. Розрахункова температура в приміщенні +20°C.

2. Вибір розрахункового варіанту.

Для розрахунку приймаємо такий варіант можливої аварійної ситуації:

- за найбільш небезпечну речовину у приміщенні приймаємо газ пропан;
- вважаємо, що під час аварії витратний балон мав максимальне заповнення і весь газ з нього вийде у приміщення;
- враховуючи високий тиск насиченої пари скрапленого газу, вважаємо що за розрахунковий час (3600 с відповідно до п.2.2(е) НАПБ Б.03.000-00) весь скраплений газ випарується.

3. Розрахунок надлишкового тиску можливого вибуху.

За розрахункову приймаємо формулу (1) згідно НАПБ Б.03.000-00, оскільки газ пропан — індивідуальна горюча речовина.

3.1. Визначаємо масу пропану, який вийде в приміщення з витратного балона при його максимальному заповненні.

$$M_n = K_3 \cdot V_6 = 0,425 \cdot 120 = 51 \text{ кг}$$

де: K_3 — коефіцієнт заповнення балона пропаном; згідно із довідниковими даними, для пропану $K_3 = 0,425$ кг/л; V_6 — ємність витратного балона наповнювальної установки; за умовами завдання $V_6 = 120$ л.

3.2. Визначаємо стехіометричну концентрацію пропану.

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 5} = 3,97 \%$$

де: β — стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння.

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 3 + \frac{8}{4} = 5$$

де: n_c, n_n, n_o, n_x — число атомів С, Н, О та галоїдів в молекулі пропану (C_3H_8).

3.3. Визначаємо вільний об'єм виробничого приміщення.

При відсутності даних про об'єм технологічного обладнання відповідно до вимог п.3.4 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо, що вільний об'єм приміщення умовно дорівнює 80 % від його геометричного об'єму.

$$\text{Тобто: } V_e = 0,8 \cdot (L \cdot B \cdot H) = 0,8 \cdot (90 \cdot 30 \cdot 9) = 19440 \text{ м}^3$$

де: L, B, H — довжина, ширина та висота приміщення (м).

3.4. Визначаємо густину пропану при заданій температурі.

$$\rho_n = \frac{M}{V_t} = \frac{44}{24,04} = 1,83 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

де: M — молекулярна маса пропану (C_3H_8). Виходячи з хімічної формули пропану, його молекулярна маса буде дорівнювати:

$$M = 12 \cdot 3 + 1 \cdot 8 = 44$$

V_t — об'єм 1 кг-моль газу при заданій температурі (м^3).

$$V_t = 22,4 \cdot \frac{T_p}{T_o} = 22,4 \cdot \frac{273 + 20}{273} = 24,04 \text{ м}^3$$

3.5. Визначаємо надлишковий тиск можливого вибуху.

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_{max} - P_o) \cdot \frac{M_n \cdot z}{V_e \cdot \rho_n} \cdot \frac{100}{C_{cm}} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= (843 - 101) \cdot \frac{51 \cdot 0,5}{19440 \cdot 1,83} \cdot \frac{100}{3,97} \cdot \frac{1}{3} = 4,47 \text{ кПа} \end{aligned}$$

де: P_{max} — максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної суміші (кПа); за довідниковими даними для пропану він складає 843 кПа;

P_o — початковий тиск в приміщенні; відповідно до вимог п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 допускається приймати рівним 101 кПа;

M_p — маса пропану, що виходить із витратного баллона; за розрахунком ця маса дорівнює 51 кг;

z — коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху; відповідно до вимог п.3.5 та таблиці 2 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його рівним 0,5;

V_v — вільний об'єм виробничого приміщення; за розрахунком він дорівнює 19440 м³;

ρ_p — густина пропану ($\rho_p = 1,83$ кг/м³);

$C_{ст}$ — стехіометрична концентрація пропану; за розрахунком вона дорівнює 3,97 %;

K_n — коефіцієнт негерметичності приміщення та неадіабатичності процесу горіння; на підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 приймається рівним 3.

ВИСНОВОК: Незважаючи на те, що пропан відноситься до горючих вибухонебезпечних газів, на підставі вимог п.2.2 та табл.1 НАПБ Б.03.000-00 загальне виробниче приміщення, де розташована газонаповнювальна дільниця, не може бути віднесено до категорії «А», оскільки надлишковий тиск можливого вибуху становить менше 5 кПа. Вказане приміщення відноситься до категорії «В».

Приклад 2. Визначення категорії приміщення компресорного цеху нагнітачів компресорної станції

1. Вихідні дані.

Компресорний цех для компримування природного газу розташований в загальному виробничому приміщенні розміром 123 х 6 х 6м. Продуктивність одного компресора при нормальних умовах 3 м³/с. Тиск всередині компресора становить 5,6 МПа. В компресорному цеху знаходиться 10 агрегатів (8 робочих і 2 резервні). Внутрішній об'єм одного компресора становить 0,7 м³. Діаметр трубопровода $d=0,5$ м, відстань до засувок $L_1=L_2=2$ м. Цех обладнаний загальною та аварійною вентиляцією (кратність обміну повітря аварійної вентиляції $A = 8$ год⁻¹). Електропостачання здійснюється за першою категорією надійності. Розрахункова температура в приміщенні +20°C.

2. Вибір розрахункового варіанту.

Для розрахунку приймаємо такий варіант можливої аварійної ситуації:

- за найбільш небезпечну речовину у приміщенні приймаємо газ метан;
- вважаємо, що під час аварії внутрішній об'єм компресора був повністю заповнений;
- вважаємо, що під час аварії продовжувалось надходження газу в приміщення протягом часу, необхідного для автоматичного перекриття засувки (20 с).

3. Розрахунок надлишкового тиску можливого вибуху.

За розрахунок приймаємо формулу (1) по НАПБ Б.03.000-00, оскільки газ метан — індивідуальна горюча речовина.

3.1. Визначаємо масу метану, який вийде в приміщення з компресора

$$m^*_{\text{з}} = \left(V_{\text{ан}} \cdot \frac{P_p}{1 \cdot 10^5} \cdot \varepsilon + \sum_{i=1}^n q_{i_r} \cdot \tau_i + \sum_{j=1}^k l_{j_{\text{тп}}} \cdot f_{j_{\text{тп}}} \cdot \frac{P_p}{1 \cdot 10^5} \right) \cdot \rho_r =$$
$$= (0,7 \cdot \frac{5,6 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^5} \cdot 1 + 3 \cdot 20 + (2 \cdot 0,19) \cdot \frac{56 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} + (2 \cdot 0,19) \cdot \frac{5,6 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^5}) \cdot 0,67 = 94,98 \text{ кг}$$

де:

- $V_{\text{ан}}$ – геометричний внутрішній об'єм компресора, м^3 ;
 $V_{\text{ан}} = 0,7$;
- ε – ступінь заповнення апарата; $\varepsilon = 1$;
- P_p – робочий тиск середовища в апараті; $P_p = 5,6 \text{ МПа}$;
- q_{i_r} – продуктивність і-го компресора, $\text{м}^3/\text{с}$; $q_{i_r} = 3 \text{ м}^3/\text{с}$;
- τ_i – тривалість відключення і-го збудника витрат, с; $\tau_i = 20 \text{ с}$;
- $l_{j_{\text{дб}}}$ – довжина (м) j-ї ділянки трубопровода; $l = 2 \text{ м}$;
- $f_{j_{\text{дб}}}$ – переріз (м^2) j-ї ділянки трубопровода;

$$f_{j_{\text{мп}}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,19 \text{ м}^2, \text{ де: } d - \text{діаметр трубопровода;}$$

- ρ_a – густина газу при робочій температурі (див.п.3.4);
- n – кількість збудника витрат; $n=1$;
- k – число ділянок трубопроводів; $k=2$.

Маса газу, яка буде акумульована в приміщенні до моменту вибуху з врахуванням роботи вентиляції:

$$m_z = \frac{M_z}{1 + \frac{A \cdot \tau}{3600}} = \frac{94,98}{1 + \frac{8 \cdot 20}{3600}} = 91,3 \text{ кг.}$$

3.2. Визначаємо стехіометричну концентрацію метану

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36 \%$$

де: β — стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння.

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 1 + \frac{4}{4} = 2$$

де: n_c, n_n, n_o, n_x — число атомів С, Н, О та галоїдів в молекулі метану (CH_4).

3.3. Визначаємо вільний об'єм виробничого приміщення.

При відсутності даних про об'єм технологічного обладнання відповідно до вимог п.3.4 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо, що вільний об'єм приміщення умовно дорівнює 80 % від його геометричного об'єму.

Тобто:

$$V_g = 0,8 \cdot (L \cdot B \cdot H) = 0,8 \cdot (123 \cdot 6 \cdot 6) = 3542,4 \text{ м}^3$$

де: L, B, H — довжина, ширина та висота приміщення (м).

3.4. Визначаємо густину метану при заданій температурі.

$$\rho_m = \frac{M}{V_t} = \frac{16}{24,04} = 0,67 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

де: M — молекулярна маса метану (CH_4). Виходячи з хімічної формули метану, його молекулярна маса буде дорівнювати:

$$M = 12 + 1 \cdot 4 = 16$$

V_t — об'єм 1 кг-моль газу при заданій температурі (м^3).

$$V_t = 22,4 \cdot \frac{T_p}{T_o} = 22,4 \cdot \frac{273 + 20}{273} = 24,04 \text{ м}^3$$

3.5. Визначаємо надлишковий тиск можливого вибуху.

