

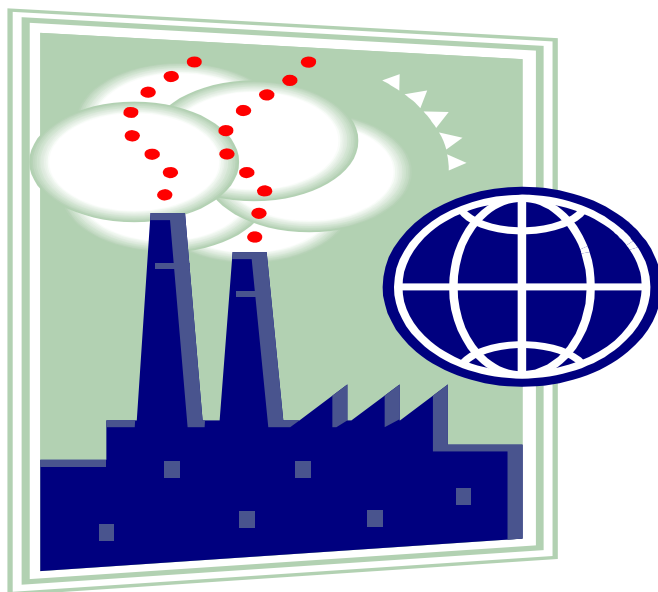
МНС України

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Кафедра “Техногенної безпеки”

Павлюк Ю.Є., Ференц Н.О.

АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА



Львів - 2006

Аналіз пожежної небезпеки технологічних процесів виробництв. Навчальний посібник/ Укл.: Павлюк Ю.Е., Ференц Н.О., - Львів, ЛДУ БЖД, 2006. – 164 с.

Навчальний посібник обговорено та схвалено Вченою радою Львівського університету безпеки життєдіяльності
Протокол № ____ від _____

Укладачі:

Павлюк Ю.Е., кандидат технічних наук, начальник кафедри техногенної безпеки, полковник внутрішньої служби
Ференц Н.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри техногенної безпеки, майор внутрішньої служби

Рецензент:

начальник навчально-методичного відділу ЛДУ БЖД,
полковник внутрішньої служби
О.В. Гудименко

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

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Вивчення технологічного процесу.....	6
1.1. Характеристика основних технологічних понять.....	6
1.2. Технологічна частина проекту.....	14
1.3. Технологічний регламент.....	15
1.4. Технологічна схема виробництва.....	16
1.5. Пожежно-технічна карта.....	20
2. Вивчення властивостей речовин та матеріалів.....	24
2.1. Характеристика газів.....	25
2.2. Характеристика рідин.....	30
2.3. Характеристика твердих речовин.....	33
2.4. Характеристика пилу та волокон.....	34
3. Аналіз умов виникнення горючого середовища та заходи для його запобігання.....	39
3.1. Горюче середовища всередині апаратів.....	39
3.1.1. Апарати з горючими газами.....	40
3.1.2. Апарати з легкозаймистими і горючими рідинами.....	42
3.1.3. Апарати з горючими пилом та волокнами.....	50
3.1.4. Горюче середовище в період пуску та зупинки апаратів.....	53
3.2. Горюче середовища при виході речовин з працюючих апаратів.....	58
3.2.1. Апарати з відкритою поверхнею випаровування.....	58
3.2.2. Апарати з «дихальними» пристроями.....	61
3.2.3. Апарати періодичної дії.....	69
3.2.4. Апарати, що працюють під тиском.....	72
3.3. Горюче середовища при пошкодженнях і аваріях технологічних апаратів.....	74
3.4. Причини пошкоджень технологічних апаратів та заходи протипожежного захисту.....	86
3.4.1. Механічний вплив на матеріал апаратів.....	87
3.4.2. Температурний вплив на матеріал апаратів.....	97
3.4.1. Корозія матеріалу апаратів.....	102
4. Вивчення можливих джерел запалювання.....	111
4.1. Відкритий вогонь, розжарені продукти горіння та нагрітими поверхні.....	112
4.2. Теплові прояви механічної енергії.....	122
4.3. Теплові прояви електричної енергії.....	132

4.4. Теплові прояви хімічної енергії.....	137
5. Аналіз шляхів поширення пожежі та умов, які ускладнюють її гасіння	145
Література.....	162

ВСТУП

Пріоритетним завданням проголошеної в Україні стратегії забезпечення безпеки людини, суспільства та держави є запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, серед яких вагома частка припадає на техногенні надзвичайні ситуації. Значну загрозу для техногенної безпеки становлять радіаційно-, хімічно-, вибухопожежотехнічно та пожежонебезпечні, гідродинамічні об'єкти, аварії на транспорті.

На даний час в Україні функціонує понад 1,5 тис. вибухопожежотехнічно та пожежонебезпечних об'єктів. Пожежна безпека промислових та сільськогосподарських підприємств відповідно до ГОСТ 12.1.004.91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» забезпечується системами запобігання пожежі та протипожежного захисту, а також організаційно-технічними заходами. Системи пожежної безпеки повинні виключати виникнення пожежі та забезпечувати пожежну безпеку людей і матеріальних цінностей.

Розробка систем пожежної безпеки здійснюється, виходячи з аналізу пожежної небезпеки та захисту технологічних процесів. Метод аналізу пожежної небезпеки необхідний при проведенні пожежно-технічної експертизи проектних матеріалів, пожежно-технічному обстеженні об'єктів, дослідженні пожеж, складанні оперативних планів пожежогасіння, інших видах діяльності державного пожежного нагляду.

Незважаючи на різноманітність технологічних процесів, аналіз їх пожежної небезпеки має багато спільного і здійснюється поетапно у такій послідовності:

- **вивчення технологічного процесу,**
- **вивчення властивостей речовин та матеріалів,**
- **аналіз умов виникнення горючого середовища,**
- **вивчення можливих джерел запалювання,**
- **визначення шляхів поширення пожежі та умов, які ускладнюють її гасіння.**

В посібнику детально розглянуті вказані етапи та приведені можливі заходи, що дають можливість зменшити рівень техногенної і, зокрема, пожежної небезпеки.

1. ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.1. Характеристика основних технологічних понять

Технологія (походить з грецьк. *teshne* – майстерність, ремесло, *logos* – наука, вчення) – наука, яка вивчає технічно досконалі та економічно доцільні способи і процеси переробки продуктів природи (сировини) в предмети вжитку та засоби виробництва.

Спосіб переробки – сукупність всіх операцій, які проходить сировина до отримання з неї продукту. В технології спосіб переробки називають способом виробництва даної продукції.

Спосіб виробництва – послідовність опису операцій, які відбуваються у відповідних машинах та апаратах. Такий опис називають технологічною схемою.

Технологічний процес – це сукупність спільних дій людей та засобів виробництва, в результаті яких здійснюється перетворення початкових матеріалів в продукцію конкретного призначення.

Технологічний процес складається із стадій та операцій.

Стадія – частина технологічного процесу, яка включає виготовлення напівфабрикатів чи готової продукції.

Операція – частина технологічної стадії, в якій дія на предмет праці відбувається в одному чи кількох апаратах (машинах). Операції поділяються на основні (технологічні) та допоміжні.

Для систематизації типових технологічних процесів їх класифікують:

- I. За способом організації процесу,
- II. За кратністю обробки сировини,
- III. За зміною параметрів технологічного процесу в часі,
- IV. За способом створення рушійної сили процесу,
- V. За тепловим ефектом,
- VI. За агрегатним станом складових сировини.

I. За способом організації процесу

За цією ознакою технологічні процеси поділяють на періодичні, безперервні та комбіновані.

Періодичним називають процес, в якому визначена порція сировини (С) завантажується в агрегат, проходить в ньому ряд стадій обробки, а потім розвантажуються всі утворені продукти (П) (рис.1.1а).

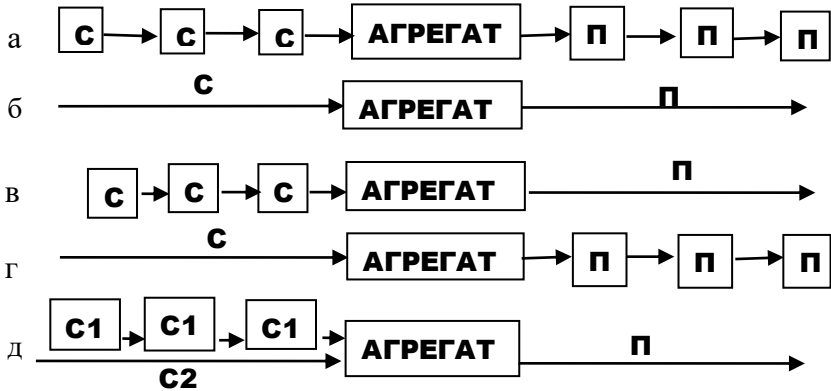


Рис. 1.1. Схеми процесів: а – періодичних; б – безперервних; в-д – комбінованих

Періодичним процесам властива зупинка агрегатів для завантаження сировиною та вивантаження отриманої продукції. Тобто, від завантаження сировини до вивантаження продукту проходить певний період часу. Механізація завантаження і розвантаження утруднена, оскільки вимагаються періодично діючі механізми більшої потужності, ніж для неперервних процесів. Ще важче автоматизувати періодичні процеси, тому що показники режиму, для яких проводиться автоматизація - температура, тиск, концентрація речовини - змінюються протягом процесу. Періодичні процеси є складними для обслуговування. Час циклу, тобто тривалість періодичного виробничого процесу, є завжди більшою, ніж безперервного; енергетичні затрати є завжди більшими.

Експлуатація навіть герметично закритих апаратів періодичної дії пов'язана з необхідністю відкривання люків, кришок, завантажувальних і розвантажувальних пристроїв і виходом при цьому назовні горючих речовин. Тому, періодичні процеси з точки зору пожежної безпеки є більш небезпечними.

Вказані причини і зумовлюють тенденцію до заміни періодичних процесів безперервними.

Прикладами періодичних процесів є виробництво коксу в коксових батареях, виготовлення відливків в формах, а також процес варіння целюлози в котлах періодичної дії тощо.

Безперервними називають процеси (рис.1.16), в яких надходження сировини в апарат (С) і випуск продукції (П) відбувається безперервно (або систематичними порціями) протягом тривалого часу. Їх проводять у проточних апаратах. При цьому технологічні процеси протікають одночасно з допоміжними і транспортними операціями. Простою обладнання немає, продуктивність апаратів більша. В кожній точці апарата є постійними температура, концентрація речовин, тиск тощо, тобто легко вести спостереження за роботою апаратів, механізувати завантаження сировини і вивантаження продукту, автоматизувати процес. При безперервному процесі, як правило, покращується якість продукції, полегшується процес використання тепла реакції і відходів виробництва, наприклад, газів, оскільки, вони вилучаються рівномірно. Однак, на даний час не можна перевести всі періодичні процеси на неперервні; в одних випадках це приводить до погіршення якості продукції (наприклад, при коксуванні), в інших - ще не винайдено способи раціональної механізації і автоматизації процесів, особливо на малопотужних і малогабаритних установках.

Прикладом безперервного процесу є процес варіння целюлози в трубчастих варильних апаратах (рис.1.2)

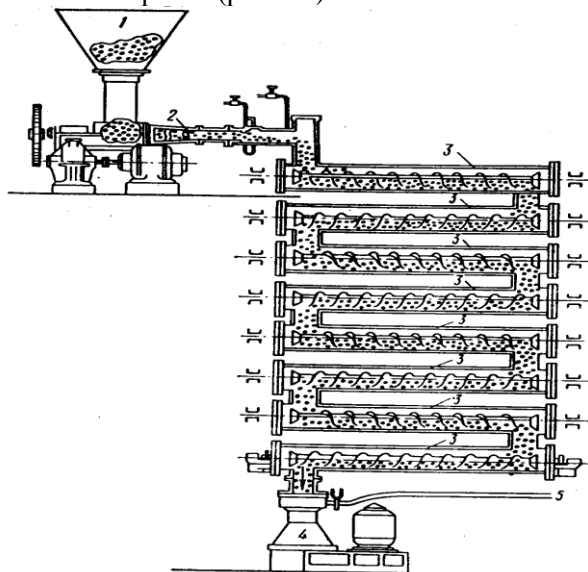


Рис.1.2. Трубчастий варильний апарат типу „Пандія”: 1 – бункер; 2 – шнековий живильник; 3 – варильні труби з шнеками; 4 – розвантажувальні механізми; 5 – видувна труба

Безперервні процеси при запуску і зупинці є більш пожежонебезпечними, ніж у встановлений режим роботи.

Комбіновані – такі процеси (рис.1.1 в-д), у яких окремі стадії неперервних процесів здійснюють періодично або окремі стадії періодичних процесів проводять неперервно.

У комбінованих процесах можна періодично подавати сировину (С) до агрегату і безперервно виводити з нього продукцію (П) (рис.1.1 в) або навпаки безперервно подавати до агрегату сировину (С), а періодично виводити отриману продукцію (П) (рис.1.1 г). Можливий і такий варіант: періодичне подавання до агрегату однієї складової сировини (С1), і безперервне другої (С2). Отримана продукція (П) при такій схемі виходить з агрегату безперервно (рис.1.1 д).

II. За кратністю обробки сировини

За кратністю обробки сировини технологічні процеси поділяють на відкриті, замкнені та комбіновані (рис.1.3).

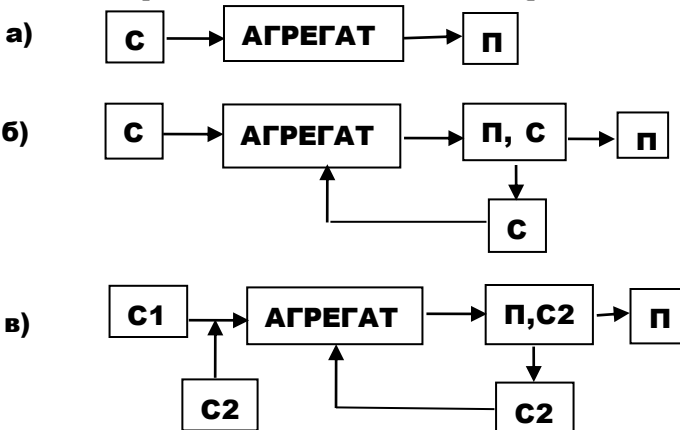


Рис.1.3. Схеми технологічних процесів: а – відкритий; б – замкнений; в – комбінований

Якщо технологічний процес відкритий, то сировина перетворюється на готову продукцію протягом одного циклу перебування її в агрегаті.

Якщо сировина, або окремі її складові неоднаразово повертаються в агрегат для повторної обробки чи після регенерації (відновлення втрачених властивостей), то це замкнений технологічний процес. Прикладом замкненого процесу може бути виробництво поліетилену високого тиску, під час якого лише 20% етилену перетворюється у поліетилен, решта після очищення повертається до агрегату. Порівняно з відкритими, замкнені процеси компактніші. На них менше витрачається електричної енергії, сировини. Отримана продукція якісніша. Замкнені процеси є основою створення безвідходних, енерго- та сировинноощадних технологій.

У комбінованих процесах основна сировина (С1) може перетворюватись на продукцію (П) за один цикл перебування в агрегаті, а допоміжна сировина використовується багаторазово.

III. За зміною параметрів процесу в часі

За зміною параметрів в часі технологічні процеси поділяють на:

- **стаціонарні**, в яких значення параметрів (температура, швидкість, концентрація тощо) постійні в часі;
- **нестаціонарні**, в яких значення параметрів (температура, швидкість, концентрація тощо) змінні в часі. Періодичні процеси належать до нестаціонарних і тому їх складно автоматизувати. З точки зору пожежної безпеки більш небезпечні нестаціонарні процеси.

IV. За способом створення рушійної сили процесу

За способом створення рушійної сили процесу технологічні процеси поділяють на фізичні (гідравлічні, теплові, масообмінні, гідродинамічні, механічні) та хімічні. Більшість процесів (чи окремі їх частини) є однотипними. Класифікацію основних технологічних процесів приведено на рис.1.4.

Гідравлічні процеси пов'язані з переміщенням рідких і газоподібних матеріалів, зокрема, транспортування, зберігання, дозування. Рушійною силою гідравлічних процесів є різниця тисків. Швидкість протікання гідравлічних процесів визначається законами гідродинаміки.

Теплові процеси пов'язані з передачею тепла від одного тіла до іншого. Це процеси нагрівання та охолодження, випаровування та

конденсації, плавлення і тверднення. Рухійною силою теплових процесів є різниця температур. Швидкість проходження теплових процесів визначається законами теплопередачі.

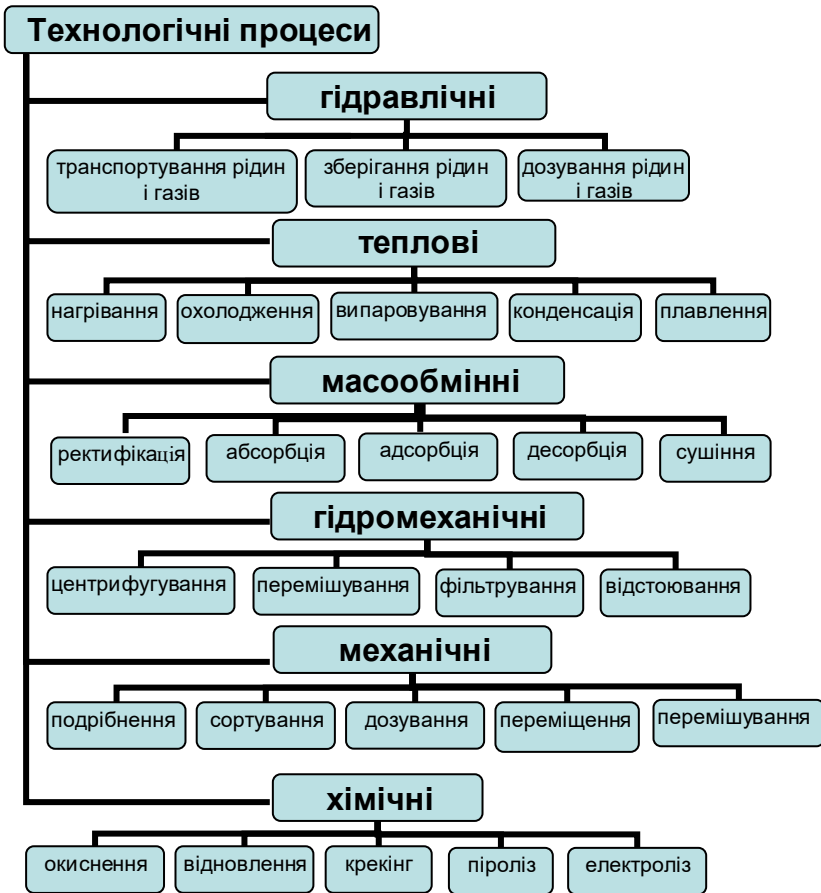


Рис. 1.4. Схема класифікації технологічних процесів

Масообмінні процеси пов'язані з переходом речовини з однієї фази в іншу шляхом дифузії. В процесах масообміну завжди беруть участь дві фази, наприклад, рідка і парова, рідка і газоподібна, тверда і рідка, дві рідкі фази тощо. До цього класу процесів належить ректифікація, абсорбція, адсорбція, десорбція, екстракція, сушіння, кристалізація тощо. Рухійною силою масообмінах процесів є різниця

концентрацій. Швидкість процесів визначається законами масопередачі.

Гідродинамічні процеси пов'язані з обробкою неоднорідних систем: рідин і газів (парів), що містять завислі в них тверді або рідкі частинки. До цих процесів відноситься центрифугування, перемішування, фільтрування, проходження газу та рідини через шар сипких матеріалів. Рушійна сила – це різниця тисків, що зумовлена різницею густин вихідних речовин. Швидкість процесів визначається законами гідродинаміки неоднорідних систем.

Механічні процеси пов'язані з обробкою твердих матеріалів, зокрема, подрібнення, розмелювання, просіювання, перемішування, дозування та транспортування сипких матеріалів. Рушійною силою таких процесів є прикладання до тіла зусилля або напруження (стиснення, зсув, розтяг). Швидкість процесів визначається законами механіки твердих тіл.

Хімічні процеси пов'язані з перетворенням певної речовини з метою отримання відповідних сполук. До цього класу належить окиснення, відновлення, синтез, нейтралізація, електроліз, нітрування, крекінг, риформінг, піроліз, ізомеризація, полімеризація тощо. Рушійна сила – це різниця концентрацій реагуючих речовин. Швидкість хімічних процесів визначається законами хімічної кінетики.

Будь-який процес пов'язаний з супутніми процесами. Так, масообмін пов'язаний з перенесенням тепла і гідромеханічними процесами, хімічні реакції супроводжуються перенесенням тепла тощо.

V. За тепловим ефектом

В процесі переробки сировини тепла енергія може виділятися або поглинатися. За цими ознакам технологічні процеси поділяють на екзотермічні та ендотермічні.

Екзотермічними (*від грецьк. – той, що віддає теплоту*) називають такі технологічні процеси, у яких при взаємодії реагуючих речовин виділяється теплота.

Ендотермічними (*від грецьк. – той, що вбирає теплоту*) називають такі технологічні процеси, у яких при взаємодії реагуючих речовин поглинається теплота.

VI. За агрегатним станом складових сировини

За цією ознакою технологічні процеси поділяють на гомогенні та гетерогенні. Гомогенними (*гомо* - від грецьк. *однаковий*, *ген* - від грецьк. - *створюю*) називають такі технологічні процеси, у яких всі реагуючі речовини (складові сировини) перебувають лише в одному стані: твердому, рідкому чи газоподібному.

Гетерогенними (*гетеро* - від грецьк. *інший*, *ген* - від грецького - *створюю*) називають такі технологічні процеси, у яких всі реагуючі речовини (складові сировини) перебувають у різних агрегатних станах: твердому і рідинному, газовому і рідинному, твердому і газоподібному тощо.

Технологічний баланс - результати розрахунків, наведені у вигляді рівнянь, таблиць або діаграм, які відображають кількість введених і отриманих у виробничому процесі матеріалів та енергії (її надходження і витрати).

В основі матеріальних та енергетичних балансів лежать закони збереження матерії та енергії. У кожному матеріальному балансі кількість введених у виробничий процес матеріалів повинна дорівнювати кількості отриманих основних та проміжних продуктів і відходів виробництва. Маса речовин у матеріальних балансах приводиться окремо для твердої, рідкої і газоподібної фази за рівнянням:

$$M_m + M_p + M_z = M'_m + M'_p + M'_z,$$

де M_m, M_p, M_z - маси твердих, рідких і газоподібних матеріалів, які були до технологічного процесу; M'_m, M'_p, M'_z - маси твердих, рідких і газоподібних продуктів, які отримали в результаті технологічного процесу.

Аналогічно повинні бути однаковими кількість введеної теплової та електричної енергії і кількість виведеної з продуктами і відходами енергії:

$$Q_\phi + Q_{ек} + Q_z = Q'_\phi + Q'_н,$$

де Q_ϕ - фізична теплота, яку ввели з вихідними речовинам; $Q_{ек}$ - теплота екзотермічних реакцій і фізичних переходів з одного агрегатного стану в інший; Q_z - теплота, що підводиться зовні; Q'_ϕ -

фізична теплота, яку виведено з процесу разом з продуктами реакції; Q'' - втрати теплоти у навколишнє середовище.

Основною характеристикою роботи машин, апаратів, цехів і заводів є продуктивність. **Продуктивністю** називається кількість виробленої продукції чи переробленої сировини за одиницю часу. Збільшення продуктивності роботи апарата досягається збільшенням його розмірів чи збільшенням інтенсивності роботи. Як правило, комбінуються обидва способи збільшення продуктивності. Збільшення об'єму апарата призводить до економії металу чи іншого конструктивного матеріалу в розрахунку на одиницю реакційного об'єму і на одиницю продукції, що виробляється.

Інтенсивністю роботи апарата називається його продуктивність відносно будь-якої величини, яка характеризує його розміри. Як правило, для розрахунку інтенсивність прирівнюють до об'єму апарата або площі його перерізу. Інтенсивність досягається покращенням конструкцій машин та апаратів та вдосконаленням технологічних процесів в апаратах даного виду.