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_{max} - P_o) \cdot \frac{m_z \cdot z}{V_n \cdot \rho_m} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= (706 - 101) \cdot \frac{91,3 \cdot 0,5}{3542,4 \cdot 0,67} \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 41,4 \text{ кПа} \end{aligned}$$

де: P_{max} — максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної суміші (кПа); за довідниковими даними для метану він складає 706 кПа;

P_o — початковий тиск в приміщенні; відповідно до вимог п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 допускається приймати рівним 101 кПа;

m_z — маса метану, що виходить із компресора і трубопроводів, що надходять до нього, з врахуванням роботи вентиляції; за розрахунком ця маса дорівнює 91,3 кг;

z — коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху; відповідно до вимог п.3.5 та таблиці 2 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його рівним 0,5.

V_n — вільний об'єм виробничого приміщення; за розрахунком він дорівнює 3542,4 м^3 ;

ρ_m — густина метану ($\rho_m = 0,67 \text{ кг/м}^3$);

$C_{ст}$ — стехіометрична концентрація метану за розрахунком вона дорівнює 9,36 %;

K_n — коефіцієнт негерметичності приміщення та неадіабатичності процесу горіння; на підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 приймається рівним 3.

ВИСНОВОК: Оскільки, метан відноситься до горючих вибухонебезпечних газів і надлишковий тиск можливого вибуху становить більше 5 кПа, то на підставі вимог п.2.2 та табл.1 НАПБ Б.03.000-00 приміщення компресорного цеху відноситься до категорії «А».

8.2. Розрахунок категорії приміщення з легкозаймистими і горючими рідинами

Приклад 3. Визначення категорії приміщення цеху фарбування

1. Вихідні дані.

Цех фарбування розташований в загальному виробничому приміщенні розміром 25 x 10 x 6м. В цеху знаходиться ванна для фарбування виробів методом занурення. Об'єм ванни 0,5 м³, ступінь заповнення 0,8. У технологічному процесі використовується фарба, що містить 60 % розчинника (ацетону), густина фарби $\rho=1470$ кг/м³. Цех обладнаний загальною та аварійною вентиляцією (кратність обміну повітря аварійної вентиляції $A = 6$ год⁻¹), але об'єкт не належить до першої категорії за енергозабезпеченням. Розрахункова температура в приміщенні +20°C.

2. Вибір розрахункового варіанту.

Для розрахунку приймаємо такий варіант можливої аварійної ситуації:

- за найбільш небезпечну речовину у приміщенні приймаємо розчинник фарби – ацетон – ЛЗР з $T_{ст} = -5^{\circ}\text{C}$;
- вважаємо, що при аварії в приміщення вийде весь вміст ванни;
- на дільниці знаходиться конвеєр з пофарбованими виробами ($n=10$) розмірами 0,5 x 0,4 м, з яких випаровується розчинник.

3. Розрахунок надлишкового тиску можливого вибуху.

За розрахункову приймаємо формулу (1) по НАПБ Б.03.000-00, оскільки ацетон – індивідуальна горюча речовина.

3.1. Визначаємо об'єм фарби, яка розлита в приміщенні при аварії

$$V_{\phi} = V_v \cdot \varepsilon = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ м}^3 = 400 \text{ л}$$

де:

- V_v – геометричний внутрішній об'єм ванни, м³; $V_v=0,5$;
- ε – ступінь заповнення ванни; $\varepsilon = 0,8$.

3.2. Визначаємо площу випаровування ацетону при його розливі з ванни

$$F_p = k \cdot V_p = 0,5 \cdot 400 = 200 \text{ м}^2$$

де: k — коефіцієнт розливу рідини. Оскільки, у фарбі міститься 60 % розчинника (ацетону) відповідно до п.3.2(г) НАПБ Б.03.000-00 1 л фарби при розливі буде займати площу $0,5 \text{ м}^2$ і коефіцієнт k буде дорівнювати $0,5 \text{ м}^2/\text{л}$.

Визначаємо тиск насичених парів ацетону

$$P_s = 133,322 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{C_A + t_p}\right)} = 133,322 \cdot 10^{\left(7,15058 - \frac{1281,721}{237,088 + 20}\right)} = 19,58 \text{ кПа}$$

де A, B, C_A – константи Антуана: $A=7,15058$; $B=1281,721$; $C_A=237,088$; t_p – робоча температура, $t_p=20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначаємо швидкість повітря в приміщенні

$$u = \frac{A_g \cdot l}{3600} = \frac{6 \cdot 25}{3600} = 0,04 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1};$$

Коефіцієнт η , який враховує вплив швидкості та температури повітряного потоку на процес випаровування рідини відповідно до табл.3.ОНТП 24-86 дорівнює $\eta = 4,5$.

Визначаємо інтенсивність випаровування

$$W_g = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot 4,5 \cdot \sqrt{58} \cdot 19,58 = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}.$$

3.3. Визначаємо площу випаровування поверхні пофарбованих виробів.

$$F_{\text{фарб.}} = l \cdot b \cdot n = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 10 = 2 \text{ м}^2$$

де: l, b – розміри пофарбованих виробів; n – кількість пофарбованих виробів.

3.4. Визначаємо загальну площу випаровування розчинника фарби

$$F_g = F_p + F_{\text{фарб.}} = 200 + 2 = 202 \text{ м}^2$$

Визначаємо час повного випаровування з площі підлоги розлитої рідини

$$\tau_g = \frac{m_\phi}{W_g \cdot F_p} = \frac{588}{3,57 \cdot 10^{-4} \cdot 200} = 8,2 \cdot 10^3 \text{ с,}$$

$$\text{де: } m_\phi = V \cdot \rho = 0,4 \cdot 1470 = 588 \text{ кг}$$

Час випаровування $\tau_g = 8,2 \cdot 10^3 \text{ с}$, що перевищує 1 годину.

Приймаємо у подальшому розрахунку час випаровування 1 година.

Визначаємо масу парів рідини, що випарувалася з розливу і з поверхні пофарбованих виробів

$$m_n = W_g \cdot F_g \cdot \tau = 6,7 \cdot 10^{-4} \cdot 202 \cdot 3600 = 487,2 \text{ кг.}$$

Роботу аварійної вентиляції не враховуємо, оскільки, об'єкт не належить до першої категорії за енергозабезпеченням.

3.5. Визначаємо стехіометричну концентрацію парів ацетону

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 4} = 4,91 \%$$

де: β — стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння.

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 3 + \frac{6 - 0}{4} - \frac{1}{2} = 4$$

де: n_c, n_n, n_o, n_x — число атомів С, Н, О та галогідів в молекулі ацетону (C_3H_6O).

3.6. Визначаємо вільний об'єм виробничого приміщення.

При відсутності даних про об'єм технологічного обладнання відповідно до вимог п.3.4 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо, що вільний об'єм приміщення умовно дорівнює 80 % від його геометричного об'єму.

$$\text{Тобто: } V_g = 0,8 \cdot (L \cdot B \cdot H) = 0,8 \cdot (25 \cdot 10 \cdot 6) = 1200 \text{ м}^3$$

де: L, B, H — довжина, ширина та висота приміщення (м).

3.7. Визначаємо густину парів ацетону при заданій температурі.

$$\rho_z = \frac{M}{V_t} = \frac{58}{24,04} = 2,41 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

де: M — молекулярна маса метану (C_3H_6O). Виходячи з хімічної формули ацетону, його молекулярна маса буде дорівнювати:

$$M = 3 \cdot 12 + 1 \cdot 6 + 16 = 58$$

V_t — об'єм 1 кг-моль пари при заданій температурі (m^3).

$$V_t = 22,4 \cdot \frac{T_p}{T_o} = 22,4 \cdot \frac{273 + 20}{273} = 24,04 \text{ м}^3$$

3.8. Визначаємо надлишковий тиск можливого вибуху.

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_{max} - P_o) \cdot \frac{m_n \cdot z}{V_n \cdot \rho_n} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= (572 - 101) \cdot \frac{487,2 \cdot 0,3}{1200 \cdot 2,41} \cdot \frac{100}{4,91} \cdot \frac{1}{3} = 161,6 \text{ кПа} \end{aligned}$$

де: P_{max} — максимальний тиск вибуху стехіометричної пароповітряної суміші (кПа); за довідниковими даними для парів ацетону він складає 572 кПа;

P_o — початковий тиск в приміщенні; відповідно до вимог п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо рівним 101 кПа;

m_n — маса парів ацетону, що знаходяться в приміщенні, з врахуванням роботи вентиляції; за розрахунком ця маса дорівнює 487,2 кг;

z — коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху; відповідно до вимог п.3.5 та таблиці 2 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його рівним 0,3;

V_n — вільний об'єм виробничого приміщення; за розрахунком він дорівнює 1200 m^3 ;

ρ_n — густина парів ацетону, за розрахунком вона дорівнює $\rho_n = 2,41 \text{ кг/м}^3$;

$C_{ст}$ — стехіометрична концентрація ацетону за розрахунком вона дорівнює 4,91 %;

K_n — коефіцієнт негерметичності приміщення та неадіабатичності процесу горіння; на підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 приймається рівним 3.

ВИСНОВОК: Оскільки, ацетон відноситься до легкозаймистих рідин з температурою спалаху $t_{сп} < 28^\circ\text{C}$ і надлишковий тиск можливого вибуху становить більше 5 кПа, то на підставі вимог п.2.2 та табл.1 НАПБ Б.03.000-00 приміщення фарбувального цеху відноситься до категорії «А».

Приклад 4. Визначення категорії приміщення насосної станції

1. Вихідні дані.

Насосна станція розташована в загальному виробничому приміщенні розміром 25 x 15 x 9 м. В приміщенні знаходиться 8 насосів для перекачування нафти. Цех обладнаний загальною та аварійною вентиляцією (кратність обміну повітря аварійної вентиляції $A = 7 \text{ год}^{-1}$). Розрахункова температура в приміщенні $+20^\circ\text{C}$.

Продуктивність насоса $100 \text{ м}^3/\text{год}$. Внутрішній об'єм насоса становить $0,5 \text{ м}^3$. Діаметр трубопровода $d=0,4 \text{ м}$, відстань до засувок $L_1=L_2=3 \text{ м}$. Цех обладнаний загальною та аварійною вентиляцією (кратність обміну повітря аварійної вентиляції $A = 7 \text{ год}^{-1}$). Електропостачання здійснюється за першою категорією. Розрахункова температура в приміщенні $+20^\circ\text{C}$. Густина нафти $\rho = 935 \text{ кг} / \text{м}^3$.

2. Вибір розрахункового варіанту.

Для розрахунку приймаємо такий варіант можливої аварійної ситуації:

- за найбільш небезпечну речовину у приміщенні приймаємо нафту – ЛЗР з $T_{\text{сп}} = 19^\circ\text{C}$;
- вважаємо, що під час аварії внутрішній об'єм насоса був повністю заповнений;
- вважаємо, що під час аварії продовжувалось надходження нафти в приміщення протягом часу, необхідного для автоматичного перекриття засувок (45 с).

3. Розрахунок надлишкового тиску можливого вибуху.

За розрахункову приймаємо формулу (4) за НАПБ Б.03.000-00, оскільки нафта – суміш вуглеводнів.

3.1. Визначаємо масу нафти розлитої в приміщенні при аварії

$$m^*_n = \left(V_n \cdot \varepsilon + \sum_{i=1}^n q_{in} \tau_i + \sum_{j=1}^k l_{jTP} f_{jTP} \right) \cdot \rho_n =$$

$$= (0,5 \cdot 1 + 0,03 \cdot 45 + 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} + 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4}) \cdot 935 = 2434,4 \text{ кг}$$

де:

- V_n – геометричний внутрішній об'єм насоса, м^3 ; $V_n = 0,5 \text{ м}^3$;
- ε – ступінь заповнення насоса; $\varepsilon = 1$;
- q_{in} – продуктивність і-го насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$q_{in} = 100 \text{ м}^3 / 200 \text{ с} = 0,03 \text{ м}^3 / \text{с};$$

- τ_i – тривалість відключення і-го збудника витрат, с; $\tau_i = 45 \text{ с}$;
- $l_{j\partial\partial}$ – довжина (м) j-ї ділянки трубопровода; $l=2\text{м}$;
- $f_{j\partial\partial}$ – переріз (м^2) j-ї ділянки трубопровода;

$$f_{j\partial\partial} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,12 \text{ м}^2, \quad \text{де: } d \text{ – діаметр}$$

трубопровода.

- ρ_n – густина нафти при робочій температурі; $\rho_n = 935 \text{ кг} / \text{м}^3$;
- n – кількість збудника витрат; $n=1$;
- k – число ділянок трубопроводів; $k=2$.

3.2. Визначаємо площу випаровування нафти при його розливі

$$F_p = k \cdot V_n = 1,0 \cdot 2600 = 2600 \text{ м}^2$$

$$\text{де: } V_n \text{ – об'єм розлитої нафти; } V_n = \frac{m_n^*}{\rho_n} = \frac{2434,4}{935} = 2,6 \text{ м}^3 = 2600 \text{ л};$$

k — коефіцієнт розливу рідин. Відповідно до п.3.2(г) НАПБ Б.03.000-00 1 л нафти при розливі буде займати площу 1,0 м^2 і коефіцієнт k буде дорівнювати 1,0 $\text{м}^2/\text{л}$.

Визначаємо площу приміщення:

$$F_{np} = L \cdot B = 25 \cdot 15 = 375 \text{ м}^2$$

Оскільки, $F_{np} < F_p$, то приймаємо площу випаровування
 $F_g = 375 \text{ м}^2$

Визначаємо інтенсивність випаровування:

$$W_g = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot 1,7 \cdot \sqrt{105} \cdot 21,7 = 3,78 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^2,$$

де: P_s – тиск насичених парів нафти; $P_s = 21,7 \text{ кПа}$;

M – молекулярна маса парів нафти, $M=105$;

η – коефіцієнт, який враховує вплив швидкості та температури повітряного потоку на процес випаровування рідини; $\eta = 1,7$.

Визначається в залежності від швидкості повітряного потоку:

$$u = \frac{A_g \cdot l}{3600} = \frac{7 \cdot 25}{3600} = 0,05 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1};$$

Визначаємо час повного випаровування з площі підлоги розлитої рідини:

$$\tau_g = \frac{m_n^*}{W_g F_g} = \frac{2434,4}{3,78 \cdot 10^{-4} \cdot 375} = 1,7 \cdot 10^4 \text{ с},$$

τ_g перевищує 1 годину. Приймаємо у подальшому розрахунку час випаровування 1 година.

Визначаємо маса парів рідини, що випарувалася з розливу:

$$m_n = W_g \cdot F_g \cdot \tau = 3,78 \cdot 10^{-4} \cdot 375 \cdot 3600 = 510,3 \text{ кг}.$$

Маса парів нафти, яка буде акумульована в приміщенні до моменту вибуху розраховується з врахуванням роботи вентиляції, оскільки, електропостачання об'єкта здійснюється за першою категорією:

$$m_n = \frac{m_n}{1 + \frac{A \cdot \tau}{3600}} = \frac{510,3}{1 + \frac{7 \cdot 45}{3600}} = 468,2 \text{ кг}.$$

3.3. Визначаємо вільний об'єм виробничого приміщення.

При відсутності даних про об'єм технологічного обладнання відповідно до вимог п.3.4 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо, що вільний об'єм приміщення умовно дорівнює 80 % від його геометричного об'єму.

$$\text{Тобто: } V_g = 0,8 \cdot (L \cdot B \cdot H) = 0,8 \cdot (25 \cdot 15 \cdot 9) = 2700 \text{ м}^3$$

де: L, B, H — довжина, ширина та висота приміщення (м).

3.4. Визначаємо надлишковий тиск можливого вибуху.

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{m_n \cdot H_m \cdot P_0 \cdot z}{V_g \cdot \rho_n \cdot C_n \cdot (t_n + 273)} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= \frac{468,2 \cdot 43589,82 \cdot 101 \cdot 0,3}{2700 \cdot 1,205 \cdot 1,01 \cdot (20 + 273)} \cdot \frac{1}{3} = 214,1 \text{ кПа} \end{aligned}$$

де: H_m — теплота горіння нафти; за довідниковими даними

$$H_m = 43589,82 \text{ кДж/кг};$$

P_0 — початковий тиск в приміщенні; відповідно до вимог п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 допускається приймати рівним 101 кПа;

m_n — маса парів нафти, що знаходяться в приміщенні, з врахуванням роботи вентиляції; за розрахунком ця маса дорівнює 468,2 кг;

z — коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху; відповідно до вимог п.3.5 та таблиці 2 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його рівним 0,3;

V_g — вільний об'єм виробничого приміщення; за розрахунком він дорівнює 2700 м³;

ρ_n — густина повітря у приміщенні до вибуху при заданій температурі; за довідниковими даними густина повітря при температурі +20°C буде дорівнювати 1,205 кг/м³;

C_n — теплоємність повітря; на підставі п.3.6 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його рівним 1,010 кДж/кг · К;

T_0 — абсолютна початкова температура в приміщенні до вибуху; за завданням вона дорівнює +20°C або 293 К;

K_n — коефіцієнт негерметичності приміщення та неадіабатичності процесу горіння; на підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 приймається рівним 3.

ВИСНОВОК: Оскільки, нафта належить до легкозаймистих рідин з температурою спалаху $t_{сп} < 28^\circ\text{C}$ і надлишковий тиск можливого вибуху становить більше 5 кПа, то на підставі вимог п.2.2 та табл.1

НАПБ Б.03.000-00 приміщення насосної станції відноситься до категорії «А».

8.3. Розрахунок категорії приміщення з горючим пилом

Приклад 5. Визначення категорії приміщення шліфувальної дільниці

1. Вихідні дані.

Шліфувальна дільниця розташована в загальному виробничому приміщенні розміром 90 x 30 x 9 м. На дільниці обробляються вироби з ДСП, оздобленні дубовим шпоном з вологістю до 10%. Для обробки використовуються п'ять широкострічкових шліфувальних верстатів з продуктивністю шліфування 5 м² виробів на годину кожний та максимальною товщиною шару зішліфовки 0,5 мм. Дільниця обладнана загальною та місцевою витяжною вентиляцією з коефіцієнтом ефективності 0,7, але об'єкт не відноситься до 1 категорії за енергозабезпеченням. Режим роботи підприємства двозмінний по 8 годин на зміну. Поточне прибирання проводиться 1 раз на добу, генеральне — 1 раз на місяць. Розрахункова температура в приміщенні +20°C.

2. Вибір розрахункового варіанту.

Для розрахунку приймаємо такий варіант можливої аварійної ситуації:

- за найбільш небезпечну речовину у приміщенні приймаємо пил деревини з нижньою концентраційною межею розповсюдження пилум'я від 12,6 до 25 г/м³;
- до моменту аварії відбувалось максимальне нагромадження пилу на підлозі та обладнанні, яке може бути при нормальних режимах роботи;
- на час аварії одночасно працюють всі 5 верстатів дільниці;
- аварійне відключення шліфувальних верстатів — ручне;
- загальна та місцева вентиляція відключені, оскільки об'єкт не відноситься до 1 категорії за енергозабезпеченням;
- розрахункова температура в приміщенні становить +20°C.