Джерелами інформації про технологічні процеси виробництва на стадії проектування є **технологічна частина проекту**, а на стадії експлуатації виробництва - **технологічний регламент**.

1.2. Технологічна частина проекту

Технологічна частина проекту складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Розрахунково-пояснювальна записка містить:

- опис основних фізико-хімічних властивостей сировини та продукції, яка виготовляється;
- опис принципової технологічної схеми виробництва; характеристика й обґрунтування основних технологічних рішень та технологічних процесів;
- обґрунтування вибору основного технологічного обладнання, його характеристика та прийняті варіанти розташування;
- перелік виробничих процесів, для яких проектується автоматизація;
- обґрунтування прийнятих у проекті рішень про застосування в технологічних процесах та апаратах контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (автоматичний контроль, регулювання, блокування, захист);

- обґрунтування та характеристика джерел енергії (електричної, теплової), які використовуються у виробництві;
- матеріальні та технологічні розрахунки;
- режим роботи підприємства;
- вид і кількість стандартного та нестандартного обладнання;
- заходи техніки безпеки і пожежної безпеки.

Вказані заходи викладені у розділах “Охорона праці” або “Протипожежні заходи”, у яких повинна бути дана узагальнена характеристика пожежної небезпеки виробництва та проектні технічні рішення, прийняті для усунення або зменшення цієї небезпеки.

Графічний матеріал технологічної частини проекту містить:

- креслення принципової схеми технологічного процесу;
- схеми розташування технологічних трубопроводів та комунікацій;
- функціональні виробничі схеми або переліки систем автоматизації;
- плани і розрізи виробничих будівель та установок із розташуванням технологічного обладнання і транспортних засобів;
- схеми електропостачання та теплових мереж (на зведеному плані інженерних мереж);
- креслення нестандартного обладнання.

1.3. Технологічний регламент

Технологічний регламент є основним технологічним документом, що визначає порядок проведення операцій технологічного процесу.

Технологічні процеси необхідно проводити відповідно до регламентів та іншої, затвердженої у встановленому порядку нормативно-технічної та експлуатаційної документації (ППБвУ. П.7.7.2). Дотримання вимог технологічного регламенту, які забезпечують якість продукції, що випускається, раціональне проведення технологічного процесу, цілісність устаткування і безпеку роботи, є обов'язковим.

Технологічний регламент (новий) розробляють НДІ або КБ підприємств. Він оформлюється у вигляді комплексу технологічної документації і затверджується керівником підприємства. Будь-яка зміна регламенту має проводитись одночасно у всіх відділах і на всіх

стадіях виробництва спеціальним розпорядженням технологічної служби, яке затверджується головним інженером. Контроль за дотриманням технологічного регламенту доручено змінному майстру (начальнику зміни).

Технологічні регламенти поділяють на:

- постійні (на діючих виробництвах);
- тимчасові (на нових виробництвах, а також на виробництвах, у технологію яких внесено принципові зміни);
- разові (на дослідних виробництвах).

Будь-які зміни або доповнення до технологічних регламентів повинні затверджуватися організацією, яка його встановила.

До складу технологічного регламенту, як правило, входять такі дані:

- загальна характеристика виробництва;
- характеристика продукції, що випускається;
- характеристика сировини, матеріалів та напівфабрикатів;
- опис технологічного процесу;
- норми технологічного режиму (тиск, температура, концентрація тощо);
- можливі неполадки, їх причини та способи усунення;
- щорічні норми витрати сировини та енергоресурсів;
- контроль виробництва;
- основні правила безпечного проведення процесу;
- щорічні норми утворення відходів (твердих відходів, стічних вод, викиди в атмосферу);
- охорона довкілля;
- перелік обов'язкових інструкцій;
- матеріальний баланс;
- технологічна схема виробництва;
- специфікація основного технологічного обладнання.

У технологічному регламенті вказується послідовність виконання операцій по стадіях технологічного процесу, співвідношення між виробничими потужностями відділів та дільниць, розташування обладнання, оптимальний режим роботи технологічного обладнання, послідовність технологічного процесу та його параметри на кожній стадії.

1.4. Технологічна схема виробництва

До складу технологічної частини проекту і технологічного регламенту входить технологічна схема виробництва, за якою можна уявити технологічний процес, що аналізується, і в цілому оцінити його пожежну небезпеку.

Технологічна схема виробництва – це послідовний опис чи графічне зображення послідовних технологічних операцій (процесів) та відповідних їм апаратів з перетворення сировини на готову продукцію. Технологічні схеми виробництва поділяють на такі типи:

- з відкритим ланцюгом;
- циклічні (циркуляційні, кругові, замкнені).

Схема з відкритим ланцюгом складається з апаратів, через які всі компоненти проходять лише один раз. Циклічна схема передбачає багаторазове повернення до одного апарата всіх реагуючих мас чи однієї з фаз в гетерогенному процесі до досягнення заданого ступеня перетворення початкових речовин.

Технологічна схема має вигляд послідовних схематичних зображень пов'язаних між собою машин і апаратів або ж послідовних умовних позначень поєднаних між собою операцій.

Операція відбувається в одному чи декількох апаратах; у ній можуть поєднуватись різні технологічні процеси. В кожному апараті може відбуватися один процес чи їх сукупність.

Технологічні апарати на схемі зображують у вигляді спрощених зовнішніх обрисів елемента, стандартного умовного позначення, прямокутників і інших геометричних фігур. Приклади зображення технологічного обладнання, технологічних схем та операцій показано на рисунках 1.5-1.7.

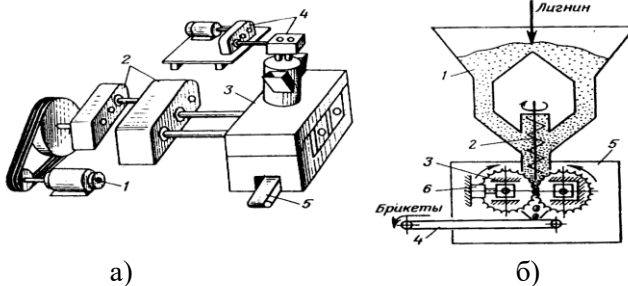


Рис.1.5.

Рис.1.5(а). Брикетувальний валковий прес високого тиску: 1 – електродвигун приводу валків; 2 – редуктори; 3 – формувальні

валки; 4 – привід шнекового підпресувальника; 5 – транспортер брикетів

Рис.1.5(б). Схема брикетувального валкового преса високого тиску: 1 – бункер лігніну; 2 – шнек-підпресувальник; 3 – пресувальні валки; 4 – транспортер; 5 – корпус преса; 6 – гідронасос

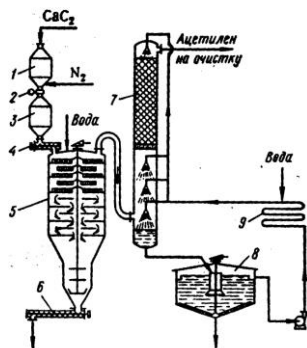


Рис.1.6. Технологічна схема виробництва ацетилену з карбіду кальцію: 1 – приймальний бункер, 2 – автоматичний затвор, 3 – буферний бункер; 4 – шнек; 5 – ацетиленовий генератор; 6 – шнек для вилучення вапна; 7 – скруббер; 8 – відстійник; 9 – холодильник

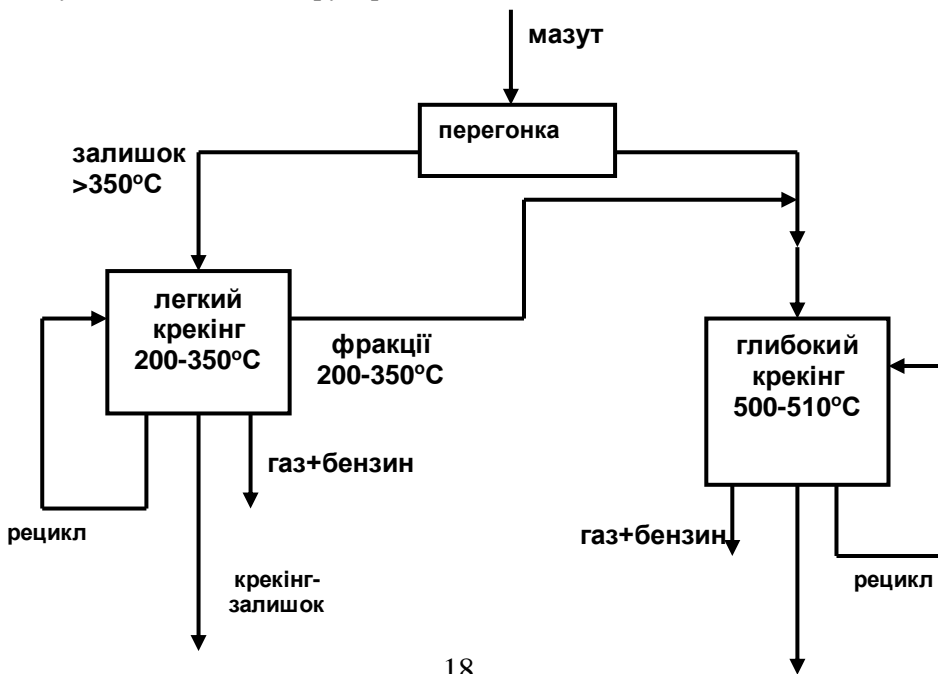


Рис. 1.7. Схема термічного крекінгу мазуту

Технологічні схеми поділяють на **повну** і **принципову**.

Повна технологічна схема - детальне графічне зображення та опис технологічного процесу, включаючи всі операції, апарати, резервне обладнання, контрольно-вимірювальні прилади та автоматику, захисні пристрої, системи регенерації тепла і речовин, резервну обв'язку трубопроводами тощо. Повна технологічна схема необхідна при детальному вивченні технології, але вона не дуже зручна при первинному вивченні технологічного процесу. При первинному вивченні виробництва краще працювати з принциповою технологічною схемою.

Принципова технологічна схема містить таку інформацію:

- послідовність технологічних операцій (нагрівання, охолодження, фарбування, сушіння, хімічні реакції тощо);
- основне технологічне обладнання (теплообмінні апарати, ректифікаційні колони, насоси, компресори тощо) без вказання кількості однотипних апаратів;
- норми технологічного режиму (тиск, температура, концентрація тощо);
- місця вводу в процес сировини і допоміжних речовин та виходу з процесу готової продукції, побічних продуктів і відходів виробництва.

Принципова технологічна схема дає інформацію про фізико-хімічну суть процесів, що протікають у виробництві, і, отже, частину початкових даних для аналізу пожежної небезпеки даного виробництва.

Якщо при проведенні пожежно-технічного обстеження або експертизи проектних матеріалів у фахівця пожежної охорони немає принципової технологічної схеми, але є повна, рекомендується спростити її, перетворивши в принципову. Цю роботу можуть виконати як проектна організація чи підприємство, так і фахівці пожежної охорони.

При розробці принципової технологічної схеми (чи перетворенні повної технологічної схеми у принципову) необхідно дотримуватися таких рекомендацій:

- показувати одну з декількох однотипних технологічних ліній;

- показувати одну з декількох однотипних операцій або один із декількох паралельних (або послідовних) однотипних апаратів;
- вилучити резервне устаткування;
- вилучити або спростити системи регенерації (утилізації) тепла;
- вилучити обв'язку апаратів додатковими трубопроводами;
- вилучити контрольно-вимірювальні прилади;
- вилучити всі захисні прилади й пристрої.

Таким чином, використовуючи технологічний регламент, технологічну схему (повну чи принципову) та технологічну частину проекту, можна оцінити вибухопожежонебезпеку апарата, процесу, а також рівень їх протипожежного захисту; з вказаних документів визначається інформація про технологічні процеси, необхідна працівникам пожежної охорони для аналізу пожежної безпеки об'єкта в цілому.

1.5. Пожежно-технічна карта

До матеріалів, які характеризують протипожежний стан об'єкта, належить карта пожежної безпеки чи пожежно-технічна карта.

Пожежно-технічна карта – документ, що дає інформацію про пожежну безпеку об'єкта (виробництва), про засоби пожежного захисту, які знаходяться на об'єкті, а також про необхідні додаткові заходи, спрямовані на зменшення пожежної безпеки.

Пожежно-технічна карта необхідна при проведенні ряду робіт як :

- довідковий документ (при проведенні пожежно-технічного обстеження діючого, чи такого, що будується, виробництва, при розгляді проектних матеріалів);
- засіб узагальнення різних даних про пожежну безпеку і захист (при розробці пожежних норм проектування і правил експлуатації виробництв);
- посібник при навчанні виробничого персоналу основам пожежної безпеки;
- планшет постійної і змінної поточної обстановки при організації повсякденної пожежно-профілактичної роботи на виробництві;

- основа для розробки оперативного плану гасіння пожежі на виробництві;

- один з документів технологічної частини проекту, технологічного регламенту, оперативного плану пожежогасіння.

Розробниками пожежно-технічної карти можуть бути фахівці проектних інститутів, працівники промислових підприємств, працівники Державного пожежного нагляду, які забезпечують пожежну безпеку об'єкта (виробництва) на всіх стадіях його розвитку.

Основою для розробки пожежно-технічної карти є дані про пожежну небезпеку і захист об'єкта.

Пожежно-технічна карта умовно розбивається на три інформаційні поля: поле принципової схеми виробництва; поле реального розташування обладнання і матеріалів на виробництві; поле характеристики небезпеки і захисту.

При складанні пожежно-технічної карти виробництва користуються принциповою технологічною схемою виробництва (див.п.1.4.). Технологічні апарати, як правило, зображають у вигляді спрощених зовнішніх обрисів елемента.

На схемі розташування обладнання і матеріалів зображають плани і розрізи будівель, етажерок і майданчиків (з показом розташування на них технологічного обладнання і матеріалів). На кресленні вказується інформація про кількість однакових технологічних ниток, однотипних операцій, що багаторазово повторюються, про апарати однакового призначення, резервне обладнання тощо. Якщо обладнання і матеріали розташовують на декількох висотах, необхідно подати поверхові плани, плани робочих майданчиків на різних позначках, вертикальні розрізи будівель (чи висотної технологічної установки). Доцільно виділити особливо небезпечні ділянки (з загрозою для життя людей і можливою великою шкодою від пожежі). Межі кожної особливо небезпечної ділянки позначають, визначають площу, пожежне навантаження, кількість людей, що працює одночасно, вартість розташованого на ній технологічного обладнання, технологічних матеріалів і готової продукції. На плані розташування обладнання і матеріалів (для всіх приміщень і дільниць) вказують також нормативні характеристики пожежної небезпеки виробництва (категорії, класи згідно з ПУЕ). План розташування обладнання і матеріалів, що включається в

пожежно-технічну карту, може охоплювати не все виробництво, а лише найбільш характерні і вибухопожежонебезпечні дільниці. На фрагментах сусідніх приміщень вказують їх найменування та категорії за пожежною небезпекою або призначенням.

Характеристики безпеки охоплюють небезпечні матеріали, безпеку виникнення пожежі, безпеку поширення пожежі, безпеку для життя людей, безпеку матеріальної шкоди і особливо небезпечні дільниці. Кожну характеристику безпеки і захисту необхідно коротко записують умовними позначеннями чи текстом за певним порядковим номером, який також повинен бути вказаний на технологічній схемі і плані розташування обладнання поблизу місця виникнення безпеки і застосування захисту. Порядковий номер характеристики може складатися з двох цифр, з яких перша означає належність до певної групи характеристик, друга – порядковий номер в даній групі.

Заходи захисту капітального чи експлуатаційного характеру можуть враховувати всі напрямки пожежного захисту виробництва (технологія, будівельна справа, електроустановки, водопостачання, опалення та вентиляція, виявлення і гасіння пожеж). Щодо кожного з заходів захисту слід вказати, чи виконаний він чи тільки передбачається виконання. У тих випадках, коли вказані заходи є нормативними, дають посилання на норми і правила.



Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які об'єкти становлять загрозу техногенній безпеці?
2. Чим зумовлена необхідність проведення аналізу пожежної безпеки технологічних процесів виробництв?
3. У якій послідовності здійснюється аналіз пожежної безпеки технологічного процесу?
4. Дайте визначення основних технологічних понять.
5. Що таке продуктивність апарата, інтенсивність? Шляхи їх підвищення.
6. За якими ознаками класифікують технологічні процеси?
7. Які процеси є більш небезпечні: періодичні чи безперервні? Стаціонарні чи нестаціонарні? Обґрунтуйте відповідь.

8. Як класифікують технологічні процеси за способом організації? Наведіть приклади таких процесів.
9. Як класифікують технологічні процеси за кратністю обробки сировини? Назвіть типи фізичних процесів.
10. Яка відмінність між технологічною частиною проекту та технологічним регламентом?
11. З яких розділів складається розрахунково-пояснювальна записка?
12. Який графічний матеріал містить технологічна частина проекту?
13. Технологічні регламенти, їх класифікація та складові частини.
14. Назвіть типи технологічних схем.
15. Як здійснити перетворення повної технологічної схеми у принципову?
16. Яку інформацію містить принципова технологічна схема?
17. Який технологічний документ необхідний працівникові пожежної охорони для аналізу пожежної небезпеки об'єкта в цілому?
18. Що таке пожежно-технічна карта?
19. При яких видах робіт може бути використана пожежно-технічна карта?

2. ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ

У промисловому виробництві обертаються (зберігаються чи переробляються) різноманітні за властивостями речовини: горючі гази, легкозаймисті та горючі рідини, тверді горючі матеріали, зокрема, горючі пил та волокна. Вивчення їх фізико-хімічних та вибухопожежонебезпечних властивостей дає можливість охарактеризувати горюче середовище. *На всі застосовувані в технологічних процесах речовини і матеріали повинні бути дані про показники їх пожежної небезпеки згідно з ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура, показателей и методы их определения» (ППБвУ. П.7.7.3).* Вибухонебезпечні властивості характеризують здатність речовин та матеріалів до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, в залежності від його швидкості і умов протікання, можуть бути пожежа (дифузійне горіння) або вибух (дефлаграційне горіння попередньо перемішаної суміші горючого з окисником).

У таблиці 2.1. наведено основні показники, які характеризують вибухо- та пожежонебезпеку речовин та матеріалів.

Таблиця 2.1

Показники вибухо- та пожежонебезпечності речовин та матеріалів

Показник	Агрегатний стан речовини (матеріалу)			
	Газ	Рідина	Тверда речовина	Пил
1	2	3	4	5
Група горючості	+	+	+	+
Температура спалаху	-	+	-	-
Температура займання	-	+	+	+
Температура самозаймання	+	+	+	+
Концентраційні межі поширення полум'я	+	+	-	+
Температурні межі поширення полум'я	-	+	-	-
Температура тління	-	-	+	+
Умови теплового самозаймання	-	-	+	+
Мінімальна енергія запалювання	+	+	-	+

Кисневий індекс	-	-	+	
1	2	3	4	5
Здатність вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншим речовинами	+	+	+	+
Нормальна швидкість поширення полум'я	+	+	-	-
Швидкість вигорання	-	+	-	-
Коефіцієнт димоутворення	-	-	+	-
Індекс поширення полум'я	-	-	+	-
Показник токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів	-	-	+	-
Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню	+	+	-	+
Мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора	+	+	-	+
Максимальний тиск вибуху	+	+	-	+
Швидкість зростання тиску вибуху	+	+	-	+

Примітка. Знак «+» вказує на наявність даного показника, знак «-» - на його відсутність.

2.1. Характеристика газів

Гази – речовини, абсолютний тиск парів яких при 50 °С рівний чи більший 300 кПа або критична температура яких менша 50°С. Інше визначення – речовини, тиск насичених парів яких при температурі 25 °С і тиску 101, 3 кПа перевищує 101,3 кПа.

Горючі гази можуть знаходитись як у стиснутому, так і у скрапленому стані. Будь-який газ можна перетворити в рідину, шляхом зміни тиску та температури. Температура, нижче якої газ переходить до рідкого стану, називають критичною ($T_{кр}$). Тиск, необхідний для скраплення газу при цій температурі, називається критичним ($P_{кр}$).

Скраплені газы найбільш небезпечні під час значного підвищення температури, при цьому збільшується тиск газу на стінки апаратів чи резервуарів, в яких він знаходиться. Якщо температура перевищить критичну, що можливе при виникненні пожежі або наявності інших джерел тепла, то рідка фаза миттєво переходить до газоподібного стану. При цьому тиск збільшується в декілька разів і обладнання руйнується.

При оцінці вибухопожежонебезпеки горючих газів необхідно враховувати такі властивості:

- **група горючості**

Група горючості – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до горіння. За горючістю речовини і матеріали поділяють на три групи:

негорючі – речовини і матеріали, які не здатні до горіння на повітрі. Негорючі речовини можуть бути вибухопожежонебезпечними, наприклад, окисники чи речовини, які виділяють горючі продукти при взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним;

важкогорючі – речовини і матеріали, які здатні горіти у повітрі при наявності джерела запалювання, але не здатні горіти після його вилучення;

горючі – речовини і матеріали, які здатні самозагорятися, а також загорятися при наявності джерела запалювання і самостійно горіти після його вилучення.

Існує непрямий метод визначення груп горючості. Горючі гази відносять до горючих, якщо газ має концентраційні межі поширення полум'я; якщо газ не має меж поширення полум'я, але має температуру самозаймання, то його вважають **важкогорючим**. Однак, важкогорючий газ при нагріванні може стати горючим.

- **температура самозаймання** – найменша температура речовини, при якій в умовах спеціальних випробувань відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій, що закінчується полум'яним горінням.

Температура самозаймання більшості газів є високою (більше 400°C), тому при нормальних умовах експлуатації апаратів можливість самозаймання малоімовірно. Винятком є процес отримання деяких горючих газів сухою перегонкою кам'яного вугілля, сланців тощо. При цьому температура перевищує 800 °C і найменше витікання газу супроводжується його самозайманням.

- **нижня та верхня концентраційні межі поширення полум'я** (φ_H^o, φ_B^o) - мінімальний і максимальний вміст горючої речовини в однорідній суміші з окисним середовищем, при якому можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

Суть методу визначення концентраційних меж поширення полум'я полягає в запалюванні газо- (паро- чи пило-) повітряної суміші заданої концентрації досліджуваної речовини в об'ємі реакційної ємкості і встановлення її мінімального та максимального значення при якому відбувається поширення полум'я.

Всі горючі гази здатні утворювати з повітрям вибухопожежонебезпечні суміші. Для більшості газів нижня концентраційна межа поширення полум'я низька, відповідно, навіть при незначному витоку можливе утворення у виробничому приміщенні вибухопожежонебезпечної концентрації. Для багатьох газів характерним є велика область займання (вибуху): для водню 4...75%, ацетилену 1,5...82%, оксиду вуглецю 12,5...75%, водяного газу 6,2...72%. Чим більшою є область займання (вибуху), тим більшу пожежну небезпеку має газ. Введення в газоповітряну суміш домішок негорючого газу зменшує його пожежну небезпеку, збільшуючи нижню межу поширення полум'я і зменшуючи область займання (вибуху). Основним показником для класифікації за ступенем пожежної небезпеки виробництв, в яких обертаються горючі гази, прийнята нижня концентраційна межа поширення полум'я.

- **мінімальна енергія запалювання** – найменше значення енергії електричного розряду, яке здатне запалити найбільш легкозаймисту суміш газу (пари чи пилу) з повітрям з ймовірністю 0,01 при оптимальних параметрах іскрового розряду.

- **здатність вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами**

Метод визначення небезпеки взаємного контакту речовин базується на механічному перемішуванні досліджуваних зразків в заданому співвідношенні і оцінці результатів випробувань.

- **нормальна швидкість поширення полум'я** – швидкість переміщення фронту полум'я відносно незгорілої суміші в напрямку, перпендикулярному до його поверхні. Для визначення нормальної швидкості поширення полум'я створюють газо- (чи паро-) повітряну суміш стехіометричного складу, запалюють її і оцінюють швидкість переміщення фронту полум'я.

- **максимальний тиск вибуху** – найбільший тиск, що виникає при дефлаграційному згорянні газо- (паро- чи пило-) повітряної суміші в замкнутій посудині при початковому тиску горючої суміші 101,3 кПа.

Визначення максимального тиску вибуху полягає в запалюванні газо- (паро- чи пило-) повітряної суміші заданого складу в об'ємі реакційної ємкості і реєстрації надлишкового тиску, що виникає при займанні горючої суміші. Змінюючи концентрацію горючого в суміші, знаходять максимальне значення тиску вибуху.

- **швидкість зростання тиску при вибуху** – похідна тиску вибуху за часом на зростаючій ділянці залежності тиску вибуху газо-, (паро- чи пило-) повітряної суміші в замкнутій посудині від часу. Для визначення швидкості зростання тиску вибуху експериментально визначають максимальний тиск вибуху горючої суміші в замкнутій ємкості, будують графік зміни тиску вибуху з часом, розраховують середню і максимальну швидкість.

- **мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню** – така концентрація кисню в горючій суміші горючої речовини, повітря, флегматизатора, нижче якої поширення полум'я в суміші стає неможливим при будь-якій концентрації горючого в суміші, яка розведена даним флегматизатором. Визначення мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню полягає у випробуванні на займання газо- (паро- чи пило-) повітряних сумішей різного складу, розведених даним флегматизатором, до виявлення мінімальної концентрації кисню і максимальної концентрації флегматизатора, при яких ще можливе поширення полум'я по суміші.

- **мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора** – найменша концентрація флегматизатора в суміші з горючим і окисником, при якому суміш стає нездатною до поширення полум'я при будь-якому співвідношенні горючого і окисника.

При визначенні мінімальної флегматизуючої концентрації флегматизатора визначають концентраційні межі поширення полум'я горючої речовини при розведенні газо- (паро- чи пило-) повітряних сумішей даним флегматизатором і будують «криву флегматизації». Пік «кривої флегматизації» відповідає значенню мінімальної флегматизуючої концентрації флегматизатора.

Одночасно із вивченням показників вибухопожежонебезпеки необхідно розглянути фізико-хімічні властивості газів, зокрема:

- **склад газу**

Дана властивість має значення для газів, які є фізичною сумішшю (світільний, водяний, генераторний тощо). Пожежна небезпека таких газів залежить від їх складу. Водяний газ, наприклад, є суміш водню і оксиду вуглецю (CO) (утворюється під

час продування водяної пари через розжарене вугілля), а в склад генераторного газу (утворюється в процесі газифікації твердого палива) входить до 7,7 % вуглекислого газу, тобто негорюча складова. Очевидно, що водяний газ є значно небезпечніший за генераторний.

- **густина**

Густина газів за повітрям виражається відношенням молекулярної маси повітря. Знаючи густину, можна наперед визначити місця найбільш ймовірних концентрацій газу, і відповідно, встановити місця розташування приймачів витяжної вентиляції.

- **теплота згоряння**

Теплота згоряння газу є дуже великою. Вона становить, наприклад, для метану біля 9500 ккал/м³, ацетилену біля 1400 ккал/м³. Теплота згоряння газу впливає на температуру у вогнищі горіння, швидкість поширення полум'я, поведінку конструкцій будівлі і виробничої апаратури в умовах пожежі тощо.

- **здатність до електризації**

Електризація - здатність пилу до нагромадження статичної електрики під час руху.

Хімічно чисті гази є діелектриками, тому при рухові по трубах, при витіканні через отвори вони електризуються. Наявність домішок і вологи зменшує здатність до електризації, і відповідно, виключає можливість утворення високих потенціалів, що можуть призвести до іскрового розряду.

Величина потенціалів залежить від швидкості руху дисперсної маси пилу і може набувати великих значень. В окремих аспіраційних установках для транспортування пилу фіксувалися потенціали до 6000 В. Іскри від розрядів такого потенціалу мають достатню потужність щоб стати джерелом запалювання пилу.

- **розчинність**

Деякі гази здатні розчинятись у воді, легкозаймистих та інших рідинах. Це необхідно враховувати при визначенні способів зберігання газу і при гасінні пожеж.

- **корозійна здатність**

Корозійну здатністю мають гази, що містять сірчисті сполуки. При взаємодії металів з сірчистими сполуками утворюються сульфіди, які легко окиснюються на повітрі з вилученням значної

кількості тепла, здатного нагріти їх до самозаймання. Крім цього, корозійно здатними є кисень і водень. При взаємодії газоподібного кисню з металом утворюються оксиди, які відшаровуючись, зменшують товщину стінок виробничих апаратів. При підвищенні тиску можлива дифузія водню вглиб металу виробничого обладнання. Метал стає крихким, втрачає свою міцність.

- **токсичність**

Більшість газів шкідливо діють на організм людини (є токсичними). До особливо отруйних газів відносяться: хлор, оксиди азоту, аміак, оксид вуглецю тощо. Цю здатність необхідно враховувати, щоб уникнути отруєння особового складу пожежних підрозділів при гасінні пожежі.

2.2. Характеристика рідин

Рідини – речовини, тиск насиченої пари яких, при температурі 25 °С і тиску 101,3 кПа, менший за 101,3 кПа; до рідин відносять також тверді, плавкі речовини, температура плавлення або краплепадіння яких менша 50 °С.

При оцінці пожежовибухонебезпеки **рідин** необхідно враховувати такі властивості:

- **група горючості**

Для визначення групи горючості рідину у тиглі ставлять у піч нагріту до 900 ± 10 °С. Рідину вважають **негорючою**, якщо протягом 3 хв вона не займеться. Якщо після винесення рідини з печі вона самостійно горить менше 5 с, то її вважають **важкогорючою**. При самостійному горінні 5 с і більше визначають температуру займання. При наявності температури займання речовину відносять до горючих, а при відсутності - до важкогорючих.

- **температура спалаху** – найменша температура конденсованої речовини, при якій в умовах спеціальних випробувань над поверхнею утворюються пари, які здатні спалахувати від джерела запалювання, але швидкість їх утворення ще недостатня для виникнення стійкого горіння. Спалах - швидке згоряння газопароповітряної суміші над поверхнею горючої речовини, яке супроводжується короткочасним видимим світінням.

Суть експериментального методу визначення температури спалаху полягає в нагріванні певної маси речовини з заданою швидкістю, періодичному запалюванні парів і встановленні факту наявності чи відсутності спалаху при фіксованій температурі.

За температурою спалаху з групи горючих рідин виокремлюють легкозаймісті – з температурою спалаху не більше 61°C в закритому тиглі або 66°C у відкритому тиглі. Особливо небезпечними називають легкозаймісті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С.

- **температура займання** - найменша температура горючої речовини, при якій в умовах спеціальних випробувань речовина виділяє горючі пари чи газу з такою швидкістю, що при дії на них джерела запалювання виникає стійке полум'яне горіння. При наявності температури займання рідину відносять до горючих; при відсутності температури займання і наявності температури самозаймання рідину відносять до важкогорючих, при відсутності температури спалаху, займання, самозаймання, температурних і концентраційних меж поширення полум'я рідину відносять до групи негорючих.

- **температура самозаймання** – це найменша температура навколишнього середовища, при якій в умовах спеціальних випробувань спостерігається самозаймання речовин.

Суть самозаймання полягає в тому, що при нагріванні горючої речовини до певної температури починається процес окиснення, який супроводжується виділенням тепла. Швидкість реакції окиснення, а відповідно, і виділення тепла зростає з підвищенням температури суміші. Одночасно з виділенням тепла відбувається тепловіддача у довкілля. При досягненні температури, при якій теплота реакції перевищує тепловтрати, настає самонагрівання горючої речовини, а потім горіння. Таким чином, самозаймання це - різке збільшення швидкості екзотермічних об'ємних реакцій, яке супроводжується полум'яним горінням. Самонагрівання рідин, звичайно, відбувається в тонких плівках при нанесенні їх на розвинуті поверхні, наприклад бавовна, вата. До таких рідин відносяться рослинні олії і тваринні жири, які містять ненасичені сполуки з подвійними і потрійними зв'язками. Для більшості рідин ця температура знаходиться в межах від 300 до 600 °С, тобто самозаймання рідин при нормальних умовах роботи технологічних апаратів виключається.

- **нижня та верхня концентраційні межі поширення полум'я** (див. п.2.1);

- **нижня та верхня температурні межі поширення полум'я**

Температурні межі поширення полум'я – такі температури речовин, при яких їх насичена пара утворює в окисному середовищі

концентрації, які дорівнюють нижній (нижня температурна межа) і верхній (верхня температурна межа) концентраційним межам поширення полум'я.

Нижня температурна межа займання називається температурою спалаху парів рідини. Горіння рідини відбувається при вищій температурі, яка називається температурою займання. Для легкозаймистих рідин температура займання перевищує температуру спалаху на 1-5 °С, для горючих рідин цей інтервал більший. В основу класифікації за ступенем пожежної небезпеки легкозаймистих і горючих рідин, а також виробничих процесів, у яких вони застосовуються чи обробляються, покладено температуру спалаху парів рідини. Чим нижча температура спалаху, тим небезпечніша рідина, оскільки вибухонебезпечні концентрації можуть утворюватись при нормальній температурі приміщення.

Верхня температурна межа займання показує найбільшу температуру рідини, при якій можливе займання пароповітряної суміші. При температурі більшій за верхню температурну межу утворюється суміш насичених парів з повітрям, яка не здатна горіти.

Температурні межі поширення полум'я пов'язані з концентраційними співвідношенням: $p_t = \varphi_n \cdot 760/100$,

де p_t – тиск насиченої пари, що відповідає концентраційній межі φ_n .

- **мінімальна енергія запалювання** (див п.2.1);
- **здатність вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами** (див п.2.1);
- **нормальна швидкість поширення полум'я** (див п.2.1);
- **швидкість вигоряння** – кількість рідини, яка згоряє за одиницю часу з одиниці поверхні. Швидкість вигоряння характеризує інтенсивність горіння рідини;
- **максимальний тиск вибуху** (див.п.2.1);
- **швидкість зростання тиску при вибуху** (див.п.2.1);
- **мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню** (див.п.2.1);
- **мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора** (див.п.2.1);
- **здатність до електризації.**

Більшість легкозаймистих рідин є діелектриками. При їх рухові по трубах, зливі, наливів, перемішуванні і інших операціях, в результаті тертя утворюються електричні заряди. Іскровий розряд

при наявності вибухонебезпечної пароповітряної суміші може стати причиною вибуху при пожежі.

Властивості рідин визначаються дослідним шляхом чи можуть бути взяті з технологічного регламенту і довідкової літератури. Однак, табличні дані справедливі тільки для рідин, які не містять домішок, тому що навіть незначний додаток їх різко змінює початкові властивості рідини. Наприклад, наявність у мазуті всього 3% бензину зменшує його температуру спалаху від 128 до 30° С, значно збільшуючи пожежну небезпеку.

2.3. Характеристика твердих речовин

Тверді речовини та матеріали – це індивідуальні речовини та їх композиції з температурою плавлення (краплепадіння) більшою за 50°С, а також речовини, які не мають температури плавлення.

При оцінці пожежовибухонебезпеки **твердих горючих речовин** необхідно враховувати такі властивості:

- **група горючості**

Горючість твердих матеріалів визначають трьома незалежними методами: групу горючих матеріалів визначають методом „вогневої труби”, групу важкогорючих - методом керамічної труби і групу негорючих – методом випробувань на негорючість. Слід зазначити, що будівельні матеріали за горючістю поділяють на негорючі і горючі. Горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи: Г1 (низької горючості); Г2 (помірної горючості); Г3 (середньої горючості); Г4 (підвищеної горючості);

- **температура займання** (див. п.2.2);

- **температура самозаймання** (див. п.2.2);

- **температура самонагрівання** – найнижча температура речовини, при якій самовільний процес її нагрівання призводить до тління чи полум'яного горіння;

- **температурні умови теплового самозагоряння** - експериментально встановлена залежність між температурою навколишнього середовища, кількістю речовини і часом до моменту її самозагоряння;

- **температура тління** – температура речовини, при якій відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій окиснення, що закінчується виникненням тління. Тління – безполум'яне горіння твердої речовини (матеріалу) при порівняно

низьких температурах (400...600°C), часто супроводжується виділенням диму.

- **здатність вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами** (див. п.2.1);

- **коефіцієнт димоутворення** – показник, що характеризує оптичну густину диму, який утворюється при полум'яному горінні чи термоокислювальній деструкції (тлінні) певної кількості твердої речовини (матеріалу) в умовах спеціальних випробувань. При визначенні коефіцієнта димоутворення фотометрично реєструють послаблення освітленості при проходженні світла через задимлений простір.

- **кисневий індекс** - мінімальний вміст кисню в киснево-азотній суміші, при якому відбувається самостійне горіння зразка в умовах спеціальних випробувань;

- **показник токсичності** – відношення кількості матеріалу до одиниці об'єму замкнутого простору, в якому газоподібні продукти, які утворюються при горінні матеріалу, зумовлюють загибель 50% піддослідних тварин. За токсичністю продуктів горіння горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи: Т1 (малонебезпечні), Т2 (помірнебезпечні), Т3 (високонебезпечні), Т4 (надзвичайно небезпечні).

- **індекс поширення полум'я** – умовний безрозмірний показник, який характеризує здатність речовин займатися, розповсюджувати полум'я по поверхні і виділяти тепло.

Для визначення індексу поширення полум'я оцінюють швидкість переміщення фронту полум'я поверхнею зразка матеріалу, який розташовується в зоні теплової дії теплового випромінювача.

2.4. Характеристика пилу та волокон

Пил – дисперговані тверді речовини і матеріали з частинками, розмір яких менший 850 мкм. Частинки розміром більш ніж 850 мкм практично не здатні знаходитись у завислому стані і не відносяться до пилу. У завислому стані пил утворює пилоповітряну суміш, яка називається аерозолем, в осілому стані – аерогелем.

Пил має здатність швидко займатись в стані аерозолі. Це зумовлюється розвинутою поверхнею його частинок. На пожежонебезпечні властивості пилу має значний вплив дисперсність. Більш подрібнений пил має високу хімічну активність, низьку температуру самозаймання і велику область займання. Пил таких

металів, як, наприклад, алюмінію, магнію, знаходячись у завислому стані, горять зі швидкістю вибуху. Висока швидкість горіння пояснюється здатністю адсорбувати кисень повітря.

При оцінці вибухопожежонебезпечності **горючого пилу** необхідно враховувати такі властивості:

- **група горючості** (див. п.2.3);
- **температура займання** (див. п.2.2);
- **температура самозаймання** (див. п.2.1);
- **нижня концентраційна межа поширення полум'я** (φ_H^o) - мінімальний вміст горючого пилу в суміші горюча речовина – окислювальне середовище, при якому можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

Верхня концентраційна межа займання пилу є настільки великою, що практичного значення для оцінки пожежної небезпеки не має. Зокрема, лабораторними дослідженнями було встановлено, що для вибухонебезпечного пилу верхня концентраційна межа займання становить 10000 г/м^3 і більше.

Вибухонебезпечні концентрації можуть утворюватись у виробничих приміщеннях, обладнанні, транспортувальних, вентиляційних та інших установках. Здатність пилу утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші залежить від наявності в ньому легких речовин, дисперсності частинок, ступеня вологості пилу і повітря, наявності мінеральних домішок та інших чинників. Не утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям тільки такий органічний пил, який при розкладі дає менше 10% (за масою) газоподібних речовин чи має здатність до коагуляції, тобто злипання і швидкого осідання.

Існує наближений поділ промислового пилу за ступенем вибухопожежонебезпечності і пожежонебезпечності:

I клас – найбільш вибухонебезпечний пил з $\varphi_H \leq 15 \text{ г/м}^3$;

II клас – вибухонебезпечний пил з $16 \text{ г/м}^3 \leq \varphi_H \leq 65 \text{ г/м}^3$;

III клас – найбільш пожежонебезпечний пил з температурою самозаймання не більше $250 \text{ }^\circ\text{C}$;

IV клас – пожежонебезпечний пил з температурою самозаймання більше $250 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вказана класифікація пилу тривалий час використовувалась у нормативних документах, які регламентують рівень вибухопожежонебезпечності виробництва. Однак, вивчення

вибухопожежонебезпеки промислового пилу, показало, що аерозолі речовин із НКМРП, що перевищує 65 г/м^3 , найчастіше є не менш небезпечними, ніж аерозолі речовин із НКМРП меншою ніж 65 г/м^3 . Крім цього, було встановлено, що не вся маса горючого пилу (газів, парів), що виходять в об'єм виробничих приміщень, бере участь у вибуху.

Це було відображено в останньому нормативному документі, який регламентує поділ на категорії - Загальносоюзних нормх технологічного проектування "Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной безопасности" (ОНТП 24-86), що є чинний на даний час на території України. Згідно з ним:

- **вибухопожежонебезпечним** (категорія Б) вважається горючий пил або волокна у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа .

- **пожежонебезпечним** (категорія В) вважається пил або волокна, які здатні при взаємодії з киснем повітря або один з одним тільки горіти.

- **температурні умови теплового самозаймання** (див. п.2.3);
- **мінімальну енергію запалювання** (див. п.2.1);
- **здатність вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами** (див. п.2.1);
- **максимальний тиск при вибуху** (див. п.2.1).

Вибухова хвиля (зона ущільненого повітря) створює тиск вибуху. Його величина залежить від нижньої концентраційної межі займання пилу, робочої концентрації та об'єму пилоповітряної суміші.

Залежно від концентрації, тиск вибуху спочатку зростає, а потім зменшується. Теоретично найбільший тиск буде створюватися при стехіометричній концентрації, але через неповноту горіння при дещо більшому її значенні. Максимальний тиск вибуху пилу фіксувався у вугільних штольнях і сягав до 30 атм .

На реальних пожежах можливі подвійні і навіть потрійні вибухи пилу. При цьому вибухова хвиля першого вибуху підіймає у повітря осілий пил і він також вибухає. Як правило, такі вибухи мають велику потужність і приводять до значних руйнувань.

- **швидкість наростання тиску при вибуху** (див. п.2.1);

- **мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню** (див. п.2.1);
- **мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора** (див. п.2.1).

Слід зазначити, що для характеристики горючого пилу, який знаходиться у завислому стані в газовому середовищі (аерозоль), використовують такі показники вибухопожежонебезпеки:

- нижня концентраційна межа поширення полум'я;
- мінімальна енергія запалювання;
- максимальний тиск вибуху;
- швидкість наростання тиску при вибуху;
- мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню.

Горючий пил, який знаходиться в осілому стані в газовому середовищі (аерогель), характеризується іншими показниками вибухопожежонебезпеки:

- температура займання;
- температура самозаймання ;
- температура самонагрівання;
- температура тління;
- температурними умовами теплового самозагоряння;
- мінімальною енергією запалювання;

здатністю вибухати і горіти при взаємодії з водою. киснем повітря та іншим речовинами.

Всі вищевикладені властивості газів, рідин, твердих речовин та пилу визначаються з технологічного регламенту, довідкової літератури або можуть бути визначені експериментально в лабораторних умовах. При цьому необхідно пам'ятати, що властивості речовин можуть змінюватися залежно від температури та тиску, тому для визначення точних властивостей речовин слід з'ясувати параметри ведення технологічного процесу.

Знаючи вибухопожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів, що знаходяться в виробництві, і визначивши їх кількість, можна встановити (розрахувати) категорію приміщення з вибухопожежної та пожежної безпеки.



Запитання та завдання для самоконтролю

1. За якими показниками характеризують вибухопожежонебезпеку речовин та матеріалів?
2. Охарактеризуйте агрегатні стани речовин та

- проведіть їх оцінку з точки зору вибухопожежонебезпеки.
3. Як класифікують горючі гази? Наведіть приклади горючих газів та галузь їх застосування.
 4. Що таке температура самозаймання? Яким речовинам вона властива?
 5. Сформулюйте визначення нижньої та верхньої концентраційних меж поширення полум'я.
 6. Чи відбудеться займання газоповітряних сумішей (водневоповітряної, ацетиленовітряної, суміші із повітря та оксиду вуглецю(II), суміші із повітря та водяного газу), якщо концентрація газів складає: 3,0%; 89,0%; 21,5%; 62,0%, відповідно?
 7. Які параметри характеризують вибух?
 8. При яких технологічних процесах у матеріалі відбувається нагромадження статичної електрики?
 9. Які гази є токсичними?
 10. Які речовини називають флегматизаторами? Дайте визначення мінімальної флегматизуючої концентрації флегматизатора.
 11. Яка відмінність між горючою та важкогорючою рідиною?
 12. Для якого типу речовин (за агрегатним станом) характерна температура спалаху?
 13. Як класифікують тверді горючі матеріали згідно з ДБН В 1.1-7-2002 „Пожежна безпека об'єктів будівництва”? Назвіть методики для визначення горючості.
 14. Як класифікують горючі рідини за температурою спалаху?
 15. Який пил називають пожежонебезпечним та вибухопожежонебезпечним за НАПБ Б.07.005-86 (ОНТП 24-86) та класифікацією у попередніх нормативних документах?
 16. Як називають пил в осілому та у завислому станах?
 17. Чи є пилом диспергований твердий матеріал з частинками розміром 950 мкм?
 18. За яким показником оцінюють токсичність горючих матеріалів? Як класифікують горючі матеріали за токсичністю продуктів горіння згідно з ДБН В.1.1-7-2002 „Пожежна безпека об'єктів будівництва”?
 19. Чому для оцінки вибухопожежонебезпеки пилу користуються лише нижньою концентраційною межею поширення полум'я?
 20. Що таке кисневий індекс?

3. АНАЛІЗ УМОВ УТВОРЕННЯ ГОРЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗАХОДИ ДЛЯ ЙОГО ЗАПОБІГАННЯ

При аналізі вибухопожежонебезпеки технологічних процесів необхідно встановити можливість утворення горючого середовища як всередині виробничого обладнання, так і при виході з нього з врахуванням властивостей та режиму його роботи, виявити причини пошкоджень і аварій апаратів. Класифікацію умов утворення горючого середовища представлено на схемі рис.3.1.

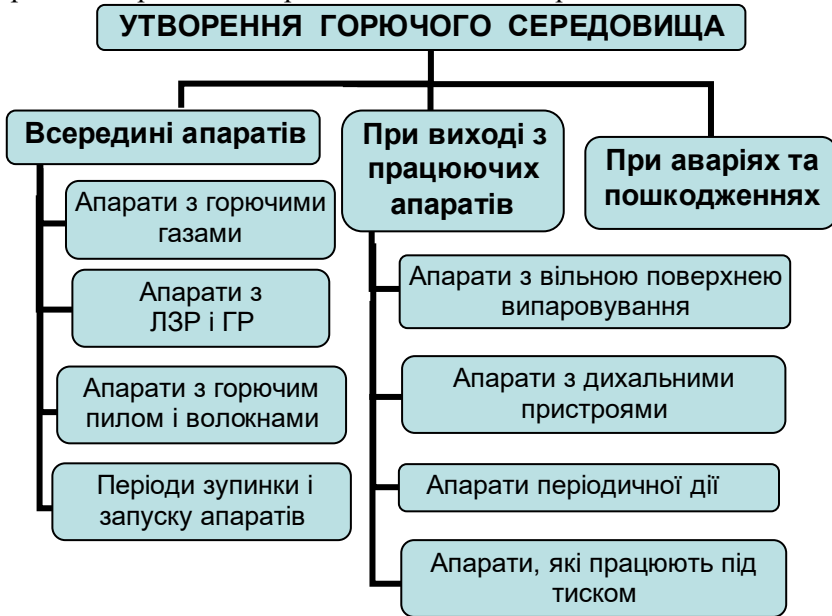


Рис.3.1. Схема класифікації умов утворення горючого середовища

3.1. Горюче середовище всередині апаратів

Вивчаючи пожежну небезпеку технологічних апаратів, необхідно, насамперед, з'ясувати можливість виникнення горючого середовища всередині апаратів при нормальному перебігу технологічного процесу. При однакових умовах для горючих газів, легкозаймистих і горючих рідин, горючого пилу причини та умови виникнення горючого середовища різні. Тому горюче середовище

всередині технологічних апаратів при нормальному перебігу технологічного процесу необхідно розглядати:

- в апаратах з горючими газами;
- в апаратах з легкозаймистими та горючими рідинами;
- в апаратах з горючими пилом та волокнами.