3. Розрахунок надлишкового тиску можливого вибуху.

За розрахункову приймаємо формулу (4) за НАПБ Б.03.000-00, оскільки пил деревини є складною горючою речовиною.

3.1. Визначаємо продуктивність шліфувального верстата за пилом

$$q = \rho \cdot b \cdot Q = 710 \cdot 0,0005 \cdot 0,00139 = 0,00049 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де:

- ρ — густина деревини дуба; за довідниковими даними при вологості 10% вона дорівнює 710 кг/м³.
- b — товщина зішліфованого шару; приймаємо за максимальним значенням 0,5 мм або 0,0005 м.
- Q — продуктивність шліфувального верстата по площі обробки. За завданням вона становить 5 м²/год або 0,00139 м²/с

3.2. Визначаємо масу пилу, що надійде в приміщення із верстатів при аварії.

$$M_{ав} = (M_{ан} + n \cdot q \cdot T_{ав}) \cdot K_n = (0 + 5 \cdot 0,00049 \cdot 300) \cdot 1 = 0,735 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де: $M_{ан}$ — маса пилу, що нагромадилась в апаратах і вийде в приміщення при аварії; оскільки, в шліфувальних верстатах відсутні бункери нагромадження пилу, значення $M_{ан}$ буде дорівнювати 0;

n — кількість шліфувальних верстатів; за завданням на ділянці працюють 5 верстатів;

q — продуктивність шліфувального верстата за пилом; за розрахунком вона дорівнює 0,00049 кг/с;

$T_{ав}$ — час відключення верстатів при аварії; відповідно до вимог п.3.15 та п.3.2 НАПБ Б.03.000-00 при ручному відключенні цей час буде дорівнювати 300 с;

K_n — коефіцієнт пиління, що враховує частку пилу, який вийде із верстатів та перейде у зважений стан; відповідно до вимог п.3.14 НАПБ Б.03.000-00 цей коефіцієнт буде дорівнювати 1.

3.3. Визначаємо масу пилу, що нагромадилась в приміщенні з часу останнього поточного прибирання.

$$M_1 = (1 - K_{\epsilon}) \cdot n \cdot q \cdot K_z \cdot T_{np} =$$

$$= (1 - 0,7) \cdot 5 \cdot 0,00049 \cdot 0,75 \cdot 57600 = 31,75 \text{ кг}$$

де: K_b — коефіцієнт ефективності роботи вентиляції, що враховує частку пилу, який вилучається при роботі; за завданням він дорівнює 0,7.

n — кількість шліфувальних верстатів; за завданням на ділянці працюють 5 верстатів.

q — продуктивність шліфувального верстата ШЛП за пилом; за розрахунком вона дорівнює 0,00049 кг/с.

K_3 — коефіцієнт завантаження верстатів, що враховує час їх безперервної роботи; з технічної характеристики верстатів з врахуванням часу та періодичності зміни шліфувальної шкурки він буде дорівнювати 0,75;

$T_{пр}$ — робочий час між поточними прибираннями; з врахуванням двозмінного режиму роботи підприємства він буде дорівнювати 16 годинам або 57 600 с.

3.4. Визначаємо масу пилу, що нагромадилась в приміщенні з часу останнього генерального прибирання.

$$M_2 = M_1 \frac{1 - (1 - K_{np})^n}{K_{np}} = 31,75 \frac{1 - (1 - 0,6)^{22}}{0,6} = 52 \text{ кг}$$

де: M_1 — маса пилу, що нагромаджується в приміщенні за час між поточними прибираннями; за розрахунком вона дорівнює 31,75 кг.

K_{np} — коефіцієнт ефективності прибирання, що враховує частку пилу, який вилучається з приміщення під час поточного прибирання; для розрахунку приймаємо найбільш неефективне сухе прибирання і на підставі п.3.16 НАПБ Б.03.000-00 визначаємо, що він буде дорівнювати 0,6.

n — кількість поточних прибирань між генеральними. При 23 робочих днях на місяць вона буде дорівнювати 22.

3.5. Визначаємо загальну масу пилу, що може нагромаджуватися у приміщенні на час аварії.

$$M_n = M_1 + M_2 = 31,75 + 52,92 = 84,67 \text{ кг}$$

3.6. Визначаємо масу звихреного під час аварії пилу із нагромадженого в приміщенні.

$$M_{зв} = K_{зв} \cdot M_n = 0,9 \cdot 84,67 = 76,2 \text{ кг}$$

де: $K_{зв}$ — коефіцієнт звихрення, що враховує частку пилу, яка здатна переходити у завислий стан; відповідно до вимог п.3.14 НАПБ Б.03.000-00 він може дорівнювати 0,9.

3.7. Визначаємо загальну масу пилу, яка буде знаходитись у звихреному стані під час аварії.

$$M = M_{зв} + M_{ае} = 76,2 + 0,735 = 76,935 \text{ кг}$$

3.8. Визначаємо вільний об'єм виробничого приміщення.

При відсутності даних про об'єм технологічного обладнання відповідно до вимог п.3.4 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо, що вільний об'єм приміщення умовно дорівнює 80 % від його геометричного об'єму.

Тобто:

$$V_{е} = 0,8 \cdot (L \cdot B \cdot H) = 0,8 \cdot (90 \cdot 30 \cdot 9) = 19440 \text{ м}^3$$

де: L, B, H — довжина, ширина та висота приміщення (м).

3.9. Визначаємо надлишковий тиск можливого вибуху

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{M \cdot H_m \cdot P_o \cdot z}{V_{е} \cdot \rho_n \cdot C_n \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= \frac{76,935 \cdot 19874 \cdot 101 \cdot 0,5}{19440 \cdot 1,205 \cdot 1,010 \cdot 293} \cdot \frac{1}{3} = 3,7 \text{ кПа} \end{aligned}$$

де:

- M — маса пилу, яка буде знаходитись у зваженому стані в приміщенні під час аварії. За розрахунками вона дорівнює 76,935 кг;
- H_m — теплота горіння деревини дубових порід; за довідниковими даними вона дорівнює 19 874 кДж/кг;
- P_o — початковий тиск в приміщенні; на підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 ця величина становить 101 кПа;
- z — коефіцієнт участі зваженого пилу у вибуху; на підставі п.3.12 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його 0,5;
- $V_{в}$ — вільний об'єм виробничого приміщення; за розрахунками він дорівнює 19440 м³;

- ρ_n — густина повітря у приміщенні до вибуху при заданій температурі; за довідниковими даними густина повітря при температурі $+20^\circ\text{C}$ буде дорівнювати $1,205 \text{ кг/м}^3$;
- C_n — теплоємність повітря; на підставі п.3.6 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо її рівною $1,010 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$;
- T_0 — абсолютна початкова температура в приміщенні до вибуху; за завданням вона дорівнює $+20^\circ\text{C}$ або 293 K ;
- K_n — коефіцієнт негерметичності приміщення та неадіабатичності процесу горіння. На підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 приймається рівним 3.

ВИСНОВОК: Таким чином, загальне виробниче приміщення, де розташована шліфувальна дільниця, не може бути віднесена до категорії «Б», оскільки надлишковий тиск можливого вибуху становить менше 5 кПа , відносимо його до категорії «В».

Приклад 6. Визначення категорії приміщення дільниці обробки зерна

1. Вихідні дані.

Дільниця обробки зерна знаходиться в загальному виробничому приміщенні розміром $30 \times 20 \times 9 \text{ м}$. На дільниці знаходиться циклон для відокремлення зернового пилу в системі вентиляції. Маса зернового пилу, що нагромаджується в циклоні, становить 20 кг . Продуктивність циклона за пилом $q=100 \text{ хв}^{-1}$. Час автоматичного від'єднання циклона 25 с . Дільниця обладнана загальною та місцевою витяжною вентиляцією з коефіцієнтом ефективності $0,8$, але об'єкт не відноситься до 1 категорії за енергозабезпеченням. Режим роботи підприємства двозмінний по 8 годин на зміну. Поточне прибирання проводиться 2 рази на добу, генеральне – 1 раз на місяць. Розрахункова температура в приміщенні $+15^\circ\text{C}$. Пилоприбирання в приміщенні – ручне вологе. Частка горючого пилу в загальній масі відкладень $K_r = 0,8$.

2. Вибір розрахункового варіанту.

Для розрахунку приймаємо такий варіант можливої аварійної ситуації:

- за найбільш небезпечну речовину у приміщенні приймаємо зерновий пил;
- до моменту аварії відбувалось максимальне нагромадження пилу на підлозі та обладнанні;
- аварійне відключення вентиляції ручне;
- загальна та місцева вентиляція відключені, оскільки об'єкт не відноситься до 1 категорії за енергозабезпеченням;
- розрахункова температура в приміщенні становить +15°C.

3. Розрахунок надлишкового тиску можливого вибуху.

За розрахункову приймаємо формулу (4) за НАПБ Б.03.000-00, оскільки, зерновий пил є складною горючою речовиною.

3.1. Визначаємо масу зернового пилу, що надійде в приміщення з циклона при аварії.

$$M_{ав} = (M_{ан} + q \cdot T_{ав}) \cdot K_n = (20 + 0,0017 \cdot 240) \cdot 1 = 20,41 \frac{кг}{с}$$

де: $M_{ан}$ — маса пилу, що нагромадилась в циклоні і приміщення при аварії; за завданням $M_{ан}=20$ кг.

q — продуктивність циклона за пилом; за завданням $q=100$ г/хв= $0,0017$ кг/с;

$T_{ав}$ — час відключення циклона при аварії; за завданням $T_{ав}=240$ с;

K_n — коефіцієнт пиління, що враховує частку пилу, який вийде із верстатів та перейде у зважений стан. Відповідно до вимог п.3.14 НАПБ Б.03.000-00 цей коефіцієнт буде дорівнювати 1.