3.1.1. Апарати з горючими газами

У технологічних процесах отримують або використовують у якості сировини чи палива різноманітні горючі гази. Вуглеводневі гази (метан, етан, пропан, бутан, етилен, ацетилен) використовують при виробництві пластмас, синтетичних каучуків, хімічних волокон тощо; водень, хлорид водню, оксид вуглецю – при отриманні продуктів органічного синтезу; аміак – в холодильній техніці, при виробництві міңдобрив. Поряд із промисловим використанням, такі гази як пропан, бутан, використовують у побуті. Крім індивідуальних газів широко використовують багатоконпонентні горючі гази, зокрема, нафтовий, коксовий, генераторний, природний.

В апаратах із горючими газами (рис.3.2), як правило, немає окисника, горюча концентрація всередині таких апаратів утворитись не може. Однак, у деяких процесах за умовами технології використовується суміш горючого газу з повітрям або киснем, наприклад, в процесі виробництва водню конверсією метану чи ацетилену – термоокисним піролізом природного газу.

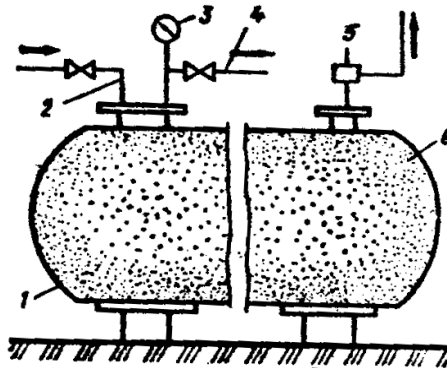


Рис. 3.2. Апарат зі стиснутим газом: 1 – корпус; 2 – наповнювальна лінія; 3 – манометр; 4 – витратна лінія; 5 – запобіжний клапан; 6 – газ.

Наявність вибухонебезпечної концентрації в таких апаратах може бути виражена умовою:

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_b,$$

де: φ_p - робоча концентрація горючого газу в апараті, об.частки, % об. або г/м³; φ_n, φ_b - нижня та верхня концентраційної межі поширення полум'я, об.частки, % об. або г/м³.

Значення φ_n та φ_b приведені при 25° С і атмосферному тиску. Визначити значення величин φ_n та φ_b при температурі середовища, яке відрізняється від 25° С, можна за формулами:

$$\varphi_{n,t} = \varphi_{n,25} \left(1 - \frac{t - t_n}{t_2 - t_n} \right) = \varphi_{n,25} \left(1 - \frac{t - 25}{1250} \right),$$

$$\varphi_{b,t} = \varphi_{b,25} \left(1 + \frac{t - t_n}{t_2 - t_n} \right) = \varphi_{b,25} \left(1 + \frac{t - 25}{800} \right),$$

де: t_2, t_2' - адиабатична температура горіння граничних сумішей, °С;

t, t_n - необхідна і нормальна температура, °С;

Робочу концентрацію горючого газу у суміші з окисником визначають за даними технологічного регламенту, аналізом суміші або з рівняння матеріального балансу апарата за формулами:

$$\varphi_p = \frac{V_2}{V_2 + V_{OK}}, \text{ або } \varphi_p = \frac{G_2}{G_2 + G_{OK}},$$

де: V_2, V_{OK} - об'єми відповідно горючого газу та окисника в апараті, м³; G_2, G_{OK} - об'ємні витрати горючого газу та окисника, м³/год.

Для чистих скраплених газів склад парової фази може бути визначено як для горючих рідин: за температурою і тиском у закритому апараті.

Заходи для запобігання утворенню горючого середовища в апаратах із газами:

- Підтримання концентрації горючого газу в суміші з окисником за межами області займання з врахуванням запасу надійності (якщо це припустимо за умовами технології):

$$0,9(\varphi_n - 0,7R) \geq \varphi_{p,без} \geq 1,1(\varphi_b + 0,7R),$$

де R - відтворність методу визначення показника пожежної небезпеки

при довірчій ймовірності 95%, яка не повинна перевищувати 0,3% на нижній та 0,6% на верхній концентраційних межах поширення полум'я.

Для безперервного контролю за величиною робочої концентрації газу апарати обладнують газоаналізаторами.

- Підтримання в газових комуніках надлишкового тиску, що запобігає підсмоктуванню зовнішнього повітря через нещільності: $P_p \geq P_{atm}$. Наприклад, у трубопроводах факельних систем, якими безперервно (чи періодично) здійснюється скидання горючих газів на спалювання чи утилізацію.

- Безперервний автоматичний контроль вмісту небезпечної домішки в газі (окисника в інертному газі, окисника в суміші горючого та інертного газів, горючого в окиснику).

Наприклад, контроль кисню в азотоводневій суміші перед стисненням у компресорах в процесі синтезу аміаку. Для контролю вмісту небезпечної домішки апарати і трубопроводи обладнують стаціонарними автоматичними газоаналізаторами і, крім того, передбачають блокування на вузлах засувки, що виключає потрапляння домішки в технологічний газовий потік.

- Стабілізація зони горіння горючої суміші у захищеному просторі реактора. Досягається шляхом вибору швидкості і режиму руху горючої суміші, що запобігає «проскакуванню» полум'я (переміщенню зони горіння) у незахищений простір реактора або інших апаратів.

- Аварійна цілеспрямована зміна складу горючої суміші, що забезпечує швидкий перехід її в негорючий стан. Досягається шляхом використання інертного компонента (флегматизатора) чи шляхом припинення подачі одного з компонентів горючої суміші, у деяких випадках - припиненням подачі двох компонентів.

3.1.2. Апарати з легкозаймистими і горючими рідинами

Широке застосування в технологічних процесах апаратів із легкозаймистими та горючими рідинами є причиною виникнення горючого середовища, що в кінцевому випадку може призвести до горіння. Тому важливо знати умови утворення вибухонебезпечних концентрацій всередині технологічного обладнання, а також засоби захисту апаратів і трубопроводів з врахуванням специфіки

проведення технологічного процесу.

Всередині закритого апарата з легкозаймистими та горючими рідинами горюче середовище може утворитися тільки при наявності в апараті вільного від рідини об'єму (газового простору), що з'єднується з атмосферою і насичується парами рідини (рис. 3.3). При наявності повітря (чи іншого окисника) пари рідини змішуючись з ними можуть утворювати горючі суміші.

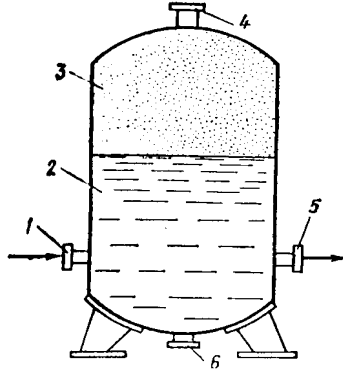


Рис.3.3. Схема апарата з нерухомих рівнем рідини: 1 - патрубок для подачі рідини; 2 - рідина; 3 - пароповітряний простір; 4 - патрубок дихальної лінії; 5 - патрубок для відведення рідини; 6 - патрубок дренажної лінії.

В результаті дифузії і конвективних потоків концентрація парів індивідуальних речовин в повітряному просторі апаратів майже не змінюється за висотою. Тобто, горюче середовище в апаратах з легкозаймистими та горючими рідинами утворюватиметься при таких умовах:

- наявність вільного повітряного простору (окисника);
- робоча концентрація парів рідини в суміші з окисником знаходиться між нижньою та верхньою концентраційними межами поширення полум'я, що виражається нерівністю:

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_v,$$

де φ_p - робоча (фактична) концентрація парів рідини в апараті, кг/м³ або % об.; φ_n , φ_v - нижня та верхня концентраційні межі поширення полум'я, кг/м³ або % об.

Вибухобезпечні умови експлуатації герметичних апаратів з пожежонебезпечними рідинами визначаються зі співвідношень:

$$\varphi_{p,\delta\epsilon z} \leq 0,9 (\varphi_n - 0,0021) \text{ або } \varphi_{p,\delta\epsilon z} \geq 1,1 (\varphi_n + 0,0042).$$

При сталому технологічному режимі експлуатації апарата пари рівномірно розподіляються по всьому об'єму газового простору, створюючи насичену концентрацію – (φ_s), величина якої залежить від температури середовища в апараті. Оскільки $\varphi_s = f(T)$, умова утворення горючого середовища в апараті в такому випадку визначається співвідношенням:

$$t_n \leq t_p \leq t_\epsilon,$$

де t_p - робоча температура рідини в апараті, °С; t_n, t_ϵ - нижня та верхня температурні межі поширення полум'я, °С.

Робоча температура рідини визначається за показниками приладів, з технологічного регламенту або з пояснювальної записки до проекту. Якщо робоча температура рідини в процесі експлуатації апарата змінюється, то необхідно визначити найбільш небезпечні періоди роботи, що, в свою чергу, залежить від сукупності умов роботи апарата або технологічної установки в цілому. При незначних коливаннях за розрахункову температуру приймають середню робочу температуру рідини.

Вибухобезпечні температурні умови експлуатації апаратів визначають зі співвідношень:

$$t_{p,\delta\epsilon z} \leq \frac{B}{A - \lg[0,9 \cdot 10^{-3} (\varphi_n - 0,0021) P_o]} - C_a$$

або

$$t_{p,\delta\epsilon z} \geq \frac{B}{A - \lg[1,1 \cdot 10^{-3} (\varphi_n + 0,0042) P_o]} - C_a.$$

де A, B, C_a - константи Антуана, які залежать від властивостей горючої рідини і визначаються за довідковою літературою.

Температурні межі поширення полум'я пожежонебезпечних рідин при атмосферному тиску можна перерахувати в концентраційні (або навпаки) за формулою:

$$t_{mpn} = \frac{B}{A - \lg(10^{-3} \varphi_{mpn} P_o)} - C_a,$$

де $t_{\text{мрп}}$ - температурна межа поширення полум'я (нижня або верхня), °C; $\varphi_{\text{мрп}}$ - температурна межа поширення полум'я (нижня або верхня).

У апаратах із рідинами, які зберігаються протягом тривалого періоду часу, особливо нагрітими, концентрація парів у вільному просторі близька до насиченої, тобто $\varphi_p = \varphi_s$,

де φ_s - концентрація насиченої пари при робочій температурі рідини, яка визначається за формулою:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p},$$

де p_s - тиск насичених парів при робочій температурі рідини, Па, визначається за рівнянням Антуана:

$$P_s = 133,322 \cdot 10^3 \left(A - \frac{B}{t_p + C_a} \right),$$

де A, B, C_a - константи, які залежать від властивостей рідини; P_p - робочий тиск пароповітряної суміші в апараті, Па; t_p - робоча температура рідини, °C.

Практично оцінюючи вибухопожежонебезпеку всередині апаратів і ємностей, необхідно врахувати певний запас надійності, оскільки, довідкові температурні межі поширення полум'я можуть частково не відповідати властивостям рідин, а також в реальних умовах можливе нерівномірне поширення концентрацій у вільному просторі апарата. Запас надійності на температурних межах поширення полум'я приймається таким: $t_{\text{нмрп}} - 10^\circ\text{C}$ і $t_{\text{вмрп}} + 15^\circ\text{C}$.

На рис. 3.4 показана зона поширення полум'я з врахуванням запасу надійності ($t_{\text{нмрп}}$, $t_{\text{вмрп}}$ - нижня та верхня температурні межі поширення полум'я).

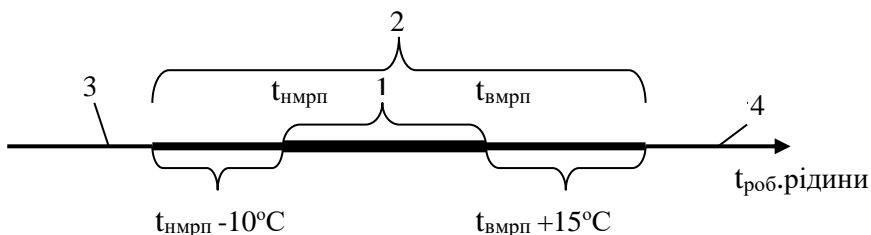


Рис.3.4. Зона поширення полум'я пароповітряних концентрацій з врахуванням запасу надійності:

1 – область температур, при яких в апараті утворюються пароповітряні суміші в межах поширення полум'я;

2 – область поширення полум'я пароповітряних сумішей з врахуванням запасу надійності;

3 – область температур, при яких суміші мають концентрацію нижчу від нижньої межі поширення полум'я;

4 - область температур, при яких суміші мають концентрацію вищу від верхньої межі поширення полум'я.

Заходи для запобігання утворення горючого середовища в апаратах з легкозаймистими та горючими рідинами:

1. Ліквідація пароповітряного простору, яка здійснюється такими способами:

- граничним (повним) заповненням апаратів рідиною.

Реактори змієвикового типу, теплообмінники, електродегідратори, тобто апарати, які при нормальному режимі роботи завжди працюють при повному заповненні. У таких апаратах існує небезпека переливу при наповненні апарата рідиною або при підвищенні температури в заповненому апараті.

- влаштуванням сховищ, у яких ЛЗР чи ГР знаходяться під захисним шаром води (наприклад, зберігання сірковуглецю) або над шаром води (наприклад, нафтопродукти) (рис.3.5);

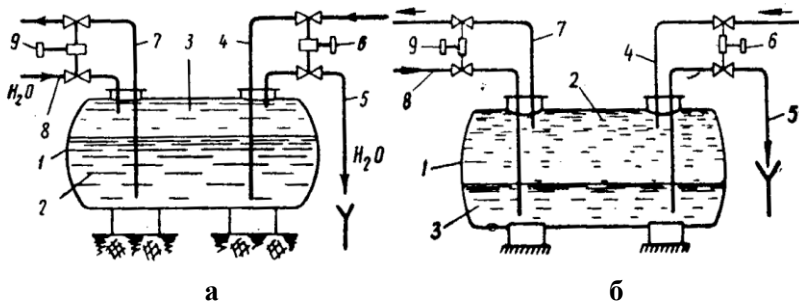


Рис.3.5. Зберігання горючої рідини під шаром води (а) та над шаром води (б): 1 – корпус; 2 – горюча рідина; 3 – вода; 4 – лінія подачі горючої рідини; 5 – лінія відведення води; 6,9 – приводи з блокуванням; 7 – витратна лінія горючої рідини; 8 – лінія подачі води на перетиснення.

- застосуванням резервуарів із плаваючою покрівлею і плаваючими понтонами.

Плаваюча покрівля (рис.3.6а) одночасно виконує роль зовнішнього стаціонарного даху. Кільцеву щілину між дахом, що плаває, і стінкою резервуара ущільнюють спеціальним затвором, який забезпечує відповідну герметичність при переміщенні даху вниз і вгору (рис.3.7). У резервуарі такої конструкції горюче середовище може утворитися тільки в кільцевій щілині під ущільненням, а також при зниженні рівня рідини нижче граничного нижнього положення даху, коли вона опускається на опорні стійки.



Рис. 3.6 Резервуар з дахом, що плаває, (а) і з плаваючим понтоном (б)

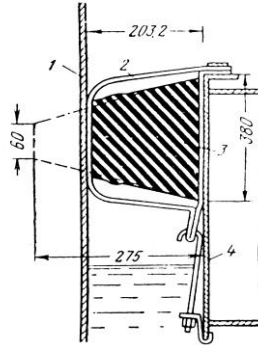


Рис.3.7. Затвор даху, що плаває: 1 – стінка резервуару;;2 – оболонка, 3 – ущільнення затвора; 4 – дах, що плаває

У резервуарі зі стаціонарним дахом і понтоном, що плаває, (рис.3.6 б) запобігання утворення горючого середовища можливе тільки за умови забезпечення інтенсивного (хоча б природного) провітрювання розгерметизованого надпонтонного газового простору. Використання понтона призводить до зменшення концентрації парів легкозаймистої рідини в пароповітряному просторі над понтоном, що при відсутності вентиляції підвищує вибухопожежонебезпечність надпонтонного простору.

- застосуванням ємностей із м'якими (еластичними) стінками.

Такі ємності виготовлені, як правило, з гумотканного матеріалу і являють собою замкнуту оболонку у вигляді подушки (рис.3.8).

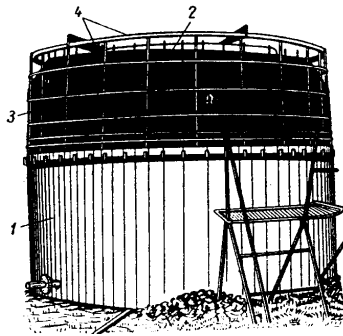


Рис.3.8 Резервуар з еластичним корпусом: 1 – корпус металевий; 2 – дах; 3 – еластична стінка з прогумованої тканини; 4 – каркас

2. Застосування високостійких пін, емульсій, порожнистих мікрокульок з полімерних матеріалів (карбамідних і фенолформальдегідних). Такі речовини і матеріали здатні, не руйнуючись, плавати на поверхні горючої рідини у резервуарі, створюючи необхідної товщини прошарок і необхідну герметизацію з корпусом та тривалий час перешкоджати випаровуванню.

3. Створення температурних умов, які виключають утворення вибухонебезпечних концентрацій.

Досягається за допомогою систем автоматичного контролю і регулювання температури, яка повинна підтримуватись згідно з співвідношенням: $t_n > t_p > t_v$.

Вибухобезпечна концентрація горючих парів рідини і окисника в суміші з урахуванням коефіцієнта безпеки:

$$0,9(\varphi_n - 0,7R) \geq \varphi_{p.без} \geq 1,1(\varphi_v + 0,7R),$$

де $\varphi_{p.без}$ - вибухобезпечна концентрація горючих речовин в газоповітряній суміші, % об., R - відтворність методу визначення показника пожежної небезпеки при довірчій ймовірності 95% не повинна перевищувати 0,3% на нижній та 0,6% на верхній концентраційних межах поширення полум'я.

Робоча температура підтримується нижче нижньої температурної межі поширення полум'я (наприклад, у мазутному резервуарі, що підігривається,) чи вище верхньої температурної межі поширення полум'я (наприклад, у ректифікаційній колоні). При цьому забезпечуються постійні умови роботи апарата з робочою температурою, що нижча від нижньої температурної межі поширення полум'я, тобто: $t_p < t_n$, або вища від верхньої температурної межі поширення полум'я, тобто: $t_p > t_v$.

В першому випадку застосовують системи охолодження або обмежують температуру підігріву, друга умова забезпечується високими температурами, необхідними в технологічному процесі. Апарати, які працюють у вказаних температурних умовах, повинні оснащуватися приладами автоматики для контролю температурного режиму.

4. Флегматизація пароповітряного простору шляхом введення негорючих (інертних) газів у газовий простір апарата

Якщо в апараті існують умови для утворення вибухонебезпечної концентрації парів і не можливо змінити температурний режим роботи, то забезпечити безпеку експлуатації

апарата можна шляхом подачі в нього будь-якого негорючого газу або водяної пари (якщо робоча температура апарата більша ніж 100°C).

В результаті флегматизації зменшується концентрація окисника (кисню повітря) або він повністю витісняється. Крім цього, володіючи певною теплоємністю, введені флегматизатори здатні забирати частину тепла, яке пішло б на нагрівання початкової горючої суміші. Тому ефективність дії інертного компонента тим більша, чим вища його теплоємність. Негорючими газами (флегматизаторами) можуть бути азот, вуглекислий газ, водяна пара, вихлопні гази двигунів внутрішнього згорання. Додавання інертних компонентів погіршує горючі властивості середовища. Область займання при цьому звужується аж до її повної ліквідації при визначеній (флегматизуючій) концентрації інертного компонента.

Флегматизуючі концентрації інертних газів (при досягненні і перевищенні яких займання неможливе) для сумішей різних горючих речовин з повітрям наводяться в довідковій літературі.

Витрату інертного газу визначають за об'ємом газового простору апарата чи за продуктивністю апарата.

5. Введення в горючу рідину додатків, що зменшують пружність парів (парціальний тиск) і випаровуваність рідини.

В якості таких додатків можуть використовуватися:

- вода — для спиртів, ацетону, оцтової кислоти;
- чотирехлористий вуглець (CCl_4) — для нафтопродуктів і сірковуглецю;
- спеціальні желатинізувальні (загущувальні) добавки — для моторного палива в авіації.

Недоліком цього способу є те, що при цьому можуть змінюватися властивості речовин.

6. Зменшення швидкості зміни рівня рідини шляхом збільшення числа апаратів, що одночасно спорожнюються.

7. Запобігання чи скорочення потрапляння атмосферного повітря в апарат при його спорожненні, шляхом влаштування газової обв'язки синхронно працюючих апаратів (рис.3.9).

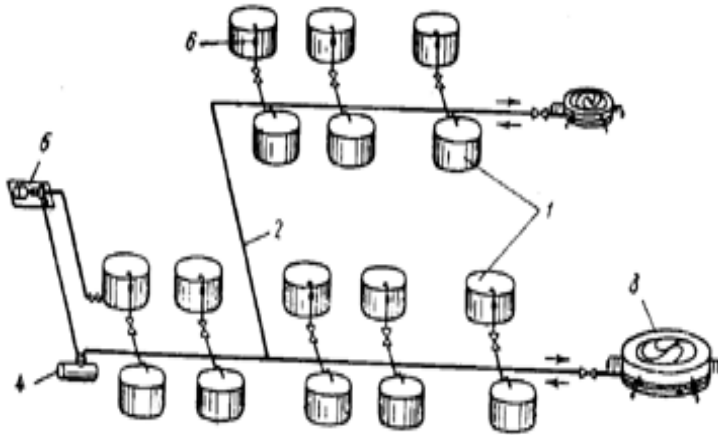


Рис.3.9 Газорівнювальна обв'язка резервуарів з ЛЗР чи ГР: 1 – резервуари; 2 – лінія пароповітряної суміші; 3 – газгольдери; 4 – конденсатозбірник; 5 – насос для відкачування конденсату; 6 – вогнеперешкоджувач на лінії пароповітряної суміші

3.1.3. Апарати з горючими пилом та волокнами

У виробничих умовах пил і порошки (тонкоподрібнені тверді речовини і матеріали) використовують в якості сировини (порошки в порошковій металургії, полівінілхлорид у виробництві лінолеуму, сажа у виробництві гуми), допоміжного технологічного матеріалу (пилоподібне паливо), проміжного чи кінцевого продукту (борошно, цукрова пудра), побічного продукту чи відходів виробництва (борошняний, тютюновий, деревний пил).

Апарати та машини для обробки твердих горючих матеріалів є відкритими (верстати для обробки деревини, дробарки, ткацькі верстати, зерносушарки), мають повітряний простір (млини), дія багатьох установок пов'язана з використанням повітряних потоків (пневматичні системи транспортування, сепаратори), чи з падінням подрібненої продукції з висоти (самопливні труби, місця пересипання з одного транспортера на інший, вузли завантаження і вивантаження подрібненої продукції тощо). Тобто, при обробці твердих горючих матеріалів, горюче середовище в більшості випадків існує і для виникнення пожежі необхідне лише джерело запалювання.

В залежності від швидкості руху газового середовища в технологічному обладнанні пил може знаходитися в завислому (аерозоль) чи осілому (аерогель) станах. Пожежна безпека в такому

випадку залежить від стану пилу: осілий пил може жевріти і горіти, звихрений пил може утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші.

Наявність джерела запалювання, наприклад, іскри від ударів металевих частин, призводить до виникнення осередків тління, від яких спалахує і пил, що знаходиться в завислому стані. Місцевий спалах може викликати звихрення пилу у великому об'ємі і стати причиною подальшого вибуху великої руйнівної сили.

Осілий пил нагромаджується у апаратах та машинах, в застійних ділянках, глухих кутах, на дефектах поверхні, у місцях різкої зміни діаметрів і гострих з'єднань тощо. Нагромадженню осілого пилу сприяє збільшення вологості повітря та конденсація вологи на стінках апаратів і трубопроводів.

Для оцінки вибухонебезпечності суміші завислого пилу з повітрям найбільш важливе значення має нижня концентраційна межа поширення полум'я, оскільки, величина верхньої межі дуже висока і практично недосяжна. Отже, в апаратах з горючим пилом умовою виникнення вибухонебезпечної концентрації всередині апарата буде співвідношення:

$$\varphi_0 \geq \varphi_n,$$

де: φ_0 – дійсна концентрація пилу, г/м³.

Дійсну концентрацію пилу в апараті визначають за сумарною кількістю як завислого, так і осілого пилу, що може за певних умов переходити в завислий стан: $\varphi_{oc} = \varphi_{за} + \varphi_{ос}$,

де φ_{oc} – концентрація завислого горючого пилу в апараті, кг/м³; $\varphi_{ос}$ – концентрація осілого горючого пилу в апараті, що може перейти у завислий стан, г/м³, визначається за формулами:

$$\varphi_{ос} = \frac{I_{вд} \cdot \tau}{V_B} \quad \text{або} \quad \varphi_{ос} = \frac{m_{ос}}{V_B},$$

де $I_{вд}$ – інтенсивність утворення відкладень пилу, кг/год; τ – тривалість роботи апарата, год; V_B – вільний об'єм апарата, м³; $m_{ос}$ – маса осілого пилу в апараті, кг.

Вибухобезпечні умови експлуатації апаратів з горючим пилом визначають зі співвідношення: $\varphi_{без.} \leq \frac{\varphi_n}{K_{\sigma}}$,

де: K_{σ} – коефіцієнт безпеки (запасу надійності), $K_{\sigma} \geq 2$.

Заходи для запобігання утворення горючого середовища в

апаратах з пилом та волокнами:

- підтримання гранично допустимої концентрації горючого пилу в апаратах у межах:

$$\varphi_{p.бес} \leq \frac{\varphi_n}{K_{г.}}$$

- застосування менш пилоутворювальних процесів подрібнення (вібраційне розмелювання; подрібнення зі зволоженням);

- введення негорючих газів всередину апаратів протягом всього періоду роботи або в найбільш небезпечні моменти (наприклад, в періоди пуску та зупинки млинів) або додавання до пожежонебезпечного пилу мінеральних речовин (наприклад, крейди);

- встановлення систем місцевої витяжки пилу від апаратів;

- застосування негорючих газів для пневматичного транспортування найбільш небезпечного пилу;

- встановлення оптимальної швидкості повітря чи негорючого газу і систематичного контролю її величини при пневматичному транспортуванні подрібнених матеріалів для запобігання осідання пилу;

- конструктивне виконання апаратів і трубопроводів, що забезпечує мінімальне нагромадження осілого пилу, зокрема, гладко оброблені внутрішні поверхні апаратів та трубопроводів; плавні повороти апаратів і трубопроводів; плавне з'єднання поверхонь апаратів, плавні переходи діаметрів, нахил конусної частини апаратів не менше 60°, а самопливних трубопроводів не менше 45° до горизонту (рис. 3.10).

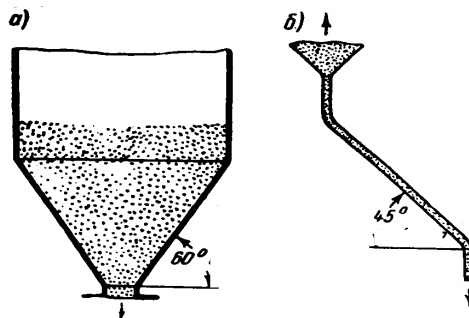


Рис.3.10.Допустимі нахили стінок апаратів з порошковим матеріалом: а – конусної частини апаратів і труб; б – самопливних труб

- використання вібраційних пристроїв, які запобігають

утворенню пробок пилу в бункерах та трубопроводах;

- захист стінок апаратів і трубопроводів від зволоження, запобігання утворення конденсату.

Досягається розташуванням апаратів в опалювальних приміщеннях, підігріванням середовища чи апаратів і теплоізоляцією при розташуванні апаратів на відкритих майданчиках чи у неопалюваних приміщеннях.

3.1.4. Горюче середовище в період пуску та зупинки апаратів

Аварійні ситуації, що супроводжуються вибухами та пожежами, часто виникають у період зупинки технологічних апаратів та установок на профілактичний огляд та ремонт, а також під час виведення їх на режим.

Горюче середовище може утворюватися при пуску та зупинці технологічних апаратів і установок, як у внутрішньому об'ємі обладнання, так і в приміщеннях та на відкритих майданчиках.

Основними причинами утворення вибухонебезпечних концентрацій в апаратах та трубопроводах при їх зупинці є:

- неповне вилучення з апарата горючих рідин (з їх нижньої частини, тарілок ректифікаційної колони, насадок тощо);
- відсутність або недостатнє продування водяною парою або інертним газом, недостатнє промивання водою або погане вентилявання повітрям внутрішнього простору від парів рідин та газів, що залишилися;
- негерметичне від'єднання трубопроводів від апаратів із горючими рідинами та газами.

Якщо апарати від'єднуються тільки перекриттям засувок на трубопроводах, то це не гарантує повної герметичності, оскільки під час експлуатації робочі частини засувок (клапани, тарілки тощо) зношуються, деформуються. Все це призводить до того, що в закритому стані такі засувки здатні пропускати рідину, гази та пари. Просочуючись через засувки і поступово нагромаджуючись, вони можуть утворювати вибухонебезпечні концентрації навіть у цілком спорожнених та продутих апаратах і трубопроводах.

Особливо небезпечними є ручні операції, оскільки помилкові рішення, недостатній або запізнілий контроль обслуговуючого персоналу можуть призвести до небезпечних ситуацій.

Заходи для запобігання утворенню горючого середовища в період пуску та зупинки технологічного обладнання:

- Повне вилучення з апаратів та трубопроводів горючих рідин і горючих газів. Для повного зливу рідин зливний трубопровід приєднують до найнижчої точки апарата. Якщо конструкція апарата не забезпечує повного зливу рідини, то застосовують промивання водою.

- Надійне відключення апаратів і трубопроводів від працюючих систем. Це досягається шляхом:

- повного роз'єднання ліній;
- встановленням між фланцями трубопроводів заглушок (як правило, застосовують металеві заглушки з хвостовиком, місця установки заглушок вказуються в документах, що оформляються на період зупинки апаратів);
- застосуванням гідравлічних затворів-від'єднувачів (на газопроводах низького тиску) (рис.3.11);

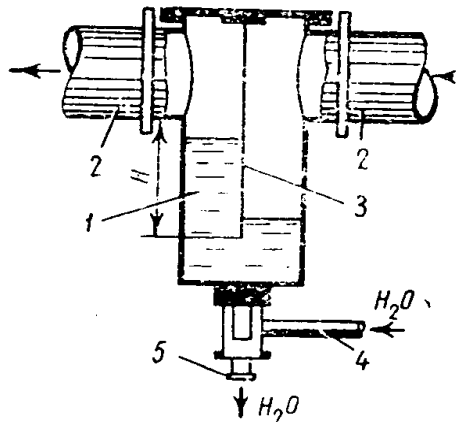


Рис.3.11. Гідравлічний затвор-від'єднувач на газовій лінії: 1 – корпус; 2 – газові лінії; 3 – перегородка; 4, 5 – лінії подачі і випускання води; Н – максимальна висота водяного затвору

- встановленням на лініях двох близько одна до одної розташованих засувок з відвідною трубкою між ними та подачею між засувками інертного газу або водяної пари (рис.3.12);

a)

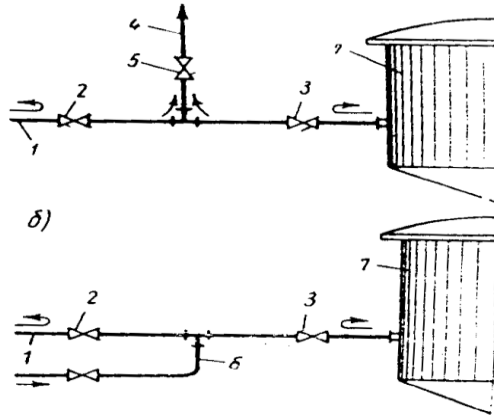


Рис.3.12. Способи герметичного від'єднання ліній від апаратів: а – двома вентилями з відкритою трубою в атмосферу; б – двома вентилями з підведенням водяної пари між ними; 1 – трубопровід з продуктами; 2,3,5 – засувки; 4 – відвідна труба; 6 – лінія водяної пари; 7 – апарат

- Правильне розкриття апарата (на вертикальних апаратах люки відчиняють згори донизу).
- Продування апаратів від залишків рідин та газів водяною парою або негорючими газами (рис.3.13).

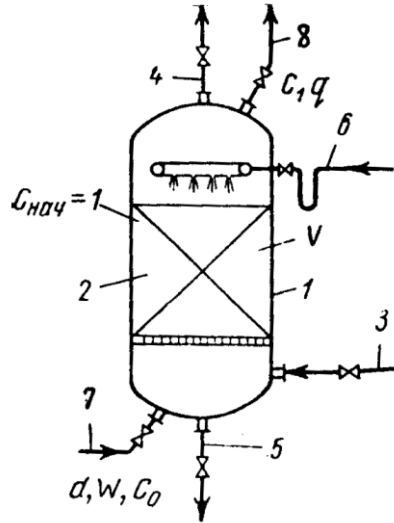


Рис.3.13. Продування абсорбера від залишку горючої речовини: 1 – корпус апарата; 2 – насадка; 3, 4, 5, 6 – виробничі трубопроводи; 7 – лінія інертного газу на продування апарата; 8 – продувна свіча

Найчастіше продування здійснюється водяною парою. Висока температура пари сприяє випаровуванню залишків рідини, що знаходиться в апараті. Час продування апаратів і трубопроводів негорючими газами залежить від багатьох чинників, із яких найбільш істотними є: внутрішній об'єм апарата, кількість горючих залишків в апараті та їх леткість, розміри ліній подачі газу на продування і відводу суміші, тиск продувного газу тощо.

Кількість водяної пари або інертного газу, необхідних для флегматизації горючої суміші в апараті, визначається з виразу: $V_{\phi} = \varphi_{\text{фл.без}} \cdot V_{\text{в}}$,

де V_{ϕ} – кількість інертного газу, що подається в апарат, м^3 ; $V_{\text{в}}$ – вільний об'єм апарата, що заповнений парогазоповітряною сумішшю, м^3 ; $\varphi_{\text{фл.без}}$ – гранично допустима вибухобезпечна концентрація флегматизатора, визначається за формулою: $\varphi_{\text{фл.без}} = K_{\text{без.ф}} \cdot \varphi_{\text{ф}}$,

де $K_{без.ф}$ - коефіцієнт безпеки. При $\varphi_{ф} > 0,15$ об.частки $K_{без.ф} = 1,2$; при $\varphi_{ф} \leq 0,15$ об.частки $K_{без.ф} = 1,5$; $\varphi_{ф}$ – мінімальна концентрація флегматизатора, об.частки, яка визначається розрахунково.

Продування вважається закінченим, якщо в суміші, що відходить, концентрація горючих газів або парів буде не більшою від встановленої норми, яка у кожному конкретному випадку може бути різною, але завжди меншою від нижньої межі поширення полум'я, тобто:

$$\varphi_{р.без} \leq 0,9(\varphi_n - 0,7R)$$

Порядок відключення та продування апаратів від горючих газів і парів записується в цехову технологічну інструкцію.

- Після закінчення продування приступають до відкривання апарата. На вертикальних апаратах люки відчиняють зверху вниз. Після цього апарат із відкритими люками залишають вентилуватися і прохолоджуватися. Якщо всередині апарата будуть проводитися вогневі роботи, то перед цим із різних точок треба взяти пробу повітря.

- Продувні свічі виводяться за межі виробничого приміщення (приблизно на 2 м вище від гребеня даху) або приєднуються до загальної лінії для вловлювання газів і парів із метою подальшої утилізації (див. рис.3.19).

Аналогічно, як і при зупинці, проводиться продування апаратів та трубопроводів від повітря при пуску їх в експлуатацію. Продування проводиться найчастіше водяною парою або негорючими газами і лише у виняткових випадках припускається витіснення повітря горючим газом (ацетиленові генератори). В цьому випадку продувні свічі захищають вогнеперешкоджувачами.

Таким чином, умови утворення вибухонебезпечних концентрацій при експлуатації технологічного обладнання залежать не тільки від вибухопожежебезпечних властивостей та агрегатного стану горючих речовин, а також і від конструктивних особливостей та режиму роботи обладнання, що необхідно враховувати при розробці пожежно-профілактичних заходів.

3.2. Горюче середовище при виході речовин з працюючих апаратів

Після оцінки вибухопожежонебезпеки середовища всередині технологічного обладнання, необхідно встановити, при експлуатації яких апаратів можливий вихід горючих речовин назовні з утворенням горючого середовища. Горючі гази, пари і рідини виходять з апаратів і трубопроводів не тільки при пошкодженнях та аваріях, але і при нормальній експлуатації апаратів, які мають свої конструктивні особливості, зокрема, апаратів з відкритою поверхнею випаровування, апаратів з дихальними пристроями, апаратів періодичної дії. Невеличкі витікання відбуваються навіть з герметично закритих апаратів, що працюють під підвищеним тиском, через нещільності в прокладках, сальниках, зварних швах. При їх експлуатації біля місць виходу парів і газів у виробничих приміщеннях та на відкритих майданчиках можуть утворюватись вибухопожежонебезпечні концентрації. Розглянемо детально умови їх утворення.

3.2.1. Апарати з відкритою поверхнею випаровування

До апаратів з відкритою поверхнею випаровування відносять фарбувальні ванни, ванни для просочування тканин і паперу розчиненими смолами, для промивання розчинниками та сушіння деталей, відкриті резервуари для зберігання рідин. Випаровування з відкритої поверхні відбувається і у випадку розливання рідини при аварії апаратів і трубопроводів.

Розміри вибухопожежонебезпечних зон визначаються властивостями речовин, що обертаються в технологічному процесі, кількістю, яка може виходити назовні за певний проміжок часу, умовами викиду, розтікання та розсіювання у навколишньому середовищі, температурними умовами випаровування, площею поверхні випаровування, часом випаровування, а також рухливістю повітря.

Горюча концентрація пароповітряної суміші над відкритою поверхнею пожежонебезпечних рідин утворюється при умові:

$$t_p \geq t_{cn},$$

де t_p – робоча температура рідини, °С; t_{cn} – температура спалаху рідини, °С, або при умові:

$$\varphi_p \geq \varphi_n,$$

де φ_n – нижня концентраційна межа поширення полум'я, %; φ_p – фактична (робоча) концентрація горючої речовини, %.

При аналізі пожежної небезпеки має значення вид випаровування рідини. Розрізняють випаровування у нерухоме середовище (молекулярна дифузія) та в рухоме середовище (конвективна дифузія).

При випаровуванні в нерухоме середовище розсіювання парів ускладнено, створюються більш сприятливі умови для нагромадження парів у місцях їх виходу з утворенням місцевих пожежонебезпечних концентрацій. Кількість рідини (m_n), що випаровується з відкритої поверхні у нерухоме середовище за час τ визначається за формулою:

$$m_n = 1,155 \cdot \varphi_s \cdot \rho_t \cdot F_B \cdot \sqrt{\frac{D_t \cdot \tau}{1 - \varphi_s}},$$

де m_n – маса рідини, що випаровується з відкритої поверхні в нерухоме середовище, кг; ρ_t – густина парів рідини при робочій температурі, $\text{кг} / \text{м}^3$; F_B – площа поверхні випаровування, м^2 ; D_t – коефіцієнт дифузії парів при робочій температурі, $\text{м}^2 / \text{с}$.

Величину коефіцієнта дифузії парів або газу при робочій температурі t_p визначають за формулою:

$$D_t = D_o \left(\frac{t_p + 273}{273} \right)^n,$$

де D_o – значення коефіцієнта дифузії за нормальних умов ($T_o=273\text{K}$, $P_o=1 \cdot 10^5 \text{ Па}$), $\text{м}^2 / \text{с}$; n – показник степеня, що залежить від фізико-хімічних властивостей речовини.

При випаровуванні у рухоме середовище маса переходить із однієї фази в іншу не тільки внаслідок молекулярного руху, але і в результаті руху повітря, а також більш інтенсивного теплообміну. Завдяки цьому збільшується кількість рідини, що випаровується. У

такому випадку над поверхнею рідини утворюється невеликий приграничний прошарок із насиченою концентрацією пари, потім відбувається різкий перепад концентрації. В прошарках, що знаходяться вище приграничного прошарку (внаслідок інтенсивного перемішування середовища при русі), концентрація пари буде приблизно однаковою.

Кількість рідини, що випаровується у рухоме середовище m_p за час τ :

$$m_p = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_s \cdot F_g \cdot \tau,$$

де η – коефіцієнт, що залежить від температури та швидкості руху повітря, M – молекулярна маса речовини, г/моль.

Діаметр зони вибухонебезпечної концентрації парів, що утворюється при випаровуванні з відкритої поверхні, визначається за формулою:

$$D_z = 6,3 \sqrt{K} \left(\frac{P_s}{\varphi_n} \right)^{0,813} \left(\frac{m_g}{\rho_n \cdot P_s} \right)^{0,333}$$

де: K – константа випаровування, яка визначається як $K = \tau_{вин} / 3600$; P_s – тиск насичених парів при робочій температурі, кПа; ρ_n – густина парів при робочій температурі, кг/м³; φ_n – нижня концентраційна межа поширення полум'я, об. частки.

Заходи для запобігання утворенню горючого середовища при експлуатації апаратів з відкритою поверхнею випаровування:

- Проектування (або заміна) технологічних схем таким чином, щоб весь процес, у тому числі завантаження і розвантаження матеріалу, здійснювався ізольовано від навколишнього середовища (апарати з відкритою поверхнею випаровування у всіх випадках, де це можливо за технологією, повинні замінитися закритими).

- Заміна ЛЗР негорючими або менш пожежонебезпечними рідинами.

Нариклад, використання в процесах миття та знежирення вузлів і деталей, лужних та синтетичних миючих засобів, хлористого метилену, трихлоретилену, а також застосування ультразвукового методу знежирення і очистки тощо.

- Вибір найбільш раціональної форми відкритого апарата, що дає можливість створити мінімальну величину поверхні випаровування.

- Встановлення систем витяжки та вловлення парів рідини, що вилучаються при випаровуванні, безпосередньо біля апаратів.

- Наявність спеціальних пристроїв захисту на випадок пожежі (кришки для закривання апаратів, аварійний злив рідини, локальна установка пожежогасіння).

- Підтримання робочої температури рідини нижчою за температуру її спалаху: $t_{p.без} \leq t_{cn} - 35^{\circ}C$.

3.2.2. Апарати з „дихальними” пристроями

У багатьох технологічних процесах застосовують апарати, у яких в процесі роботи змінюється рівень рідини, зокрема, резервуари, мірники, дозатори, ємності тощо. Нормальна експлуатація таких апаратів вимагає з'єднання їх з атмосферою за допомогою „дихальних” пристроїв („дихальних” труб, відкритих люків, клапанів).

Пожежна небезпека апаратів з „дихальними” пристроями зумовлюється кількістю парів горючої рідини, що виходить в атмосферу або в приміщення через „дихальні” клапани або відкриті люки в результаті так званих малих та великих „дихань”.

Велике „дихання” - витіснення парів рідини назовні або підсмоктування повітря всередину апаратів при зміні в ньому рівня рідини.

Мале „дихання” - витіснення парів назовні або підсмоктування повітря всередину апарата при зміні температури в його газовому просторі під впливом зміни температури середовища.

Вибухобезпечні умови експлуатації апаратів, що „дихають”, визначаються зі співвідношення:

$$\varphi_{p,без} \leq 0,9 (\varphi_n - 0,0021),$$

оскільки в процесі експлуатації при зниженні рівня продукту або температури навколишнього середовища в апарати через „дихальні” пристрої надходить повітря, яке розбавляє „багаті” суміші з $\varphi_p > \varphi_e$ та приводить до утворення вибухонебезпечних концентрацій.

Потрапляння повітря в апарат при „диханні” може призвести до розбавлення багатой суміші парів до вибухонебезпечних концентрацій.

При малих та великих „диханнях” може утворюватися горюча пароповітряна суміш біля „дихальних” пристроїв, якщо температура рідини дорівнює або більша за величину нижньої температурної межі поширення полум'я: $t \geq t_{\text{нпмрп}}$.

За потужністю одноразового викиду і розмірами зовнішніх пожежонебезпечних зон, що утворюються при цьому, більш небезпечними є великі „дихання”.

Розмір зовнішньої небезпечної зони залежить від кількості парів, що виходять, їх властивостей, конструкції ємності та її „дихального пристрою”, а також від стану навколишнього середовища (в основному від швидкості руху та вертикального розподілу температури повітря).

Кількість парів горючої рідини, що виділяються з апаратів при „диханні”, можна визначити розрахунком, якщо прийняти, що концентрація парів рідини при даній температурі у всіх точках пароповітряного простору ємності або апарата однакова і дорівнює концентрації насичених парів.

Нехай в апараті з „дихальним” пристроєм знаходиться легкозаймиста рідина, рівень та температура якої змінюються (рис.3.14).

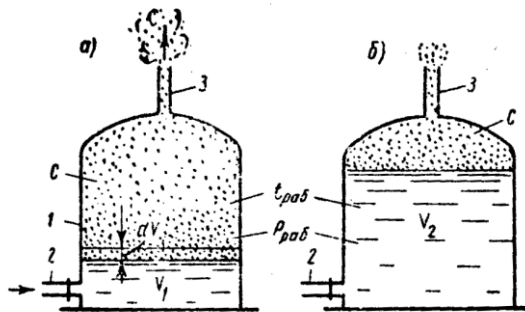


Рис.3.14. „Дихання” резервуара з вогнебезпечною рідиною: а – початок „дихання”; б – кінець „дихання”; 1 – корпус резервуара; 2 – наповнювальна лінія; 3 – „дихальна” лінія

Припустимо, що об'єм V газового простору змінюється від V_1 до V_2 , температура – від T_1 до T_2 , тиск – від P_1 до P_2 , молярна концентрація парів – від φ_1 до φ_2 , концентрація повітря – від $(1-\varphi_1)$ до $(1-\varphi_2)$. Кількість парів, що витісняються $G_{\text{п}}$ можна визначити, знаючи об'єм витісненого повітря та концентрацію парів в ньому.

З рівняння газового стану $PV=GRT$ визначають кількість повітря в апараті: $G = \frac{PV}{RT}(1-\varphi)$,

де G – кількість повітря, кг; P – тиск в апараті, Па; V – об'єм газу в апараті, м³; T – температура в апараті, К; R – газова стала повітря,

$R = \frac{8314,31}{M_n} \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$; $(1-\varphi)$ – молярна концентрація повітря в апараті, кг/м³.

Тоді кількість повітря в апараті до початку процесу визначається з рівняння: $P_1V_1(1-\varphi_1)=G_1RT_1$ за формулою:

$G_1 = \frac{P_1V_1}{R_1T_1}(1-\varphi_1)$, і, відповідно, кількість повітря в кінці процесу

визначається з рівняння: $P_2V_2(1-\varphi_2)=G_2RT_2$ за формулою:

$$G_2 = \frac{P_2V_2}{R_2T_2}(1-\varphi_2).$$

Тоді маса витісненого з апарата повітря дорівнює

$$G_{\text{п}} = G_1 - G_2 = \left[\frac{V_1P_1}{T_1}(1-\varphi_1) - \frac{V_2P_2}{T_2}(1-\varphi_2) \right] \frac{1}{R_{\text{п}}}.$$

Разом із повітрям з апарата будуть виходити пари рідини. За законом Дальтона об'єми компонентів газової суміші пропорційні їх об'ємним концентраціям, тобто відношення об'єму повітря та парів у суміші приблизно визначається відношенням їхніх середніх концентрацій: $G_{\text{п}} / G = V_{\text{п}} / V = (1-\bar{\varphi}) / \bar{\varphi}$.