3.2. Визначаємо максимально можливу кількість пилу, який відклався до аварії

$$m_n = \frac{K_{Г}}{K_{П}} \cdot (m_1 + m_2) = \frac{0,8}{0,7} \cdot (6,53 + 18,06) = 28,1 \text{ кг}$$

де:

$K_{Г}$ — частка горючого пилу в загальній масі відкладень пилу, кг; $K_{Г} = 0,8$;

K_{II} – коефіцієнт ефективності пилоприбирання; для ручного вологого прибирання $K_{II}=0,7$;

m_1 – маса пилу, яка осідає на важкодоступних для прибирання поверхнях в приміщенні за період часу між генеральними прибираннями, кг;

$$m_1 = j_g \cdot F_g \cdot n_g \cdot \tau_3 = 0,45 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 42 \cdot 28800 = 6,53 \text{ кг}$$

де: j_g – інтенсивність відкладення пилу на важкодоступних поверхнях; за умовами завдання $j_g = 0,45 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;

F_g – площа важкодоступної поверхні при пилоприбиранні; за умовами завдання $F_g = 12 \text{ м}^2$;

n_g – кількість робочих змін між генеральними прибираннями на важкодоступних поверхнях; $n_g = 42$;

$$\tau_3 - \text{тривалість зміни; } \tau_3 = 8 \text{ год} = 28800 \text{ с}$$

m_2 – маса пилу, яка осідає на доступних для прибирання поверхнях в приміщенні за період часу між поточними прибираннями, кг;

$$m_2 = j_d \cdot F_d \cdot n_d \cdot \tau_3 = 1,9 \cdot 10^{-6} \cdot 330 \cdot 1 \cdot 28800 = 18,06 \text{ кг}$$

де: j_d – інтенсивність відкладення пилу на доступних поверхнях; за умовами завдання $j_d = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;

F_d – площа важкодоступної поверхні при пилоприбиранні; за умовами завдання $F_d = 330 \text{ м}^2$;

n_d – кількість робочих змін між генеральними прибираннями на важкодоступних поверхнях; $n_d = 1$;

$$\tau_3 - \text{тривалість зміни; } \tau_3 = 8 \text{ год} = 28800 \text{ с}$$

3.3. Визначаємо масу звихреного під час аварії пилу із нагромадженого в приміщенні.

$$M_{зв} = K_{зв} \cdot m_n = 0,9 \cdot 28,1 = 25,29 \text{ кг}$$

де: $K_{зв}$ — частка відкладеного в приміщенні пилу, який здатний перейти у завислий стан в результаті аварійної ситуації; відповідно до вимог п.3.14 НАПБ Б.03.000-00 він може дорівнювати 0,9.

3.4. Визначаємо загальну масу пилу, яка буде знаходитись у завислму стані під час аварії.

$$M = M_{зв} + M_{ав} = 25,29 + 20,41 = 45,7 \text{ кг}$$

3.5. Визначаємо вільний об'єм виробничого приміщення.

При відсутності даних про об'єм технологічного обладнання відповідно до вимог п.3.4 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо, що вільний об'єм приміщення умовно дорівнює 80 % від його геометричного об'єму.

Тобто:

$$V_e = 0,8 \cdot (L \cdot B \cdot H) = 0,8 \cdot (30 \cdot 20 \cdot 9) = 7560 \text{ м}^3$$

де: L, B, H — довжина, ширина та висота приміщення (м).

3.6. Визначаємо надлишковий тиск можливого вибуху

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{M \cdot H_m \cdot P_o \cdot Z}{V_e \cdot \rho_n \cdot C_n \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_n} = \\ &= \frac{45,7 \cdot 16700 \cdot 101 \cdot 0,5}{7560 \cdot 1,22 \cdot 1,010 \cdot 288} \cdot \frac{1}{3} = 4,8 \text{ кПа} \end{aligned}$$

де:

- M — маса пилу, яка буде знаходитись у зваженому стані в приміщенні під час аварії. За розрахунками вона дорівнює 45,7 кг;
- H_m — теплота горіння зернового пилу; за довідниковими даними вона дорівнює 16 700 кДж/кг;
- P_o — початковий тиск в приміщенні; на підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 ця величина становить 101 кПа;
- Z — коефіцієнт участі зваженого пилу у вибуху; на підставі п.3.12 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його 0,5;
- V_e — вільний об'єм виробничого приміщення; за розрахунками він дорівнює 2880 м³;

- ρ_n — густина повітря у приміщенні до вибуху при заданій температурі; за довідниковими даними густина повітря при температурі $+15^\circ\text{C}$ буде дорівнювати $1,22 \text{ кг/м}^3$;
- C_n — теплоємність повітря; на підставі п.3.6 НАПБ Б.03.000-00 приймаємо його рівним $1,010 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$;
- T_0 — абсолютна початкова температура в приміщенні до вибуху; за завданням вона дорівнює $+15^\circ\text{C}$ або 288 K ;
- K_n — коефіцієнт негерметичності приміщення та неадіабатичності процесу горіння. На підставі п.3.5 НАПБ Б.03.000-00 приймається рівним 3.

ВИСНОВОК: Таким чином, загальне виробниче приміщення, де розташоване приміщення обробки зерна, не може бути віднесена до категорії «Б», оскільки надлишковий тиск можливого вибуху становить менше 5 кПа , відносимо його до категорії «В».

8.4. Розрахунок категорії зовнішньої установки

1. Вихідні дані.

Резервуар з нафтою об'ємом 2000 м^3 розташований у резервуарному парку нафтобази. Середня робоча температура нафти 305 K . Нижня і верхня температурні межі займання нафти рівні: $T_{\text{НМЗ}}=249 \text{ K}$, $T_{\text{ВМЗ}}=265 \text{ K}$. Ступінь заповнення резервуара – $\varepsilon=0,85$. Діаметр резервуара РВС=2000 рівний $D=15,2 \text{ м}$. Висота резервуара $H_p=12,0 \text{ м}$. Густина нафти $\rho = 935 \text{ кг/м}^3$.

2. Вибір розрахункового варіанту.

Для розрахунку приймаємо такий варіант можливої аварійної ситуації:

- за найбільш небезпечну речовину приймаємо нафту – ЛЗР з $T_{\text{сп}} = 19^\circ\text{C}$;
- вважаємо, що під час аварії відбулося руйнування корпусу резервуара, в результаті чого нафта розлилась на території резервуарного парку;
- вважаємо, що під час аварії засувки були перекритими.

3. Розрахунок надлишкового тиску можливого вибуху.

За розрахункову приймаємо формулу (4) за НАПБ Б.03.000-00, оскільки нафта – суміш вуглеводнів.

3.1. Визначаємо масу нафти розлитої в резервуарному парку при аварії

$$m_n^* = V_p \cdot \varepsilon \cdot \rho_n = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H \cdot \varepsilon \cdot \rho_n =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 15,2^2}{4} \cdot 12,0 \cdot 0,85 \cdot 935 = 1729691,4 \text{ кг}$$

де: V_p – геометричний об'єм резервуара, м^3 ;

$$V_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 15,2^2}{4} \cdot 12,0 = 2176,4 \text{ м}^3;$$

- ε – ступінь заповнення резервуара; $\varepsilon = 0,85$;
- d – діаметр резервуара, м;
- H – висота резервуара, м;
- ρ_n – густина нафти при робочій температурі; $\rho_n = 935 \text{ кг} / \text{м}^3$.

3.2. Визначаємо площу випаровування нафти при її розливі

$$F_p = k \cdot V_n = 1,0 \cdot 1849900 = 1849900 \text{ м}^2$$

де: V_n – об'єм розлитої нафти;

$$V_n = \frac{m_n^*}{\rho_n} = \frac{1729691,4}{935} = 1849,9 \text{ м}^3 = 1849900 \text{ л} ; \quad k \text{ — коефіцієнт}$$

розливу рідин. Відповідно до п.3.2(г) НАПБ Б.03.000-00 1 л нафти при розливі буде займати площу 1,0 м^2 і коефіцієнт k буде дорівнювати 1,0 $\text{м}^2/\text{л}$. Визначаємо площу резервуарного парку в межах обвалування:

$$F_{p.n.} = L \cdot B = 45 \cdot 90 = 4050 \text{ м}^2$$

Оскільки, $F_{np} < F_p$, то приймаємо площу випаровування

$$F_g = 4050 \text{ м}^2$$

Визначасмо інтенсивність випаровування:

$$W_g = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot 1,7 \cdot \sqrt{105} \cdot 23,5 = 4,09 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2},$$

де: P_s – тиск насичених парів нафти; $P_s = 23,5 \text{ кПа}$;

M – молекулярна маса парів нафти, $M=105$;

η – коефіцієнт, який враховує вплив швидкості та температури повітряного потоку на процес випаровування рідини; $\eta = 1,7$.
Визначається в залежності від швидкості повітряного потоку.

Визначасмо час повного випаровування з площі резервуарного парку розливої нафти:

$$\tau_g = \frac{m_n^*}{W_g F_g} = \frac{1729691,4}{4,09 \cdot 10^{-4} \cdot 4050} = 1,04 \cdot 10^6 \text{ с},$$

τ_g перевищує 1 годину. Приймаємо у подальшому розрахунку час випаровування 1 година.