Враховуючи також, що маса парів та газів в однаковому об'ємі пропорційна їхнім молекулярним масам M , отримаємо

відношення маси повітря та парів у суміші, що витісняється:

$$\frac{G_n}{G} = \frac{1 - \bar{\varphi}}{\bar{\varphi}} \frac{M_n}{M},$$

звідки: $G = G_n \frac{\bar{\varphi}}{1 - \bar{\varphi}} \frac{M}{M_n}$.

Підставляючи масу витісненого з апарата повітря в останнє рівняння, знаходимо масу парів, що витісняються з апарата при зміні умов середовища:

$$G = \left[V_1 (1 - \varphi_1) \frac{P_1}{T_1} - V_2 (1 - \varphi_2) \frac{P_2}{T_2} \right] \frac{\bar{\varphi}}{1 - \bar{\varphi}} \cdot \frac{M}{M_n} \cdot \frac{1}{R_n}$$

Враховуючи значення газової сталої повітря, після відповідних перетворень одержимо формулу для визначення кількості парів горючої рідини, що витісняється з апаратів:

$$G = \left[V_1 (1 - \varphi_1) \frac{P_1}{T_1} - V_2 (1 - \varphi_2) \frac{P_2}{T_2} \right] \frac{\bar{\varphi}}{1 - \bar{\varphi}} \cdot \frac{M}{8314,31}$$

При великому „дыханні”

($V_1 \neq V_2$; $P_1 = P_2 = P_p$; $T_1 = T_2 = T_p$; $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_s$) (рис.3.15)

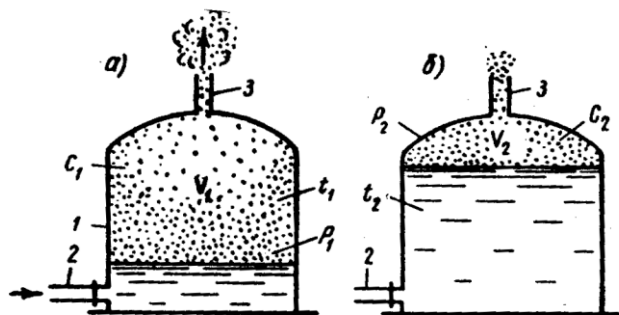


Рис. 3.15. Велике „дыхання” резервуара з пожежонебезпечною рідиною: а – початок „дыхання”; б – кінець „дыхання”; 1 – корпус резервуара; 2 – наповнювальна лінія; 3 – „дыхальна” лінія

Кількість парів горючої рідини, що витісняються з апаратів при великому „дыханні” визначається за формулою:

$$G_{\text{в}} = (V_1 - V_2) \cdot \frac{P}{T} \cdot \varphi_s \cdot \frac{M}{8314,31}, \text{ [кг/цикл]}$$

При малому „дыханні” рівень рідини не змінюється (рис.3.16), а, отже, і об’єм пароповітряного простору V залишається незмінним, тоді $V_1 = V_2 = V$.

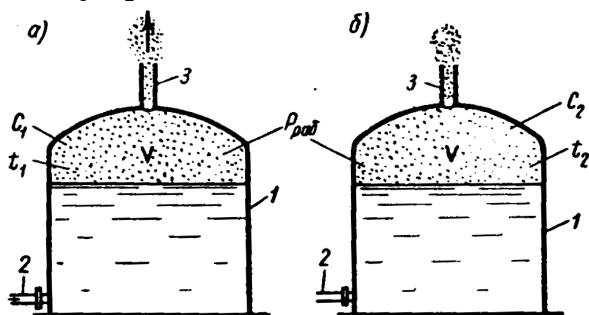


Рис.3.16. Мале „дыхання” резервуара з пожежонебезпечною рідиною: а – початок „дыхання”; б – кінець „дыхання”; 1 – корпус резервуара; 2 – наповнювальна лінія; 3 – „дыхальна” лінія

Тиск в ємності P_p також залишається незмінним, тому що надлишок пароповітряної суміші, що утворюється при її розширенні від нагрівання, вилучається через „дыхальну” систему. Якщо за весь час малого „дыхання” температура рівномірно змінюється від t_1 до t_2 , то рівномірно змінюється і концентрація насичених парів від φ_1 до φ_2 . Таким чином, $V_1 = V_2 = V$; $P_1 = P_2 = P_p$; $T_1 \neq T_2$; $\varphi_1 \neq \varphi_2$.

Тоді кількість горючих парів, що витісняються з апарата при зміні температури середовища у газовому просторі (при малому „дыханні”), можна визначити за формулою:

$$G_{\text{м}} = V \cdot P_p \cdot \left(\frac{1 - \varphi_1}{T_1} - \frac{1 - \varphi_2}{T_2} \right) \cdot \frac{\bar{\varphi}}{1 - \bar{\varphi}} \cdot \frac{M}{8314,31}, \text{ [кг/цикл]}$$

Залежно від режиму роботи апаратів із „дыхальними” пристроями, основна частка втрат може припадати на великі або малі „дыхання”. Масу парів, що витісняються у виробниче приміщення або

на відкритий майданчик з “дихальних” апаратів визначають за формулою

$$m_n = \frac{G_i \cdot N \cdot \tau}{3600},$$

де m_n – маса парів, що надходять у приміщення з апарата, кг; G_i – кількість парів, що надходять у приміщення (за один цикл великого або малого „дихання”), кг/цикл; N – кількість циклів (операцій) на протязі години, год^{-1} ; τ – тривалість роботи апарата, с.

Утворення локальних вибухонебезпечних концентрацій на прилеглий місцевості або в об’ємі всього приміщення може виникнути переважно при великих „диханнях”, коли відбувається потужний викид суміші в атмосферу при значній концентрації в ній горючих парів. Приблизний об’єм зони вибухонебезпечних концентрацій (ВНК) поблизу „дихальних” патрубків можна визначити за формулою:

$$V_{ВНК} = \frac{m}{\varphi_n} \cdot K_{\sigma},$$

де $V_{ВНК}$ – об’єм місцевої зони ВНК, м^3 ; φ_n – нижня концентраційна межа поширення полум’я, $\text{г}/\text{м}^3$; m – сумарна маса горючих речовин, що надходять до приміщення з апаратів, г; K_{σ} – коефіцієнт безпеки (запасу надійності).

Діаметр зони вибухопожежонебезпечних концентрацій парів, що утворюється навколо апарата при його заповненні, визначається за формулою:

$$D_z = D_{an} + 10H_{an} \left(\frac{g \cdot \varphi_s}{\varphi_n \cdot H_{an}^2} \right)^{0,86},$$

де: g – продуктивність операцій наповнення, $\text{м}^3/\text{с}$; D_{an} – діаметр апарата, м^3 ; H_{an} – висота апарата, м; φ_s – фактична об’ємна концентрація парів при робочій температурі, %; φ_n – нижня концентраційна межа поширення полум’я, %.

Найбільш пожежонебезпечними апаратами з дихальними пристроями є резервуари нафтопромислів, резервуари нафтопроводів, резервуари змішування бензинів на нафтопереробних заводах,

експлуатація яких супроводжується великою загазованістю території. Найбільш небезпечними технологічними режимами є заповнення резервуарів нафтопродуктами, що легко випаровуються; наповнення резервуарів гарячими нафтопродуктами або нафтою, що містить велику кількість газу. Максимальний горизонтальний розмір небезпечної зони поблизу підземного залізобетонного резервуара, з врахуванням швидкості вітру (менше 1 м/с), можна визначити за формулою:

$$x = 10(1,5V_n \frac{\varphi_n}{\varphi_n})^{\frac{2}{3}}$$

де x – розмір (радіус) вибухопожежонебезпечної зони; V_n – витрата суміші через дихальний клапан; φ_n – початкова концентрація парів в суміші; φ_n – нижня концентраційна межа поширення полум'я.

Заходи для запобігання утворенню горючого середовища при експлуатації апаратів з „дихальними” пристроями:

- Ліквідація пароповітряного простору у резервуарах шляхом застосування резервуарів із понтоном (рис.3.17) або з плаваючою покрівлею. Втрати від випаровування у таких резервуарів скорочуються до 90 - 95 %. Якщо $V_1=V_2=V=0$, тоді $G_M=0$ і $G_B=0$.

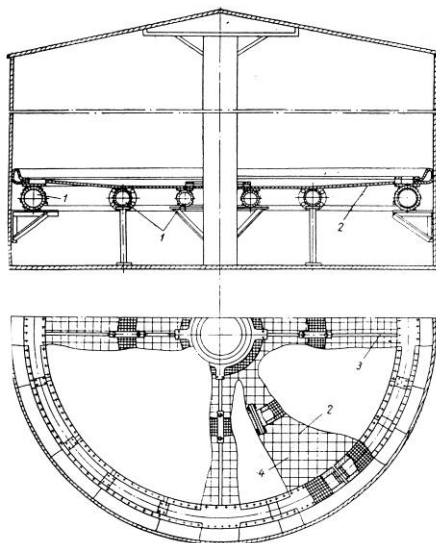


Рис.3.17. Резервуар з плаваючим понтоном із труб: 1 – концентричні кільця із труб; 2 – алюмінієва сітка; 3 – радіальна тяга;

4 – плівка

- Забезпечення сталості об'єму газового простору. Якщо $V_1 = V_2 \neq 0$, тоді $V_2 - V_1 = 0$, $G_B = 0$. За допомогою газозрівнювальної обв'язки двох або більше резервуарів з однаковими рідинами за умов синхронізації операцій спорожнення або наповнення обв'язаних резервуарів (див. рис.3.9)

- Здійснення термоізоляції резервуарів. У такому випадку $T_1 = T_2$, $\phi_1 = \phi_2$ і $G_M = 0$. Для цього використовують підземні резервуари, теплоізолюють поверхні.

- Фарбування резервуарів білими (сріблястими) фарбами для запобігання дії сонячного проміння (ППБвУ п.7.10.2.7). Такі фарби майже в два рази знижують втрати порівняно з чорною фарбою.

- Зрошування резервуарів водою за допомогою розпилювачів. Охолодження дахів та стінок резервуарів у місцевостях із жарким кліматом з допомогою спеціальних розпилювачів, які монтуються на даху резервуарів, призводить до зменшення втрат у два рази.

- Влаштування систем вловлювання та утилізації парів. Застосування сорбційних процесів, холодильних та компресорних установок.

- Герметизація газового простору резервуарів „дыхальними” клапанами (рис.3.18). Це дає можливість зменшити втрати від великих „дыхань”, різко знизити втрати від малих „дыхань” і навіть ліквідувати їх зовсім.

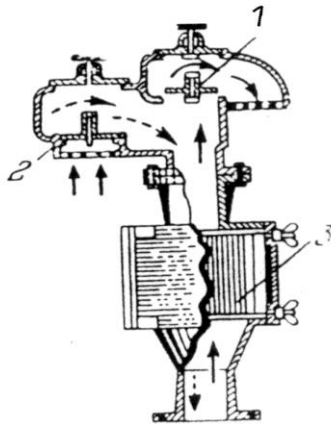


Рис.3.18. «Дыхальний» клапан: 1 – тисковий клапан; 2 – вакуумний клапан, 3 – вогнеперешкоджувач

- Виведення „дихальних” труб за межі приміщення. При розташуванні „дихальних” апаратів в приміщеннях „дихальні” труби виводяться за його межі або приєднуються до загальноцехової системи вловлення парів. Вивід здійснюється на 2 метри вище від рівня покрівлі і захищається вогнеперешкоджувачами для запобігання можливого проникнення полум’я всередину апарата при спалахуванні парів від зовнішніх джерел запалювання (рис.3.19). При наявності декількох резервуарів „дихальні” лінії об’єднують в єдину магістраль.

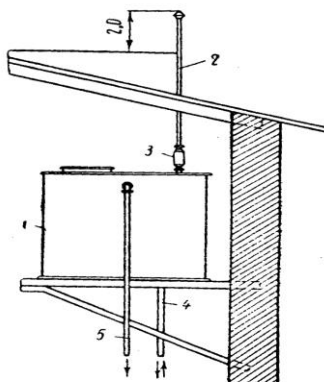


Рис.3.19. Напірний бак з „дихальною” трубою: 1 – резервуар з ЛЗР; 2 – „дихальна” лінія; 3 – вогнеперешкоджувач; 4 – наповнювальна і витратна лінії; 5 – переливна труба

3.2.3. Апарати періодичної дії

До апаратів періодичної дії відносяться змішувачі, розчинники синтетичних смол та інших речовин, клейомішалки, екстрактори тощо. При всіх інших однакових умовах апарати періодичної дії мають набагато більшу пожежну небезпеку в порівнянні з апаратами безперервної дії. Через нестабільність параметрів періодичні процеси недостатньо механізовані та автоматизовані, що в багатьох випадках ускладнює забезпечення необхідної безпеки та вибухозахисту.

Апарати періодичної дії перед початком робочого циклу завантажуються речовинами, у процесі роботи виникає необхідність брати проби оброблюваних речовин на аналіз, а по закінченні

процесу апарат повинен розвантажуватися. Експлуатація таких апаратів пов'язана з необхідністю відкривання люків, кришок, завантажувальних і розвантажувальних пристосувань і виходом при цьому назовні певної кількості горючих речовин з утворенням у приміщеннях або на відкритих майданчиках горючого середовища.

Типовим апаратом періодичної дії є змішувач, який використовується для приготування гумового клею. Розвантаження готової маси здійснюється перекиданням апарата при відкритій кришці. Відкривання кришки змішувача призводить до виходу парів ЛЗР назовні, утворенню місцевих небезпечних концентрацій поблизу апарата, а також і всередині його при надходженні туди повітря.

Пожежна безпека таких апаратів зумовлюється не тільки пожежонебезпечними властивостями речовин, що використовуються, але і кількістю парів ЛЗР та ГР, що виходять з апаратів при нормальних умовах експлуатації.

Кількість парів рідини, що виходить з апарата, визначається залежно від характеру операції, що виконується. Так, операція завантаження апаратів, супроводжується витісненням парів, відкривання люків (кришок) – скиданням надлишкового тиску або проникненням в апарат повітря (якщо апарат працював під вакуумом), розвантаження в тару – випаровуванням з відкритої поверхні.

Кількість горючих парів, що виходять з апарата назовні при відкриванні люків або іншого пристрою для завантаження – розвантаження продукту, визначається виходячи з того, що об'єм пароповітряного простору апарата перед завантаженням не змінюється (тобто $V_1 = V_2 = V_6$), тиск під час відкривання кришки буде змінюватись від P_P до P_{ATM} , температура в апараті не змінюється (тобто $T_1 = T_2 = T_P$), звідки і концентрація парів рідини не зміниться і буде дорівнювати $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_s$, отже:

$$G_p = V_v \cdot \frac{\varphi_s}{T} \cdot \left(P_p - P_{бар} \right) \cdot \frac{M}{M_n} \cdot \frac{1}{R},$$

де G_p – кількість парів, що виходять з апарата при відкриванні, кг/цикл; V_v – внутрішній вільний об'єм апарата, заповнений парою або газом під тиском, m^3 ; φ_s – концентрація насичених парів, об.

частки, % об; P_p – робочий тиск в апараті, Па; $P_{бар}$ – атмосферний (барометричний) тиск, Па; M – молекулярна маса парів або газу, кг/кмоль; $R = 8314,31$ – універсальна газова стала, Дж/кмоль·К.

Розвантаження продуктів з апаратів у тару (іноді з розливом рідини) також супроводжуються виходом парів або газів, кількість яких можна визначити, припускаючи, що відбувається випаровування з вільної поверхні в нерухоме та рухоме середовище (див. п.3.2.1).

Процес завантаження горючих речовин в апарати супроводжується витісненням назовні певної кількості газоповітряної суміші. Кількість парів, що виходять, можна визначити як для апаратів, де можливі втрати при великих «диханнях», згідно з п.3.2.2.

Таким чином, при експлуатації періодично діючих апаратів горюче середовище утворюється в період їх розвантаження або при відборі проб через люки та кришки (надходження у приміщення парів або газів), а також при завантаженні (витіснення назовні газоповітряної суміші).

Заходи для запобігання утворенню горючого середовища при експлуатації апаратів періодичної дії:

- Замінити періодично діючі апарати, якщо це можливо за умовами технологічного процесу, герметичними апаратами безпервної дії.
- Герметизувати завантажувальні та розвантажувальні пристрої. Розвантаження апаратів від готової продукції доцільно здійснювати не відкритим способом, а розвантажувальними трубами у приймальні бункери або в закриту тару.
- Апарати з відкритим завантаженням та вивантаженням необхідно обладнати системою витяжки парів і газів із його внутрішнього об'єму з подальшим заповненням вакууму подачею інертного газу.
- Захищати внутрішній об'єм апарата інертним газом протягом всього періоду роботи.
- Місця виходу парів та газів (кришки, що відчиняються, люки для відбору проб тощо) обладнати місцевими витяжними пристроями.

- При зупинці апаратів на тривалий період зачищати їх від залишків продукту, продувати інертним газом або заповнювати водою.

Біля місць розташування періодично діючих апаратів (особливо з відкритим розвантаженням і завантаженням) повинні знаходитись стаціонарні установки пожежогасіння локальної дії.

3.2.4. Апарати, що працюють під тиском

При експлуатації закритих апаратів, що знаходяться під тиском, навіть при їх справному стані завжди є вихід горючих речовин через прокладки, шви, рознімні з'єднання тощо. Це пояснюється тим, що навіть при найбільш точній обробці не можливо створити абсолютну непроникність на стику двох поверхонь, оскільки існує велика кількість капілярних каналів, через які відбуватиметься витікання газів та рідин.

Значна пожежна небезпека властива для апаратів, які мають механізми, що рухаються (колеса насосів та компресорів, лопаті мішалок, гвинти шнеків тощо), вали або штоки, що проходять через корпус апарата з відповідними сальниковими ущільненнями. Створити належну герметизацію таких апаратів дуже важко, тому при їх роботі завжди відбувається витікання горючих речовин назовні.

Інтенсивність виходу парів та газів із працюючого під тиском герметичного обладнання через капілярні канали в прокладках, сальниках, зварних швах та інших місцях на апаратах і трубопроводах можна визначити за такою формулою:

$$I_p = K_3 \cdot K_p \cdot V_e \cdot \sqrt{\frac{M}{T_p}},$$

де I_p – інтенсивність виходу парів або газів з апарата, що працює під тиском, кг/с; K_3 – коефіцієнт, що враховує ступінь спрацювання обладнання, змінюється в межах від 1 (для нового обладнання) до 2 (для спрацьованого обладнання); K_p – коефіцієнт, що залежить від тиску середовища в апараті, довідкові дані; V_e – внутрішній вільний об'єм обладнання, заповнений паром або газом під тиском, м³.

Таким чином, інтенсивність виходу парів або газів з апаратів в основному буде залежати від його режиму роботи та стану з'єднань.

Для визначення маси парів або газів, що виходять з працюючих під тиском герметичних апаратів за певний період роботи обладнання використовують формулу

$$m_p = I_p \cdot \tau,$$

де m_p – маса парів або газів, що виходять з апаратів, що працюють під тиском, кг; I_p – інтенсивність виходу парів або газів з апарата, що працює під тиском, кг/с; τ – час роботи апарата, с.

Кількість парів або газів, які виходять через сальникові ущільнення поршневого насосів для перекачування горючих рідин у холодному стані визначається за формулою:

$$G_n = 0,007d \cdot \tau_p \cdot A \sqrt{P_p}$$

де: G_n – кількість парів рідини, що просочується через сальники насоса, кг/цикл; A – емпіричний коефіцієнт, який приймається для насосів, що перекачують бензин або гас 1, а для насосів, що перекачують високолеткі рідини – 2; P_p – робочий тиск насосу, МПа; τ_p – час роботи апаратів, год.

Кількість парів або газів, які виходять через сальникові ущільнення відцентрових насосів для перекачування горючих рідин, визначається за формулою:

$$G_n = 1,38 \cdot 10^{-6} \cdot d \cdot \rho_p \cdot \tau_p \sqrt{P_p}$$

де: ρ_p – густина рідини, кг/м³.

Вихід горючих парів або газів при нормальному герметичному ущільненні апаратів, як правило, не викликає реальної пожежної небезпеки завдяки швидкому розсіюванню парів (газів) при наявності повітрообміну. Це враховується при проектуванні припливно-втяжної вентиляції на об'єктах. Однак у місцях виходу парів та газів можливе утворення локальних пожежонебезпечних концентрацій.

Концентрацію горючих речовин у виробничому приміщенні з врахуванням того, що інтенсивність їх виходу з апаратів відносно мала, а самі речовини рівномірно розподіляються у всьому об'ємі приміщення, можна визначити за формулами:

- при відсутності повітрообміну в приміщенні: $\varphi_{\partial} = \frac{m}{V_{\partial}}$,
- при наявності повітрообміну в приміщенні: $\varphi_{\partial} = \frac{3600 \cdot m}{V_{\partial} \cdot A \cdot \tau}$,

де φ_{∂} – дійсна концентрація горючих речовин у приміщенні, $\text{кг}/\text{м}^3$; m – сумарна маса горючих речовин, що надходять у приміщення з апаратів, кг ; A – кратність вентиляції, год^{-1} .

Заходи для запобігання утворенню горючого середовища при експлуатації апаратів, що знаходяться під надлишковим тиском:

- застосовувати зварювання, пайку, развальцювання, різноманітні склади для нерознімних з'єднань, що склеюють і цементують;

- застосовувати зносостійкі прокладочні матеріали, що легко деформуються (фібру, гуму, азбест, пароніт, синтетичні полімерні матеріали) на різноманітних з'єднаннях;

- застосовувати безсальникові та мембранні насоси і компресори для перекачування ЛЗР та скраплених газів;

- застосовувати насоси із торцевими ущільненнями або сальниковими ущільненнями з протитисненням. У цьому випадку герметичність ущільнень у радіальному напрямку досягається завдяки щільному стику старанно відшліфованих торцевих поверхонь (нерухомої та обергальної) втулок.

- встановлювати системи місцевої витяжки парів біля місць можливого виходу парів та газів, зблокованих із системами пуску агрегатів.

3.3. Горюче середовище при пошкодженнях і аваріях технологічних апаратів

Найбільш небезпечними для виробництва є пошкодження та аварії технологічного обладнання, в результаті яких значна кількість горючих речовин виходить назовні, створюючи високі концентрації парів і газів в приміщенні, загазованість відкритих територій, розлив рідини на великі площі. Наслідки пошкоджень чи аварій

залежатимуть від розмірів руйнувань, пожежонебезпечних властивостей речовин, їх температури та тиску.

Якщо в пошкоджених апаратах горючі рідини нагріті вище температури самозаймання, то при виході назовні та контакті з повітрям вони займаються.

Якщо рідина нагріта нижче температури спалаху, то при виході її назовні відбудеться утворення вибухонебезпечних концентрацій парів і газів з повітрям, як місцевих, так і в приміщенні чи на території відкритих майданчиків.

Розробляючи технологічне обладнання враховують процеси, які в ньому відбуваються, у такий спосіб, щоб за нормальних умов експлуатації безпека не виникала. Однак, аварійні ситуації трапляються. Під “аварією” розуміють пошкодження будь-якого апарата, машини під час роботи, руху.

Аварія – небезпечна подія техногенного характеру, яка спричинила загибель людей чи створює на об’єкті або території загрозу життю та здоров’ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю. У більшості випадків аварії незалежно від їх характеру, є наслідком помилок, допущених на стадіях розробки, проектування, виготовлення, монтажу, експлуатації, обслуговування та ремонту виробничого обладнання.

Аварії на об’єктах (підприємствах) залежно від територіального поширення поділяють на три рівні: А, Б, В.

На рівні «А» аварія характеризується розвитком в межах одного структурного підрозділу підприємства;

На рівні «Б» аварія характеризується поширенням за межі структурного підрозділу і розвитком в межах території підприємства;

На рівні «В» аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю впливу уражувальних та інших небезпечних чинників аварії на населення розташованих поблизу населених пунктів та на інші підприємства, а також довкілля.