Визначасмо маса парів рідини, що випарувалася з розливу:

$$m_n = W_g \cdot F_g \cdot \tau = 4,09 \cdot 10^{-4} \cdot 4050 \cdot 3600 = 5963,2 \text{ кг}.$$

Визначасмо приведену масу парів нафти за формулою:

$$\begin{aligned} m_{\text{ПР}} &= (Q_H / Q_0) \cdot m \cdot Z = \\ &= (46,02 \cdot 10^6 / 4,52 \cdot 10^6) \cdot 5963,2 \cdot 0,1 = 6071,4 \text{ кг} \end{aligned}$$

де: Q_H – питома теплота згоряння парів нафти, $Q_H = \text{Дж/кг}$; Z – коефіцієнт участі горючих парів у горінні, приймаємо рівним 0,1; Q_0 – константа, рівна $4,52 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$; m – маса горючих парів, які надійшли в результаті аварії до навколишнього простору, кг.

3.4. Визначасмо надлишковий тиск можливого вибуху.

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_0 \cdot \left(0,8 \cdot m_{\text{ПР}}^{0,33} / r + 3 \cdot m_{\text{ПР}}^{0,66} / r^2 + 5 \cdot m_{\text{ПР}} / r^3 \right) = \\ &= 101 \cdot \left(0,8 \cdot 6071,4^{0,33} / 30 + 3 \cdot 6071,4^{0,66} / 30^2 + 5 \cdot 6071,4 / 30^3 \right) = 267,1 \text{ кПа} \end{aligned}$$

де: P_0 – початковий тиск; відповідно до вимог п.3.5 НАПБ

Б.03.000-00 допускається приймати рівним 101 кПа;

$m_{\text{ПР}}$ – маса парів нафти, що випаруються з розливу; за розрахунком ця маса дорівнює 6071,4 кг;

ВИСНОВОК: Оскільки, нафта належить до легкозаймистих рідин з температурою спалаху $t_{\text{сп}} < 28^{\circ}\text{C}$ і надлишковий тиск можливого вибуху на відстані 30 м становить більше 5 кПа, то на підставі вимог п.2.2 та табл.1 НАПБ Б.03.000-00 резервуар РВС=2000 відноситься до категорії «А».

8.5. Розрахунок категорії будинку

Приклад

У двоповерховому виробничому будинку мебельного комбінату загальною площею 3500 м², висота поверху 4 м знаходяться такі приміщення: шліфувальне відділення (категорія Б) площею 140 м²; складальний цех (категорія В) площею 750 м²; фарбувальне відділення (категорія А) площею 50 м²; решта – адміністративно-побутові приміщення.

Визначити категорію виробничого будинку.

Розв'язання:

1. Перевіряємо, чи належить будинок до категорії А.

Об'єм фарбувального відділення (категорія А) – $V_A = F_A \cdot h = 50 \cdot 4 = 200 \text{ м}^3$, що становить 0,7 % від загальної площі будинку. Оскільки, $\sum V_A < 5\%$, то згідно п.4.1. НАПБ Б.03.000-00, будинок не належить до категорії А.

2. Перевіряємо, чи належить будинок до категорії Б.

Об'єм фарбувального відділення (категорія А) – $V_A = 200 \text{ м}^3$, об'єм шліфувального відділення (категорія Б) – $V_B = F_B \cdot h = 140 \cdot 4 = 560 \text{ м}^3$, що в сумі становить 4,6 % від загальної площі будинку. Оскільки, $\sum F_{A,B} < 5\%$, то згідно п.4.2. НАПБ Б.03.000-00, будинок не належить до категорії Б.

3. Перевіряємо, чи належить будинок до категорії В.

Об'єм фарбувального відділення (категорія А) – $V_A = 200 \text{ м}^3$, об'єм шліфувального відділення (категорія Б) – $V_B = 560 \text{ м}^3$, об'єм складального відділення (категорія В) – $V_B = F_B \cdot h = 750 \cdot 4 = 3000 \text{ м}^3$, що в сумі становить 13,4 % від загального об'єму будинку.

Оскільки, $\sum F_{A,B,B} > 5\%$, то згідно п.4.3. НАПБ Б.03.000-00, будинок належить до категорії В

Відповідь: виробничий будинок мебельного комбінату належить до категорії В.

8.6. Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання від пожежі розливів ЛЗР і ГР та „вогняної кулі”

Приклад 1.

Розрахувати інтенсивність теплового випромінювання від пожежі розливу бензину площею 300 м² на відстані 40 від розливу.

Розв'язання:

1) Визначаємо ефективний діаметр розливу (d) за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 300}{3,14}} = 19,5 \text{ м,}$$

де: F – площа розливу, м².

2) Обчислюємо висоту полум'я (H) за формулою:

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{M_v}{\rho_n \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 19,5 \cdot \left(\frac{0,06}{1,2 \cdot \sqrt{9,8 \cdot 19,5}} \right)^{0,61} = 26,6 \text{ м,}$$

де: M_v – питома масова швидкість вигорання бензину, кг·м⁻²·с⁻¹ ;

$M_v = 0,06 = 0,06 \text{ кг·м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; ρ_n – густина навколишнього повітря, кг·м⁻³;

$\rho_n = 1,2 \text{ кг·м}^{-3}$; $g = 9,81 \text{ м·с}^{-2}$ – прискорення вільного падіння.

3) Визначаємо кутовий коефіцієнт опромінення F_q за формулою:

$$F_q = \sqrt{F_\theta^2 + F_z^2} = \sqrt{0,00126^2 + 0,03236^2} = 0,0324 ,$$

де: F_θ, F_z – фактори опромінення для вертикальної і горизонтальної площадок відповідно, які визначаються за формулами:

$$F_e = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \cdot \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right\} \right] =$$

$$= \frac{1}{3,14} \left[\frac{1}{4,1} \cdot \arctg \left(\frac{2,72}{\sqrt{4,1^2 - 1}} \right) - \frac{2,72}{4,1} \cdot \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{4,1-1}{4,1+1}} \right) - \frac{3,08}{\sqrt{3,08^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(3,08+1)(4,1-1)}{(3,08-1)(4,1+1)}} \right) \right\} \right] =$$

$$= 0,00126 ;$$

$$F_z = \frac{1}{\pi} \left[\frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{3,14} \left[\frac{(2,17-1/4,1)}{\sqrt{2,17^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(2,17+1)(4,1-1)}{(2,17-1)(4,1+1)}} \right) - \frac{(3,08-1/4,1)}{\sqrt{3,08^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(3,08+1)(4,1-1)}{(3,08-1)(4,1+1)}} \right) \right] =$$

$$= 0,03236 ;$$

$$\text{де: } A = (h^2 + S^2 + 1)/(2 \cdot S) = (2,72^2 + 4,1^2 + 1)/(2 \cdot 4,1) = 3,08 ;$$

$$B = (1 + S^2)/(2 \cdot S) = (1 + 4,1^2)/(2 \cdot 4,1) = 2,17 ;$$

$$S = 2 \cdot r / d = 2 \cdot 40 / 19,5 = 4,1 ;$$

де: r – відстань від геометричного центра розливу до об'єкта, що опромінюється, $r = 40$ м.

$$h = 2 \cdot H / d = 2 \cdot 26,5 / 19,5 = 2,72$$

4) Визначаємо коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу за формулою:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5 \cdot d)] = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (40 - 0,5 \cdot 19,5)] =$$

$$= 0,979$$

5) Обчислюємо інтенсивність теплового випромінювання (q) для пожежі розливу рідини за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 47 \cdot 0,0324 \cdot 0,979 = 1,5 \text{ кВт} / \text{м}^2,$$

де: E_f – середньоповерхнева густина теплового потоку випромінювання з полум'я, $E_f = 47 \text{ кВт} / \text{м}^2$; F_q – кутовий коефіцієнт опромінення; Ψ – коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу.

Відповідь: інтенсивність теплового випромінювання на відстані 40 м від розливу становить $q = 1,5 \text{ кВт} / \text{м}^2$

Приклад 2.

Визначити час існування „вогняної кулі” та інтенсивність теплового випромінювання на відстані 500 м при розриві сферичної ємності з пропаном об'ємом 600 м^3 у вогнищі пожежі. Густина рідкої фази $530 \text{ кг} / \text{м}^3$; ступінь заповнення резервуара – $\varepsilon = 0,8$.

Розв'язання:

1) Обчислюємо масу горючого (m) у „вогняній кулі” за формулою:

$$m = V \cdot \rho \cdot \varepsilon = 600 \cdot 530 \cdot 0,8 = 2,54 \cdot 10^5 \text{ кг},$$

де: V – об'єм резервуара, м^3 ; $V = 600 \text{ м}^3$;

ρ – густина рідкої фази, $\rho = 530 \text{ кг} / \text{м}^3$;

ε – ступінь заповнення резервуара; $\varepsilon = 0,8$.

2) Визначаємо ефективний діаметр "вогняної кулі" (D_s) за формулою:

$$D_s = 5,33 \cdot m^{0,327} = 5,33 \cdot (2,54 \cdot 10^5)^{0,327} = 312 \text{ м}$$

де: m – маса горючої речовини, кг.

3) Обчислюємо кутовий коефіцієнт опромінення (F_q) за формулою:

$$F_q = \frac{H / D_s + 0,5}{4 \cdot \left[(H / D_s + 0,5)^2 + (r / D_s)^2 \right]^{1,5}} =$$

$$= \frac{156 / 312 + 0,5}{4 \cdot \left[(156 / 312 + 0,5)^2 + (500 / 312)^2 \right]^{1,5}} = 0,037,$$

де: H – висота центра "вогняної кулі", м; $H = D_s / 2 = 156$ м;

D_s – ефективний діаметр "вогняної кулі", м;

r – відстань від об'єкта, що опромінюється, до точки на поверхні землі безпосередньо під центром "вогненної кулі", м.