Кожна аварія пов’язана або з локальним пошкодженням технологічного обладнання, або з повним руйнуванням апарата.

Місцевий, тобто локальний, характер пошкоджень – це утворення тріщин, наскрізних отворів від корозії, прогари теплообмінної апаратури тощо. В такому випадку, через утворені отвори і майже під постійним тиском, речовини, у вигляді струменів

пари, газу чи рідини, будуть виходити назовні. При повному пошкодженні все, що міститься в апараті, зразу вийде назовні і, крім цього, продовжуватиметься витікання газу чи рідини із з'єднаних з ним трубопроводів.

Для всіх аварій (незалежно від місця і причини) методи визначення витрати і тривалості витікання, кількості речовини, яка вийшла назовні, динаміки утворення та росту розмірів зовнішньої небезпечної зони є однаковими.

Масу речовин, які виходять назовні при локальних пошкодженнях апаратів, визначають за формулою:

$$m_n = \alpha f \omega \rho_r \tau,$$

де: α – коефіцієнт витрат, який змінюється в межах 0,45 - 0,85; при витіканні через отвір круглої форми в тонких стінках рідин, в'язкість яких становить 0,5-1,5 МПа·с, приймають $\alpha = 0,64$; f – переріз отвору, через який речовина виходить назовні, м²; ω – швидкість витікання рідини з отвору, м/с; ρ_r – густина речовини, кг/м³; τ – тривалість витікання, с.

Площу пошкодженої ділянки апарата чи трубопроводу слід приймати з врахуванням їх конструктивних особливостей, а також причин і характеру пошкодження.

Тривалість витікання речовин з пошкодженого апарата τ складається з часу від початку витікання до моменту виявлення пошкодження τ_1 , тривалості підготовчих до припинення витікання операцій τ_2 і тривалості операцій із припинення витікання τ_3 тобто: $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$.

Швидкість витікання речовин через отвори круглої форми визначається за законами гідравліки. Отвори, форма яких не є круглою, повинні бути приведені до круглого перерізу.

Швидкість витікання рідини через отвір у трубопроводі або корпусі апарата при постійному тиску обчислюють за формулою:

$$\omega = \sqrt{2g \cdot H_{np}},$$

де: $g = 9,81$ м/с² – прискорення сили тяжіння; H_{np} – приведений напір, під дією якого проходить витікання рідини через отвір, м.

При витіканні самопливом $H_{np} = H$ (H – висота стовпа рідини, м) (рис.3.20 а); при роботі апарата під тиском (рис.3.20 б):

$$H_{\text{ПР}} = \frac{P_{P.H.}}{\rho_p \cdot g} + H,$$

де $P_{P.H.}$ – надлишковий тиск середовища в апараті над поверхнею рідини, Па; P_p – абсолютний робочий тиск середовища в апараті, Па; ρ_p – густина рідини при робочій температурі, кг/м³.

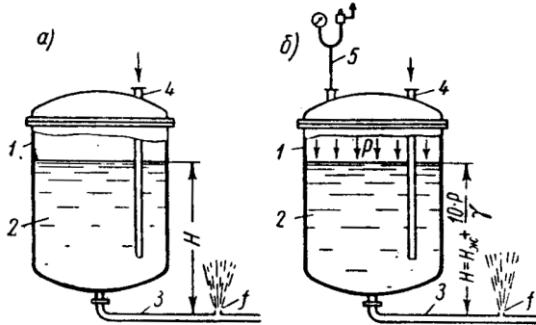


Рис.3.20. Витікання рідини при локальному пошкодженні апарата: а – при відсутності надлишкового тиску в апараті; б – при наявності надлишкового тиску в апараті; 1 – корпус апарата; 2 – горюча рідина; 3 – витратний трубопровід; 4 – живильна лінія; 5 – контрольно-запобіжні пристрої

Швидкість витікання перегрітих парів і газів через отвір залежить від режиму витікання і визначається за такими формулами:

- для докритичного режиму витікання, коли $P_C > P_{KP}$:

$$\varpi_{\text{докр}} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R(t_p + 273) \left[1 - \left(\frac{P_C}{P_p} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

- для критичного режиму витікання, коли $P_C \leq P_{KP}$:

$$\varpi_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} R T_p}$$

де P_C – тиск навколишнього середовища, в яке здійснюється витікання газів, Па (як правило, $P_C = P_{\text{атм}}$); P_{KP} – критичний тиск, який визначається з виразу:

$$P_{KP} = P_p \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}},$$

де k – показник адиабати; значення k для різних парів і газів приведені в довідниках (табл. 5 дод.); R – універсальна газова стала, $R = 8314,31$ МДж/ кг·К.

Кількість повітря, що підсмоктується Q_{II} через нещільності і пошкодження в апаратах, які працюють під розрідженням, визначають за формулою:

$$Q_{II} = f\alpha \sqrt{\frac{2P_{\epsilon}}{\rho_n}} \cdot \frac{(t_p + 273)\tau}{t_{II} + 273},$$

де α – коефіцієнт витрат повітря, рівний 0,7; P_B – величина розрідження (вакууму), Па; чисельні значення величин розрідження P_B і надлишкового тиску P_C середовища в апараті пов'язані співвідношенням : $P_B + P_C = 1 \cdot 10^5$ Па; t_p – температура середовища в апараті, °С; τ – тривалість аварійного режиму, с; ρ_n – густина повітря, яке підсмоктується в апарат при температурі t_n , кг/м³; t_n – температура повітря, яке підсмоктується, °С.

При повному руйнуванні вважають, що всі речовини виходять назовні, а також їх витікання продовжуватиметься з трубопроводів до моменту їх від'єднання.

Маса горючих речовин m_p , які виходять назовні при повному руйнуванні апарата, визначається за формулою:

$$m_p = m_{an} + m_{mp1} + m_{mp2},$$

де m_{an} – маса речовин, які виходять зі зруйнованого апарата, кг; m_{mp1} і m_{mp2} – маси речовин, які виходять із трубопроводів відповідно до моменту відключення засувки або інших запірних пристроїв і після їх закриття, кг.

Для апаратів з рідинами або скрапленими газами масу горючих речовин m_p визначають за формулою:

$$m_p = \left(V_{an} \epsilon + \sum_{i=1}^n q_{iH} \tau_i + \sum_{j=1}^k l_{jTP} f_{jTP} \right) \rho_P.$$

Для апаратів із стиснутими газами масу горючих речовин m_e визначають за формулою:

$$m_e = \left(V_{an} \cdot \frac{P_P}{1 \cdot 10^5} \epsilon + \sum_{i=1}^n q_{iK} \tau_i + \sum_{j=1}^k l_{jTP} f_{jTP} \frac{P_P}{1 \cdot 10^5} \right) \rho_e,$$

де: V_{an} – геометричний внутрішній об'єм апарата, м³; ϵ – ступінь (коефіцієнт) заповнення апарата; P_P – робочий тиск середовища в апараті, Па; q_{iH} і q_{iK} – продуктивність відповідно i -го насоса або

компресора (або пропускна здатність i -го трубопроводу), який живить апарат, $\text{м}^3/\text{с}$; τ_i – тривалість відключення i -го збудника витрат, с ; n_i – кількість збудників витрат, які живлять апарат; l_{jnp} і f_{jnp} – відповідно довжина [м] і переріз [м^2] j -ї ділянки трубопроводу (від аварійного апарата до запірнього пристрою), з якого витікає рідина або газ; ρ_p та ρ_g – відповідно густина рідини та газу при робочій температурі середовища в апараті, $\text{кг}/\text{м}^3$; k – число ділянок трубопроводів, які приєднані до аварійного апарата.

Тривалість вимкнення насоса або компресора приймається за 120 с (при автоматичному вимкненні збудника витрат або запірнього пристрою на трубопроводі), або за 300 с (при ручному вимкненні).

Час повного випаровування рідини τ_n , яка розлилась на підлозі промислового приміщення при аварії технологічного

обладнання, визначають за формулою:
$$\tau_n = \frac{m_p}{W_B \cdot F_B},$$

де W_B – інтенсивність випаровування рідини, $\text{кг}/\text{м}^2$. Для легкозаймистих рідин при відсутності дослідних даних визначається за формулою: $W_B = 10^{-6} \eta \sqrt{MP_s}$, F_B – площа випаровування, яка визначається з такого виразу:

$$F_B = \min \left[\begin{array}{l} F_p = f_p V_p \\ F_n = ab \end{array} \right],$$

де F_p – площа рідини, яка розлилася, м^2 ; f_p – питома площа розлитої рідини, м^1 ; $V_p = m_p/\rho_p$ (ρ_p – густина рідини, яка розлилась, $\text{кг}/\text{м}^3$); F_n – площа підлоги приміщення, м^2 ; a і b – довжина і ширина приміщення, м.

Величину F_p приймають згідно з ОНТП 24-86, виходячи з того, що 1 л сумішей і розчинів, які містять 70% і менше за масою розчинників, розливається на площу $0,5 \text{ м}^2$, а інших рідин - на площу 1 м^2 (тобто в першому випадку $f_p = 500 \text{ м}^1$, а в другому $f_p = 1000 \text{ м}^1$).

Об'єм зони, в якій може утворюватися вибухонебезпечна концентрація парів і випаровувань розлитої рідини, визначають за формулою:

$$V_e = \frac{m_{\text{вип}}}{0,5\varphi_n^*},$$

де φ_n^* - нижня концентраційна межа поширення полум'я, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для перерахунку концентраційних меж поширення полум'я з об'ємних часток в грами на кубічний метр використовують співвідношення:

$$\varphi_n^* = \frac{M \cdot \varphi_n}{V_t} \left[\text{кг} / \text{м}^3 \right],$$

де φ_n – нижня концентраційна межа поширення полум'я, об. частки; M – молекулярна маса парів рідини при заданих умовах, $\text{кг}/\text{кмоль}$; V_t – молярний об'єм парів рідини при заданих умовах, $\text{м}^3/\text{кмоль}$.

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

- для горючих газів:

$$R_{\text{НКМП}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_g}{\rho_g \cdot \varphi_{\text{НКМП}}} \right)^{0,333},$$

де m_g – маса горючих газів, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг ; ρ_g – густина горючих газів при розрахунковій температурі і атмосферному тиску, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $\varphi_{\text{НКМП}}$ – нижня концентраційна межа поширення полум'я горючих газів, % (об.);

- для парів нагрітих легкозаймистих рідин:

$$R_{\text{НКМП}} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_n}{\varphi_{\text{НКМП}}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{\text{ЛЗР}}}{\rho_{\text{ЛЗР}} \cdot P_n} \right)^{0,333}$$

де $m_{\text{ЛЗР}}$ – маса парів ЛЗР, що надійшли до відкритого простору за час повного випаровування, але не більше 3600 с, кг ; $\rho_{\text{ЛЗР}}$ – густина парів ЛЗР при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; 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; $\varphi_{\text{НКМП}}$ – нижня концентраційна межа поширення полум'я парів ЛЗР, % (об.).

За початок відліку горизонтального розміру зони приймають зовнішні габаритні розміри апаратів, установок, трубопроводів тощо.

Молярний об'єм парів рідини при заданих умовах визначається за формулою:

$$V_t = V_o \frac{t_p + 273}{273} \cdot \frac{P_o}{P_{заг}} \quad [м^3 / кмоль],$$

де $V_o = 22,4125 \text{ м}^3/кмоль$ – молярний об'єм парів при нормальних умовах; t_p – робоча температура рідини, $^{\circ}\text{C}$; P_o – тиск при нормальних фізичних умовах, Па ; $P_{заг}$ – загальний тиск системи (робочий тиск у герметичному апараті або барометричний тиск в апараті, який з'єднується з атмосферою), Па .

Середня концентрація парів у приміщенні визначається за формулою:

- при відсутності повітрообміну в приміщенні: $\varphi_o = \frac{m}{V_B}$;
- при наявності повітрообміну в приміщенні: $\varphi_o = \frac{3600m}{V_B A \tau}$,

де φ_o – дійсна концентрація горючих речовин у приміщенні, $\text{кг}/\text{м}^3$; m – сумарна маса горючих речовин, які надходять у приміщення з апаратів, кг ; V_B – вільний об'єм приміщення який визначається з виразу:

$$V_B = 0,8LBH,$$

де L, B, H – відповідно довжина, ширина та висота приміщення, м ; A – кратність вентиляції, год^{-1} .

Тривалість утворення вибухонебезпечних концентрацій у виробничому приміщенні (при пошкодженні апаратів з газами або парами) визначають за формулами:

- при відсутності повітрообміну в приміщенні:

$$\tau_z = \frac{V_e}{q} \ln \frac{1}{1 - \varphi_n};$$

- при наявності повітрообміну в приміщенні:

$$\tau_z = \frac{V_e}{\epsilon + q} \ln \frac{q}{1 - (a + q)\varphi_n},$$

де τ_z – тривалість утворення вибухонебезпечних концентрацій у приміщенні, с ; V_e – вільний об'єм приміщення, м^3 ; φ_n – нижня концентраційна межа поширення полум'я горючої речовини,

об.частки; q – інтенсивність надходження парів або газів у приміщення апарата, м³/с:

$$q = \alpha \cdot f \cdot \varpi \quad \text{або} \quad q = \frac{m_2}{(\rho_2 \cdot \tau)},$$

де a - продуктивність вентиляційної системи, м³/с.

Горючі пили та волокна, які надходять у виробничі приміщення з працюючих технологічних апаратів, поступово нагромаджуються в результаті осідання і утворення відкладень пилу на підлозі, обладнанні, коробах системи вентиляції та інших поверхнях.

Масу відкладеного в приміщенні пилу до моменту аварії визначають за формулою:

$$m_n = \frac{K_z}{K_n} (m_1 + m_2),$$

де K_z – частка горючого пилу в загальній масі відкладеного пилу; m_1 – маса пилу, яка осідає на важкодоступних для прибирання поверхнях у приміщенні за період часу між генеральними прибираннями, кг; m_2 – маса пилу, яка осідає на важкодоступних для прибирання поверхнях у приміщенні за період часу між поточними прибираннями, кг; K_n – коефіцієнт ефективності пилоприбирання. Приймається при ручному сухому пилоприбиранні – 0,6; при вологому – 0,7; при механізованому вакуумному: підлога рівна – 0,9; підлога з вибоїнами – 0,7.

Масу осілого пилу ($m_i, i=1,2$) визначають з такого виразу:

$$m_i = M_i (1 - \alpha) \beta_i,$$

де $M_1 = \sum_j M_{1j}$ – маса пилу, що виділяється в приміщення за

період часу між генеральними пилоприбираннями, кг; M_{1j} – маса

пилу, що виділяється одиницею обладнання за вказаний період, кг;

$M_2 = \sum_j M_{2j}$ – маса пилу, що виділяється в приміщення за

період часу між поточними пилоприбираннями, кг; M_{1j} – маса

пилу, що виділяється одиницею обладнання за вказаний період, кг; α –

частка пилу, що вилучається витяжними вентиляційними системами. При відсутності експериментальних даних про величину α приймають $\alpha = 0$.

β_1, β_2 – частки пилу, що виділяються в приміщення і осідають, відповідно, на важкодоступних і доступних для прибирання поверхнях приміщення ($\beta_1 + \beta_2 = 1$).

Масу осілого пилу (m_1 і m_2) також можна визначити з такого виразу:

$$m_{1,2} = \sum_{i=1}^n \delta_i S_i \rho_i,$$

де δ_i – товщина відкладень пилу, м; S_i – площа i -тих поверхонь, які мають відкладення пилу товщиною δ_i , м²; ρ_i – насипна густина відкладень пилу, кг/м³.

Розрахункова маса звихреного пилу ($m_{\epsilon z}$) визначається за формулою:

$$m_{\epsilon z} = K_{\epsilon z} \cdot m_n,$$

де $K_{\epsilon z} = 0,9$ – частка відкладеного в приміщенні пилу, який здатний перейти у завислий стан при аварії. При відсутності експериментальних даних приймається $K_{\epsilon z} = 0,9$; m_n – маса відкладеного в приміщенні пилу до моменту аварії, кг.

Розрахункова маса пилу, що надходить в приміщення в результаті аварійної ситуації (m_{ae}) визначається за формулою:

$$m_{ae} = (m_{an} + q \cdot \tau) K_n,$$

де m_{an} – маса горючого пилу, що надходить в приміщення з зруйнованого апарата, кг; q – продуктивність пристрою, який подає пилоподібний матеріал в апарат трубопроводами до часу їх від'єднання, кг/с; τ – час вимкнення, с; K_n – коефіцієнт запилення, тобто відношення маси завислого у повітрі пилу, до загальної маси пилу, що надходить з апарата в приміщення. При відсутності експериментальних даних про величину K_n приймають: $K_n = 1$ при розмірі частинок пилу меншому ніж 350 мкм і $K_n = 0,5$ – при розмірі частинок пилу більшому ніж 350 мкм.

Концентрацію завислого в повітрі пилу φ_n , який утворився в результаті аварії (при повному руйнуванні апарата), визначають за формулою:

$$\varphi_n = \frac{m_{ze} + m_{ae}}{V_e}.$$

Максимальну безпечну для людей (гранично допустиму) масу ($m_{л}^e$) горючих газів, парів ЛЗР та ГР і пилу при вибуху в приміщенні вибухонебезпечної суміші визначають за формулою:

$$m_{л}^e = \frac{150 \cdot V_{e} \cdot \rho_{e}(t_{e} + 273)}{Q_{H}^P z},$$

де V_{e} – вільний об'єм приміщення, m^3 ; ρ_{e} – густина повітря в приміщенні до вибуху при температурі t_{e} , $кг/м^3$; Q_{H}^P – нижча теплота згоряння речовини, $Дж/кг$; z – коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху, приймається за довідковими даними.

При обертанні в технологічному процесі індивідуальних горючих газів і парів ЛЗР та ГР, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, максимальну безпечну для людей масу $m_{л}^p$ таких речовин визначають за формулою:

$$m_{л}^p = \frac{150 \cdot V_{e} \cdot \rho_{e,n} \cdot C_{cm}}{(\mu - 1)z},$$

де $\rho_{e,n}$ – густина пари або газу при температурі повітря в приміщенні t_{e} , $кг/м^3$; C_{cm} – стехіометрична концентрація горючої речовини в повітрі, яка обчислюється за формулою:

$$C_{cm} = \frac{1}{1 + 4,81\beta},$$

де $\beta = n_c + \frac{n_H - n_G}{4} - \frac{n_O}{2}$ – стехіометричний коефіцієнт при кисні в реакції горіння; n_c , n_H , n_O і n_G – відповідно число атомів С, Н, О, галогенів (Cl, Br, I, F) і N в молекулі горючого; μ – ступінь підвищення тиску при вибуху в замкнутому об'ємі, визначається з виразу: $\mu = \frac{P_{max}}{P_{бар}}$,

де P_{max} – максимальний тиск вибуху горючої суміші, Па; $P_{бар}$ – барометричний (атмосферний) тиск, Па.

Надлишковий тиск вибуху при згорянні у замкнутому просторі індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \frac{mZ}{V_b \cdot \rho_{r,n}} \cdot \frac{100}{C_{cm}} \cdot \frac{1}{K_u}$$

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 або $P_{\max} = 900$ кПа; P_0 – початковий тиск (допускається приймати рівним 101 кПа); m – маса ГГ, або парів ЛЗР–ГР, які надійшли в приміщення при аварії (кг); Z – коефіцієнт участі горючого у вибуху ; V_v – вільний об'єм приміщення (м^3); $\rho_{г, п}$ – густина парів або газу ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$); K_n – коефіцієнт, який враховує негерметичність приміщень (приймаємо $K_n=3$); $C_{ст}$ – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР чи ГР.

Надлишковий тиск вибуху при згорянні у замкнутому просторі індивідуальних горючих речовин, до складу яких не входять атоми С, Н, О, Cl, N, Br, I, F визначається за формулою:

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

де m – маса пилу (кг); H_T – теплота горіння речовини (кДж/кг); P_0 – початковий тиск (кПа); Z – коефіцієнт участі горючого пилу у вибуху ($Z=0,5$); V_v – вільний об'єм приміщення (м^3); ρ_n – густина повітря при початковій температурі ($\text{кг}/\text{м}^3$); C_p –теплоємність повітря; T_0 – початкова температура повітря; K_n – коефіцієнт негерметичності приміщення ($K_n=3$).

Надлишковий тиск, що розвивається при згорянні газопароповітряних сумішей у відкритому просторі, визначають за формулою:

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

де P_0 – атмосферний тиск, кПа; r – відстань від геометричного центра газопароповітряної хмари, м; $m_{гп}$ – приведена маса газу або пари, кг, обчислюється за формулою:

$$m_{гп} = \left(Q_H / Q_0 \right) m \cdot Z,$$

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

3.4. Причини пошкоджень технологічних апаратів та заходи протипожежного захисту

В процесі експлуатації на матеріал апаратів та трубопроводів впливають речовин, які нагріті до високих температур чи перебувають під високим тиском, навколишнє середовище, яке, особливо в хімічних виробництвах, володіє агресивними властивостями. При проектуванні матеріал апаратів і товщина стінок підбираються таким чином, щоб вони могли чинити опір впливові речовин, які у них знаходяться.

Аварії і пошкодження виникають від недоліків конструктивного характеру (невдалий підбір матеріалу, неправильний розрахунок) чи експлуатаційного характеру (порушення режиму роботи апаратів). Класифікацію причин пошкоджень апаратів і трубопроводів показано на рис.3.21.

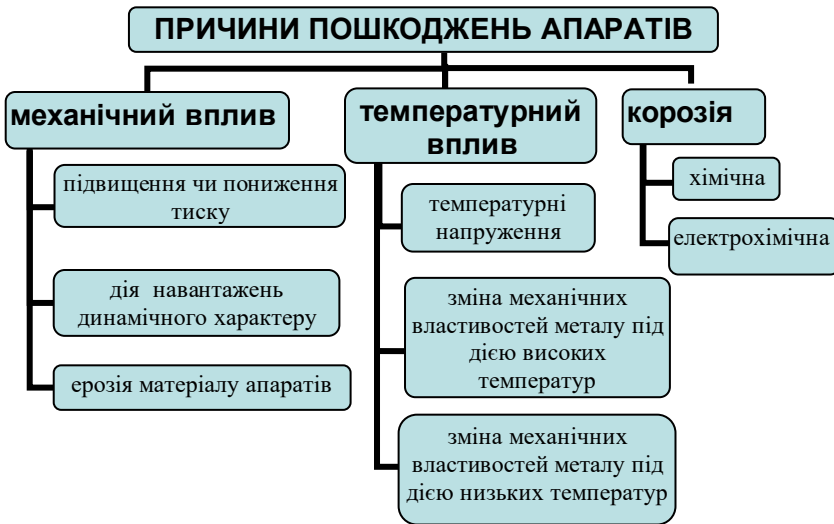


Рис. 3.21. Схема класифікації причин пошкоджень апаратів і трубопроводів

Як показано, основними причинами пошкоджень апаратів та трубопроводів є:

- механічні впливи на матеріал апаратів та трубопроводів;
- температурні впливи на матеріал апаратів та трубопроводів;
- хімічний знос матеріалів (корозія).

3.4.1. Механічний вплив на матеріал апаратів

Механічна міцність – здатність матеріалу сприймати зусилля робочих навантажень, не руйнуючись і не утворюючи пластичних деформацій понад гранично встановлені величини. Міцність технологічного обладнання забезпечується правильним підбором матеріалу з врахуванням характеру і величини зовнішніх навантажень, що діють на апарат.

В результаті механічних впливів матеріал апарата або трубопроводу зазнає високих внутрішніх напружень, які здатні зумовити не тільки утворення нещільностей у швах і з'єднаннях, але й спричинити повне їх руйнування.

Високі внутрішні напруження виникають при підвищеному тиску в апаратах та в результаті навантажень динамічного характеру.

Підвищення тиску, що призводить до пошкодження апаратів, може виникати через ряд причин. Розглянемо основні з них.