4) Розраховуємо коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу за формулою:

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{r^2 + H^2} - D_s / 2 \right) \right] =$$

$$= \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{500^2 + 156^2} - 312 / 2 \right) \right] = 0,77$$

5) Обчислюємо інтенсивність теплового випромінювання (q) для пожежі розливу рідини за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 450 \cdot 0,0324 \cdot 0,77 = 12,9 \text{ кВт} / \text{м}^2,$$

де: E_f – середньоверхня густина теплового потоку випромінювання з полум'я, $E_f = 450 \text{ кВт} / \text{м}^2$; F_q – кутовий коефіцієнт опромінювання; ψ – коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу.

6) Визначаємо час існування "вогняної кулі" (t_s) за формулою:

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303} = 0,92 \cdot (2,54 \cdot 10^5)^{0,303} = 40 \text{ с}$$

Відповідь: інтенсивність теплового випромінювання на відстані 500 м при розриві сферичної ємності з пропаном у вогнищі пожежі становить $q = 12,9 \text{ кВт} / \text{м}^2$; час існування „вогняної кулі” – $t_s = 40 \text{ с}$

8.7. Розрахунок надлишкового тиску та імпульсу хвилі тиску при згорянні суміші горючих газів і парів з повітрям у відкритому просторі

Приклад 1.

Розрахувати надлишковий тиск і імпульс хвилі тиску при виході в атмосферу з сферичного резервуара пропану на відстані 500 м від нього. Об'єм сферичної ємності 600 м³.

Розв'язання:

1) Обчислюємо приведену масу (m_{np}) за формулою:

$$m_{np} = (Q_{32} / Q_o) \cdot m \cdot Z = (4,6 \cdot 10^7 / 4,52 \cdot 10^6) \cdot 254400 \cdot 0,1 = 2,59 \cdot 10^5 \text{ кг}$$

де: Q_{32} – питома теплота згорання пропану, $Q_{32} = 4,7 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$; Z – коефіцієнт участі горючих газів і парів у горінні, який допускається приймати рівним 0,1; Q_o – константа, рівна $4,52 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$; m – маса пропану, який надійшов в результаті аварії до навколишнього простору, кг.

$$m = \varepsilon \cdot \rho \cdot V = 0,8 \cdot 530 \cdot 600 = 254400 \text{ кг}$$

2) Знаходимо надлишковий тиск (ΔP), що розвивається у разі згорання пропаноповітряних сумішей, за формулою:

$$\Delta P = P_o \cdot \left(0,8 \cdot m_{np}^{0,33} / r + 3 \cdot m_{np}^{0,66} / r^2 + 5 \cdot m_{np} / r^3 \right) = 101 \cdot \left(0,8 \cdot (2,59 \cdot 10^5)^{0,33} / 500 + 3 \cdot (2,59 \cdot 10^5)^{0,66} / 500^2 + 5 \cdot (2,59 \cdot 10^5) / 500^3 \right) = 16,2 \text{ кПа}$$

де: P_o – атмосферний тиск, кПа, допускається приймати 101 кПа; r – відстань від геометричного центра газопароповітряної хмари, м;

3) Обчислюємо імпульс хвилі тиску (i) за формулою:

$$i = 123 \cdot m_{np}^{0,66} / r = 123 \cdot (2,59 \cdot 10^5)^{0,66} / 500 = 1000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Відповідь: надлишковий тиск надлишковий тиск, що розвивається у разі згорання пропаноповітряних сумішей, становить $\Delta P = 16,2 \text{ кПа}$ і імпульс хвилі тиску $i = 1000 \text{ Па} \cdot \text{с}$

8.8. Розрахунок горизонтальних розмірів зон, що обмежують газо- і пароповітряні суміші з концентрацією горючої речовини вище НКМПП

Приклад 1.

Визначити розміри зони, що обмежена НКПП газів, при аварійній розгерметизації ємності з метаном у відкритому просторі. При розгерметизації ємності в атмосферу надійде 20 кг метану. Ємність має вигляд циліндра з радіусом 1 м і висотою $h_a=10$ м. Температура навколишнього середовища $t=30$ °С, густина метану при t_p становить $\rho=0,645$ кг/м³. Нижня концентраційна межа поширення полум'я метану $C_{НКМПП}=5,28$ % об.

Розв'язання:

Відстані $X_{НКПП}$, $Y_{НКПП}$ і $Z_{НКПП}$ для метану, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я для парів ацетону обчислюють за формулою:

$$R_{НКМПП} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_G}{\rho_G \cdot C_{НКМПП}} \right)^{0,333} =$$
$$= 14,5632 \cdot \left(\frac{20}{0,646 \cdot 5,28} \right)^{0,333} = 26,1 \text{ м}$$

Відповідь: для розрахункової аварії ємності з метаном зона, обмежена НКМПП, буде мати вигляд циліндра з основою радіусом $R_{НКМПП} = 26,18$ м і висотою $h = h_a + R = 10 + 26,18 = 36,18$ м

Приклад 2.

Визначити розміри зони, яка обмежена НКПП парів, при аварійній розгерметизації трубопровода, що транспортує ацетон. Трубопровід прокладено на відкритому просторі на висоті $h=0,5$ від поверхні ґрунту. Трубопровід оснащено ручними засувками. Маса парів ацетону, що надходять у відкритий простір за час повного випаровування $T=3600$ с складає $m_n=240$ кг. Максимально можлива температура кліматичної зони $t_p=36$ °С. Густина парів ацетону при t_p становить $\rho=2,29$ кг/м³. Нижня концентраційна межа поширення

полум'я парів ацетону $C_{HKMPI}=2,9$ % об. Тиск насичених парів ацетону при t_p становить $P_n=48,09$ кПа.

Розв'язання:

Горизонтальні розміри зони, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я для парів ацетону обчислюють за формулою:

$$\begin{aligned} R_{HKMPI} &= 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_n}{C_{HKMP}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot P_n} \right)^{0,333} = \\ &= 3,1501 \cdot \sqrt{\frac{3600}{3600}} \cdot \left(\frac{48,09}{2,7} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{240}{2,29 \cdot 48,09} \right)^{0,333} = 41,43 \text{ м} \end{aligned}$$

де: m_n – маса парів ацетону, що надійшли до відкритого простору за час повного випаровування, але не більше 3600 с, кг; ρ_n – густина парів ацетону при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, кг/м³; P_n – тиск насичених парів ацетону при розрахунковій температурі, кПа; K – коефіцієнт, що приймається рівним $K=T/3600$ для ЛЗР; T – тривалість надходження парів ЛЗР до відкритого простору, с; C_{HKMP} – нижня концентраційна межа поширення полум'я парів ацетону, % (об.); M – молярна маса, кг/кмоль; t_p – розрахункова температура, °С.

Відповідь: горизонтальні розміри зони, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я для парів ацетону $R_{HKMPI} = 41,43$ м

9. Основні терміни та визначення

Аварія – раптова подія, така як потужний вихід небезпечних речовин, пожежа або вибух, внаслідок порушення експлуатації підприємства (об'єкта), що призводить до раптової загрози життю і здоров'ю людей, оточуючому середовищу, матеріальним цінностям на території підприємства та/або за його межами [17]

Блок технологічний - апарат (обладнання) або група (з мінімальною кількістю) апаратів (обладнання), які одночасно можуть бути відключені (ізолювані) від технологічної системи без небезпечних змін режиму, що призводять до розвитку аварії

Важкогорючі речовини і матеріали – речовини і матеріали, здатні горіти у повітрі під час дії зовнішнього джерела запалювання, але не здатні самостійно горіти після його видалення

Вогнегасна речовина – Речовина або однорідна суміш, за своїми фізико-хімічними властивостями придатна до застосування в технічних засобах задля припинення горіння [10]

Вибух - швидке екзотермічне хімічне перетворення вибухонебезпечного середовища, що супроводжується виділенням енергії і утворенням стиснених газів, здатних виконувати роботу [13]

Виробниче приміщення - замкнутий простір у спеціально призначеному будинку (споруді), в якому по змінах або періодично (протягом робочого дня) здійснюється трудова діяльність людей

Горюча речовина (горючий матеріал) - Речовина (матеріал), здатна (здатний) до участі у горінні в ролі відновника [10]

Дифузійне горіння - горіння за умов, коли горюча речовина і окисник розділені зоною горіння. [10]

Зовнішня установка – установка, розміщена поза приміщень (зовні будинків) просто неба або під дахом чи за сітчастими захисними конструкціями [18]

Категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою (будинку, приміщення) – класифікаційна характеристика вибухопожежної та пожежної небезпеки будинку (приміщення), що визначається кількістю та пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв

Легкозаймиста рідина (ЛЗР) – горюча рідина з температурою спалаху не більше 61°C у закритому тиглі або 66 °C у відкритому тиглі. Особливо небезпечними називають легкозайmistі рідини з температурою спалаху не більше 28 °C

Масова швидкість вигорання – втрата маси матеріалу (речовини) під час горіння за одиницю часу з одиниці поверхні за встановленими умовами випробування

Нижня(верхня) концентраційна межа поширення полум'я – мінімальний (максимальний) вміст горючої речовини в однорідній

суміші з окиснювальним середовищем, за якого можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання [12]

Пожежа - позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля [10].

Пожежна небезпека об'єкта - сукупність чинників, які зумовлюють можливість виникнення та (або) розвитку пожежі на об'єкті [10]

Пожежна навантага – кількість теплоти, що може виділитися в разі повного згоряння всіх горючих матеріалів, які є у приміщенні або іншому просторі, включно з покриттями стін, перегородок, підлоги та стель [10]

Питома пожежна навантага – пожежна навантага, що припадає на одиницю площі підлоги приміщення, будинку чи споруди [10]

Противопожежний відсік – частина простору будинку чи споруди, виділена протипожежними перешкодами [10]

Противопожежна секція – частина протипожежного відсіку, відокремлена від інших частин протипожежного відсіку огорожувальними конструкціями з нормованими межами вогнестійкості та поширення вогню по них [14]

Противопожежна перешкода – конструкція у вигляді стіни, перегородки, перекриття або об'ємний елемент будинку, призначений для стримування розвитку пожежі до прилеглого приміщення [10]

Складське приміщення – спеціально обладнане ізольоване приміщення основного виробничого і допоміжного призначення, а також для накопичення, зберігання готової продукції і оперативного виконання заявок споживача на неї

Теплота згоряння масова – кількість теплоти, виділеної внаслідок повного згоряння матеріалу (речовини) у розрахунку на одиницю його маси [15]

Температура спалаху – найменша температура конденсованої речовини, за якої в умовах спеціальних випробувань над її поверхнею утворюються пара, здатна спалахувати у повітрі від зовнішнього джерела запалювання; при цьому стійке горіння не виникає.

Установка – сукупність обладнання (апаратів), що виконує певну функцію у технологічному процесі [17]

Час перекивання – проміжок часу від початку потрапляння горючих рідин або газу з трубопроводу внаслідок перфорації, розриву,

зміни номінального тиску тощо до повного припинення потрапляння вказаних речовин у приміщення.

10. ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ ТА ЗАВДАНЬ

1. Згідно з яким нормативним документом здійснюється визначення категорій приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою?
2. На які приміщення і будинки не поширюється НАПБ Б.03.XXX-XX «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою»)?
3. Сформулюйте визначення категорія будинку чи приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою.
4. Ким визначаються категорії приміщень і будинків?
5. У яких технологічних документах міститься інформація про категорії приміщень чи будинків?
6. Як позначають категорії приміщень і будинків на підприємстві? Яким нормативним документом при цьому керуються?
7. Як розвивалась методика визначень категорій приміщень та будинків за вибухопожежною і пожежною безпекою?
8. Чому в якості допустимої величини надлишкового тиску вибуху прийнято значення 5 кПа?
9. Яка послідовність визначення категорій приміщень?
10. Наведіть приклади приміщень категорій А, Б, В, Г, Д.
11. Визначіть категорії приміщень. Найменування речовин, які обертаються в приміщенні, та надлишковий тиск вибуху вказаних речовин приведені у таблиці.

| Найменування речовин, які обертаються в приміщенні | Надлишковий тиск вибуху вказаних речовин, кПа | Питоме пожежне навантаження на ділянках площею більше 10 м ² , МДж/м ² |
|--|---|--|
| Етилен | 10,5 | – |
| Пропан | 2,7 | – |
| Бензин | 78,6 | 370 |
| Бензол | 4,6 | 210 |
| Ацетон | 3,6 | 160 |
| Дизельне паливо | 12,3 | 205 |

| марки АВТ | | |
|-----------------|------|-----|
| Гас марки КО-22 | 2,7 | 190 |
| Тютюновий пил | 4,6 | 60 |
| Пил полістиролу | 3,1 | 223 |
| Борошняний пил | 26,8 | 185 |

12. Як визначають вільний об'єм приміщення?

13. Із яких передумов виходять, визначаючи кількість речовин, які можуть утворювати вибухонебезпечні газоповітряні, пароповітряні або пило повітряні суміші?

14. Як визначають тривалість випаровування?

15. Як визначають розрахунковий час від'єднання трубопроводів?

16. Який варіант аварії або період нормальної роботи апаратів приймають в якості розрахункового при визначення категорій?

17. Як при відсутності довідкових даних визначають площу розливу?

18. Як категорують будівлі і приміщення підприємств Міністерства сільського господарства та продовольства України?

19. Відділення стиснення етилену розташоване у виробничому приміщенні з розмірами в плані 20x12x9 м. Цех обладнано аварійною вентиляцією з кратністю повітрообміну $A=6$. В приміщенні цеху знаходиться компресор, який підвищує тиск етилену, що надходить з магістрального трубопроводу, з 1,1 Мпа до 27,5 Мпа. Діаметр трубопроводів з етиленом $d=150$ мм, температура етилену досягає 130 °С. Визначити категорію приміщення.

20. Через приміщення з розмірами в плані 12x10x4 м прокладено трубопровід діаметром 50 мм, яким транспортується водень з максимальною витратою $q=5$ л/с при максимальному тиску $P_p=150$ кПа. Трубопровід оснащено системою автоматичного від'єднання ($\tau=2c$). Засувки встановлені перед стінкою у місці вводу трубопроводу і за стінкою даного приміщення. Довжина ділянки трубопроводу, що відсікається засувками рівна 12 м. Температура в приміщенні 25 °С. Визначити категорію приміщення.

21. Ацетон знаходиться в апараті з максимальним об'ємом заповнення $V_{ан}=0,07$ м³. Довжина напірного (L_1) і відвідного трубопроводів (L_2) від апарату до засувки $L_1=L_2=3$ м, діаметр трубопроводу $d=0,05$ м. Продуктивність насоса $q=0,01$ м³/ бш. Відключення насоса автоматичне. Розміри виробничого приміщення в плані 48x24x9 м. Кратність аварійної вентиляції рівна $A=10$ год⁻¹. Швидкість повітряного потоку в приміщенні при роботі аварійної

вентиляції рівна 1,0 м/с. Температура ацетону рівна температурі повітря і складає 20 °С.

22. Визначити категорію ізотермічного резервуара для зберігання скрапленого етилену об'ємом $V=100000 \text{ м}^3$, який встановлено в бетонному обвалуванні площею $S=5184 \text{ м}^2$ і висотою $H_{\text{обв.}}=2,2 \text{ м}$. Ступінь заповнення резервуара $\varepsilon=0,95$. Ввід трубопровода подачі скрапленого етилену в резервуар виконаний зверху, а вивід відвідного трубопровода знизу. Діаметр трубопроводів $d_{\text{тр.}}=0,25 \text{ м}$. Довжина ділянки трубопровода від резервуара до засувок $l=1 \text{ м}$. Витрата скрапленого етилену $q=3,1944 \text{ кг/с}$, його густина при температурі експлуатації $T_{\text{експ.}}=169,5 \text{ К}$ $\rho=2,0204 \text{ кг/м}^3$.

23. Станція для виробництва розчиненого ацетилену розташована в одноповерховому будинку розмірами в плані 70х40х4 м. В будинку знаходяться такі приміщення: наповнювальне відділення (категорія А) площею 1000 м^2 , компресорне відділення (категорія А) – 500 м^2 , цех ремонту балонів (категорія Д) – 600 м^2 , моторна (категорія В) – 100 м^2 , побутові приміщення (категорія Д) – 100 м^2 . Визначити категорію виробничого будинку.

24. Визначити категорію складів сильнодіючих отруйних речовин, що належать до агрохіобслуговування.

25. Визначити категорію приміщень для зберігання автомашин двигуни яких працюють на скрапленому газі. Вказані приміщення відносяться до ремонтно-технічної бази підприємств Міністерства сільського господарства та продовольства України.

26. В пилоприготувальному приміщенні електростанції для отримання кам'яновугільного пилу кам'яне вугілля розмелюють у кульовому млині. В процесі розмелювання утворюється пил, який вилучається з внутрішнього простору апаратів місцевою витяжкою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України №1809-III «Про пожежну безпеку».
2. Закон України від 24.06.2004 р. №1859-IV «Про правові засади цивільного захисту».
3. Закон України від 08.06.2000 р. №1809-III «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру».
4. Закон України від 18.01.2001 р. №2245-III «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
5. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МНС України від 19.10.2004 р. №126.
6. НАПБ Б.03.000-00 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
7. НАПБ Б.07. 005-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. ОНТП 24-86.
8. ВБН – СтіП–46–3.94. Перелік будівель і приміщень підприємств Міністерства сільського господарства та продовольства України з встановленням їх категорій по вибухопожежній небезпеці, а також класів вибухопожежонебезпечних зон по ПУЕ*.
9. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році. К. – 2007. –236 с.
10. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
11. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
12. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
13. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывоопасность. Общие требования.
14. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: В 2-х кн./А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. –М.: Химия, 1990. Кн. 1–496 с. Кн. 2– 384 с.
15. ДСТУ 3855-99 Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення.
16. НПАОП 0.00-4.33 - 99 Положення щодо розробки планів

локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій.

17.НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

18.ГОСТ Р 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования.

19.Алексеев М.В., Волков О.М., Шатров Н.Ф. Пожарная профилактика технологических процессов производств. – М.ВИПТШ МВД СССР – 1986. –370 с.

20.Клубань В.С., Петров А.П., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса М.: Стройиздат. – 1987. – 477 с.

21.Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. – М.: «Химия», –1986. –211 с.

22.Єлагін Г.І., Шкарабура М.Г. та ін. Основи теорії розвитку і припинення горіння. – Черкаси:ЧПБ, 2001. – 448 с.

23.Задачник «Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів» /Заїка П.І.,Хаткова Л.В.- Черкаси: ЧПБ, 2002.- 80 с.