Порушення матеріального балансу роботи апаратів, швидкості і черговості подачі компонентів

Якщо згідно з матеріальним балансом апарата маса початкових речовин дорівнює масі кінцевих продуктів $\Sigma G_{\text{поч.}} = \Sigma G_{\text{кін.}}$, то в апараті буде зберігатися встановлений для нього тиск. Якщо кількість речовин, що надходить в апарат, буде збільшуватися при незмінних витратах або коли витрати речовин будуть зменшуватися при постійній подачі, то тиск в апараті буде збільшуватися. Порушення матеріального балансу відбувається при невідповідності продуктивності насосів і компресорів прийнятій інтенсивності заповнення апарата, у випадку неправильного з'єднання апаратів, які працюють з різними тисками, при збільшенні опорів у видаткових і дихальних лініях, відсутності або несправності автоматики регулювання, подачі та відводу речовин.

Заходи для дотримання матеріального балансу апаратів:

•обладнання апаратів відповідними приладами автоматичного контролю, захисту, регулювання та блокування. *Виробництво, де перебувають в обігу вибухопожежонебезпечні речовини і матеріали, повинно бути оснащено автоматичними засобами контролю параметрів, сигналізацію граничних значень і системами блокувань,*

які перешкоджають виникненню аварійних ситуацій (ППБвУ. п. 7.7.6).

- влаштування переливних труб в апаратах, які часто наповнюються;
- встановлення пристроїв, що послаблюють тиск на лініях, які з'єднують апарати з різними тисками;
- очищення речовини від коксу, полімерів, кристалогідратів, солей з метою запобігання утворенню пробок у лініях та запобігання зменшенню прохідного перерізу;
- виконання в запланований термін регламентних робіт з очищення трубопроводів і апаратів від відкладень;
- захист газових ліній теплоізоляцією від можливої конденсації парів;
- встановлення буферних ємностей перед компресорами для вловлювання конденсату з газу тощо.

Порушення температурного режиму роботи апаратів

Порушення температурного режиму апаратів, що відбувається при відсутності або несправності контрольно-вимірювальних приладів, недогляді персоналу, дії променистої енергії сусідніх апаратів, підвищенні температури навколишнього середовища, призводить до підвищення тиску в апараті і в більшості випадків закінчується вибухом або пожежею. Особливо небезпечним є порушення температурного режиму в переповнених апаратах, оскільки рідини практично нестисливі і навіть невисокі перевищення заданої температури призводять до підвищеного тиску та руйнування апаратів

Заходи для запобігання порушенню температурного режиму роботи апаратів:

- постійний контроль і регулювання температурного режиму в апаратах;
- захист апаратів теплоізоляційними матеріалами, встановлення захисних екранів, що виключають температурні впливи від сторонніх джерел тепла, фарбування корпусів апаратів у світлі тони;
- автоматичне регулювання безпечного рівня при заповненні ємностей (коефіцієнт заповнення для ємностей із скрапленими газами 0,85-0,9; з рідинами – 0,9-0,95).

Для створення оптимальних умов безпеки та економічної ефективності необхідно визначити максимально можливий ступінь заповнення ємкостей рідиною або скрапленим газом.

Величину вільного простору в ємкості, апараті або трубопроводі визначають із виразу: $V_{\text{в}} = \beta \cdot V \cdot \Delta T_{\text{макс}}$,

де $V_{\text{в}}$ – об'єм вільного простору, м³; V – геометричний об'єм апарата, м³; $\Delta T_{\text{макс}}$ – максимальний перепад температури при експлуатації даного апарата, К; β – коефіцієнт об'ємного розширення рідини, К⁻¹.

Допустимий ступінь заповнення резервуарів, ємкостей, трубопроводів визначають із виразу:

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{в}}}{V} = \frac{1 - V_{\text{в}}}{V} = 1 - \beta \cdot \Delta \cdot T_{\text{макс}}.$$

Порушення процесу конденсації парів

Порушення процесу конденсації парів також призводить до збільшення тиску. У процесах ректифікації, сорбції випаровування рідин пов'язане з подальшою конденсацією одержаної пари (рис.3.22). Якщо конденсація пари зменшиться або припиниться, а процес пароутворення буде продовжуватися, то кількість пари буде збільшуватися і тиск в апаратах збільшиться.

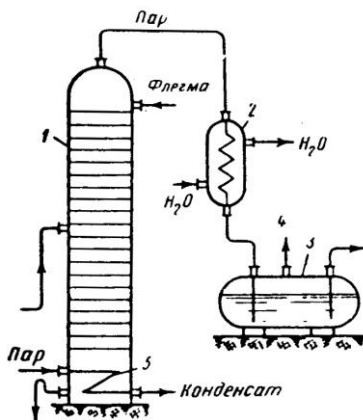


Рис. 3.22. Установа ректифікації: 1 – колона, 2 – конденсатор для скраплення парів, що надходять з колони; 3 – приймач конденсату; 4 – повітряна труба ємності; 5 – підігрівач

Порушення процесу конденсації пари відбувається внаслідок зменшення або повного припинення подачі холодагенту, в результаті

надходження холодоагентів із більш високою початковою температурою, при сильному забрудненні теплообмінної поверхні апаратів (зменшується коефіцієнт тепловіддачі).

Приріст тиску в системі визначається за

$$\text{формулою: } \Delta P = \frac{a \cdot G_n \cdot \tau}{100 \cdot V_v \cdot \rho_t} \cdot P_o,$$

де a – коефіцієнт неповноти конденсації парів, %; G_n – продуктивність апарата за парою, кг/с; τ – тривалість порушення нормального режиму конденсації, с; ρ_t – густина пари рідини при робочій температурі та тиску в апараті, кг/м³; V_v – вільний об'єм системи, м³; P_o – тиск навколишнього середовища, Па.

Заходи для дотримання нормального процесу конденсації парової фази:

- обладнання апаратів необхідними приладами автоматичного регулювання. Наприклад, контроль за величиною тиску в ректифікаційних колонах та випарних апаратах здійснюється з допомогою приладів автоматичного регулювання подачі охолоджувальної рідини в конденсатори залежно від тиску і температури парів, які подаються на конденсацію.

- контроль температур холодоагента перед надходженням у конденсатори та на виході із них. Здійснюється з допомогою автоматичної системи регулювання кількості охолоджувальної рідини, що подається в конденсатори, залежно від величини її температури на виході з конденсатора.

- дотримання встановлених термінів очищення теплообмінної поверхні від відкладень, що необхідне не тільки для підтримання нормальної продуктивності конденсатора, але і є вимогою безпеки.

- здійснення автоматичного контролю за роботою вакуум-насосів. При зменшенні продуктивності вакуум-системи повинен автоматично подаватись сигнал обслуговуючому персоналу для прийняття відповідних заходів.

- автоматичного від'єднання апарата при порушенні режиму

конденсації.

Занесення у високотемпературні апарати рідин із низькою температурою кипіння

Якщо в апарат із високою робочою температурою вноситься рідина, температура кипіння якої нижча, то відбувається інтенсивне випаровування рідини і підвищення тиску.

Рідина з низькою температурою кипіння може потрапити в апарат з продуктом, що подається, через нещільності теплообмінної поверхні, при неправильному переключенні ліній, у вигляді конденсату з парових і продувних ліній.

Приріст тиску у високотемпературних апаратах при потраплянні в них рідин з низькою температурою кипіння і швидкому їх закипанні визначають за формулою:

$$\Delta P = 0,082 \cdot \frac{m \cdot T_p}{M \cdot V_{\text{в}}} \cdot P_0,$$

де P_0 – тиск навколишнього середовища, Па; m – маса рідини з низькою температурою кипіння, що надійшла і випарувалася в апараті, кг; $V_{\text{в}}$ – вільний об'єм системи, м^3 ; T_p – робоча температура в апараті, К; M – молекулярна маса рідини, що потрапила в апарат, кг/кмоль.

Заходи для запобігання потрапляння у нагріті до високих температур апарати рідин із низькою температурою кипіння:

- застосування пристроїв для вилучення конденсату на лініях подачі гострої водяної пари (рис.3.23);

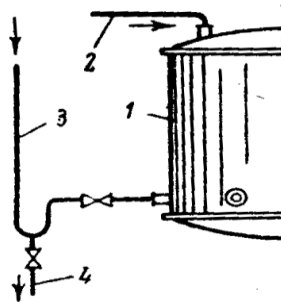


Рис.3.23. Пристрій для продування парової лінії від

конденсату: 1 – корпус апарата; 2 – продуктова лінія; 3 – лінія водяної пари; 4 – трубка для продувки лінії від конденсату

- повне зливання води з апаратів після їх гідравлічного випробування або випарювання залишків;
- контроль за наявністю води у вихідній сировині;
- осушення та зневоднення речовин, які подаються до апарата;
- контроль за правильністю приєднання ліній до апарата;
- подача пари в достатньо прогріті апарати.

Порушення режиму роботи апаратів з екзотермічними процесами

Порушення режиму роботи апаратів з екзотермічними процесами також призводить до підвищення тиску в апаратах і до можливих пошкоджень. Це відбувається:

- при невчасному відведенні надлишкового тепла реакції;
- при порушенні співвідношення речовин, що реагують;
- при збільшенні кількості каталізатора або ініціатора;
- при невчасному відводі з реактора надлишкових газоподібних продуктів реакції;
- при утворенні пробок у лініях, що випускають та відводять речовини.

Зменшення кількості, надлишкового тепла, що відводиться з апарата, відбувається через:

- припинення подачі холодоагенту;
- забруднення теплообмінної поверхні;
- зниження інтенсивності перемішування.

Заходи для дотримання нормального режиму роботи апаратів з екзотермічними процесами:

- влаштування автоматичних дозаторів співвідношення речовин, які подаються до апарата ;
- застосування автоматичних регуляторів подачі холодоагенту;
- автоматичне випускання надлишкового тиску для забезпечення своєчасного відводу газоподібних продуктів реакції.

Дія на матеріал апаратів та трубопроводів навантажень динамічного характеру

Динамічні навантаження зумовлюють значно вищі внутрішні напруження в конструкціях апарата ніж ті, які виникають при статичній дії цих навантажень. Основні причини виникнення динамічних навантажень:

а) різкі зміни тиску в апаратах і трубопроводах, що відбуваються в моменти пуску чи зупинки апаратів, а також при грубих порушеннях встановленого режиму температур та тиску;

б) гідравлічні удари (частіше зазнають трубопроводи і насоси) найбільш характерні при швидкому закриванні та відкриванні вентилів на трубопроводах, при великих пульсаціях рідини, що подається насосами, при різкій зміні тиску на будь-якій ділянці трубопроводу, при потраплянні рідин в газові лінії компресорів.

Приріст тиску в трубопроводі при гідроударах визначають за формулою Н.Жуковського: $\Delta P = c \cdot \Delta \omega \cdot \rho_t$,

де c – швидкість поширення ударної хвилі, м/с; ρ_t – густина рідини при робочій температурі, кг/м³; $\Delta \omega$ – зменшення швидкості руху рідини в трубопроводі визначається за формулою: $\Delta \omega = \omega_{поч} - \omega_{кінець}$,

де $\omega_{поч}$, $\omega_{кін}$ – відповідно початкова і кінцева швидкість руху продукту в трубопроводі, м/с (у більшості випадків $\omega_{кін} = 0$).

Тиск при гідроударі залежить від часу закриття запірних пристроїв та довжини трубопроводу. Чим довший трубопровід та менший період закриття засувки, крана, клапана, тим більший тиск.

в) вібрація апаратів і трубопроводів виникає при систематичній зміні внутрішнього тиску, при впливі зовнішніх сил. Наслідком їх є утворення нещільностей у фланцевих з'єднаннях, порушення швів і навіть руйнування апаратів.

Найчастіше вібрації відбуваються в недостатньо закріплених трубопроводах, що працюють під тиском, в апаратах, з'єднаних із поршневыми насосами і компресорами, в апаратах, розташованих поблизу працюючих агрегатів, в недостатньо закріплених апаратах.

До механічних пошкоджень від дії навантажень динамічного характеру також можна віднести зовнішні механічні удари при необережній роботі внутрішньоцехового транспорту, в результаті

ударів падаючих вантажів, при застосуванні інструментів ударної дії.

Для запобігання дії на матеріал апаратів та трубопроводів навантажень динамічного характеру необхідно:

- забезпечити плавність зміни тиску при пуску, зупинці та в періоди переходу з одного режиму роботи апарата в інший;
- уникати гідравлічних ударів, для чого на лініях із рідинами встановлюють зворотні клапани, газові ковпаки на газових лініях від компресорів, застосовують різноманітні пристрої для уникнення потрапляння рідин у газові лінії компресорів;
- застосовувати методи боротьби з вібрацією шляхом заміни поршневих насосів відцентровими, спорудженням масивних фундаментів під апаратами, які вібрують, надійним кріпленням трубопроводів та апаратів, ізоляцією еластичними прокладками апаратів, які вібрують(рис.3.24);

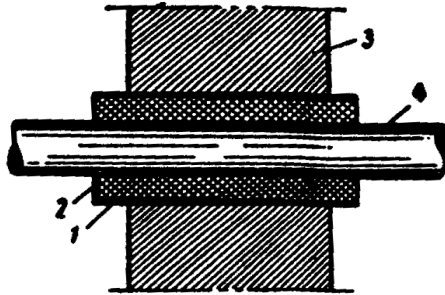


Рис.3.24. Захист глухої стіни від пошкоджень в місцях прокладання вібруючої труби: 1 – гільза (металічна труба); 2 – азбестове волокно або ущільнена шлаковата; 3 – стіна; 4 – трубопровід

- виключенням механічних ушкоджень (наявність огороження, обмеження швидкості і зони руху виробничого транспорту, прокладка трубопроводів у закритих траншеях та естакадах).

Застосування запобіжних клапанів та мембран

Для захисту технологічного обладнання від підвищення внутрішнього тиску використовують запобіжні клапани та мембрани.

За конструктивним виконанням запобіжні клапани поділяють на важільні, вантажні, пружинні, манометричні (рис.3.25).

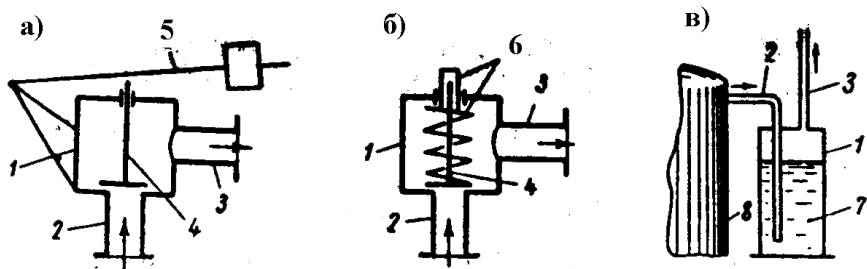


Рис.3.25. Схеми запобіжних клапанів: а – важільний; б – пружинний; в – манометричний; 1 – корпус клапана; 2 – патрубок для з'єднання з апаратом; 3 – патрубок для з'єднання з відповідною лінією; 4 – тарілка і шток клапана; 5 – важіль з противагою; 6 – пружина з регулятором натягу; 7 – рідина; 8 – апарат

Запобіжні клапани розташовуються на апаратах або поблизу них на іншому обладнанні. При виборі запобіжного клапана виходять із того, що він повинні спрацьовувати при досягненні такого тиску:

- * > 0,05 МПа в апаратах із $P_p=0,07-0,3$ МПа;
- * > 15 % робочого тиску в апаратах із $P_p < 6$ МПа;
- * > 10 % робочого тиску в апаратах із $P_p > 6$ МПа.

Вибір запобіжного клапана також залежить від його пропускної здатності, що визначається за формулою:

$$G = 1,41 \cdot \varphi \cdot F \cdot B \cdot \sqrt{(P_{cn} - P_г) \cdot \rho_t} \quad ,$$

де G – максимальна пропускна здатність запобіжного клапана, кг/с;
 φ – коефіцієнт витрати середовища через клапан, $\varphi=0,16-0,17$;

F – площа прохідного перерізу, m^2 ; B – коефіцієнт розширення парів або газів при їх витіканні через отвір залежно від величини показника адиабати, визначається за довідковими даними. Для рідин $B=1$; P_{cn} – абсолютний тиск спрацьовування запобіжного клапана,

МПа; $P_г$ – тиск на виході із відповідного патрубку запобіжного клапана, тобто тиск середовища, у яке здійснюється скидання парів або газів, МПа; ρ_t – густина пари або газу при робочій температурі, kg/m^3 .

На апаратах із горючими і токсичними продуктами скидання

парів і газів від запобіжних клапанів здійснюється через відвідну лінію в атмосферу, на факел або в газгольдер.

На апаратах та ємностях із скрапленими газами встановлюються по два запобіжних клапани – кожний на повну пропускну здатність.

Ерозія матеріалу апаратів і трубопроводів

Ерозія – механічний знос матеріалу рухомим середовищем. Відбувається при обтіканні конструкцій потоком твердих, рідких чи газоподібних часток або при електричних розрядах. Внаслідок ударів об поверхню конструкції частинки потоку руйнують поверхневий шар, що призводить до зменшення товщини стінки, утворення борозенок, раковин. В результаті ерозії зменшується товщина стінок апаратів (трубопроводів) і виникають небезпечні напруження в них навіть при нормальному перебігу технологічного процесу.

Ерозія буває: газова; абразивна; кавітаційна; електрична; ультразвукова.

При **газовій ерозії** метал руйнується під дією струменя газу, що швидко рухається або вдаряється об перешкоду; **абразивна ерозія** відбувається під впливом струменя газу або рідини з завислими твердими частинками, що знаходяться у ній; **кавітаційна** – відбувається внаслідок дії парогазових бульбашок у струмені рідини, що потрапили в область підвищеного тиску; **електрична** – під впливом електричних іскор; **ультразвукова** – під впливом звукових коливань завислих твердих частинок у рідині.

Шкідлива дія процесів ерозії спостерігається в апаратах і трубопроводах установок каталітичного крекінгу нафтопродуктів, в установках дегідрування бутану, бутилену, ізопрену та інших установках хімічної, нафтохімічної і газової промисловості.

Заходи для зменшення шкідливого впливу ерозії :

- застосування стійкого до даного виду ерозії матеріалу (молібден і ін.);
- застосування відбивачів та розсікачів струменів;
- очищення речовин (газів, рідин) від твердих домішок;
- виключення явища кавітації;
- захист внутрішньої поверхні апаратів футеруванням;
- зниження шорсткості поверхні обладнання;

- періодичний контроль за станом (товщиною) стінок апаратів;
- зниження турбулентності потоку, влаштування плавних переходів, поворотів трубопроводів.

3.4.2. Температурний вплив на матеріал апаратів

При експлуатації виробничого обладнання, нещільності та пошкодження можуть виникати в результаті утворення непередбачених розрахунком температурних напружень в матеріалі стінок апаратів та трубопроводів, а також в результаті зміни механічних властивостей металів під дією як високих, так і низьких температур.

Небезпека руйнування апаратів та їх вузлів виникає, якщо не виконується умова:

$$\sigma \leq [\sigma],$$

де σ – фактичне напруження, що виникає в обладнанні, Па;
 $[\sigma]$ – розрахункове допустиме напруження, Па.

Допустиме напруження для матеріалу обладнання залежить від механічних властивостей цього матеріалу, робочої температури, характеру навантаження та умов роботи апарата або трубопроводу.

Розрахункове допустиме напруження для апаратів із горючими рідинами, парами і газами визначають за формулою:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma_{np},$$

де η – поправковий коефіцієнт, який залежить від φ_n і t_{csp} речовин, що використовуються; σ_{np} – нормативне допустиме напруження, Па.

Температурні напруження

Температурні напруження в матеріалі, з якого виготовлені технологічні апарати і трубопроводи, виникають тоді, коли існують перешкоди лінійній зміні окремих елементів (вузлів) або конструкції в цілому у таких випадках:

- при різких змінах робочої температури апарата або зовнішнього середовища. В процесі експлуатації температура в

трубопроводах змінюється зі зміною температури навколишнього середовища і продуктів, що перекачуються. Висока теплопровідність матеріалу труб може призвести до руйнування трубопроводу, арматури опори і завдати пошкодження обладнанню і резервуарам;

- при наявності в апараті елементів, які знаходяться під дією різних температур. Місцеве і нерівномірне нагрівання конструктивних елементів технологічних апаратів спостерігається в процесі пожежі, коли на окремі частини апарата впливає полум'я або розжарені продукти горіння, або вони піддаються впливу променистої енергії;- в товстостінних конструкціях (особливо при наявності в апаратах біметалічних конструкцій або конструктивних елементів);

- під впливом нерівномірної дії температури на жорстко закріплених конструкціях та вузлах апаратів. Величину температурних напружень σ_t , що виникають від нагрівання в жорстко закріплених ділянках трубопроводів або вузлах апарата, визначають за формулою: $\sigma_t = \alpha \cdot \Delta T \cdot E$,

де E – модуль пружності матеріалу, Па; ΔT – зміна температури, К; α – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу конструкції, K^{-1} .

Загальне внутрішнє напруження, що виникає в матеріалі від дії корисного навантаження і від температурних впливів, може перевищити межі текучості, міцності і зумовити розрив стінок апаратів трубопроводів.

Заходи для запобігання руйнуванню апаратів та трубопроводів від температурних напружень:

• встановлення температурних компенсаторів на апаратах (рис.3.26) та трубопроводах (рис.3.27);

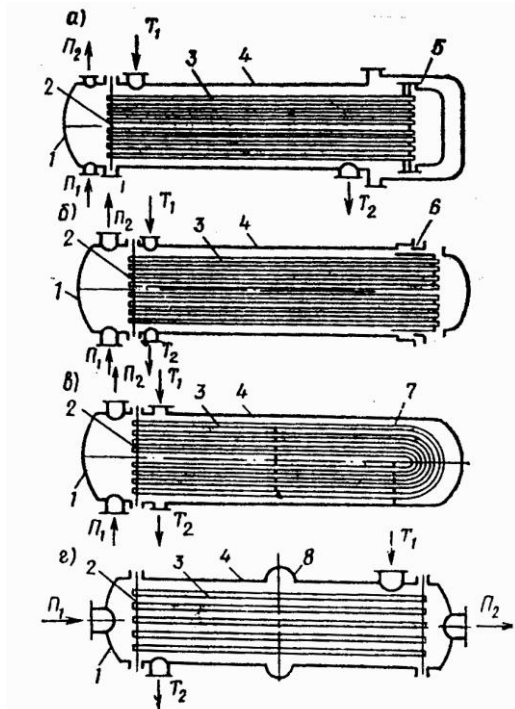


Рис.3.26. Компенсатори трубчастих теплообмінників: а – з плаваючою головкою; б – з сальником; в – з зігнутими трубками; г – з лінзою на корпусі; 1 – корпус теплообмінника; 2 – плаваюча головка; 3 – сальник; 4 – зігнуті трубки; 5 – лінза

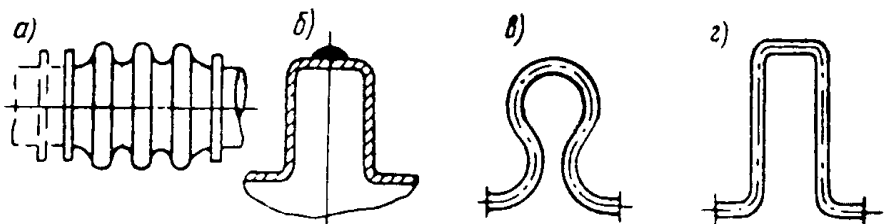


Рис.3.27. Температурні компенсатори на трубопроводах: а – вигляд компенсатора з трьома лінзами; б – розріз однієї лінзи; в – ліроподібна лінза; г – лінза у вигляді петлі

Компенсувальна здатність вигнутих компенсаторів визначається за формулою:

$$h = \sqrt{180\Delta t} D_H,$$

де h – висота компенсатора, м; D_H – зовнішній діаметр труби, м; Δt – зміна довжини трубопроводу між нерухомими опорами при зміні температури на Δt °С.

Компенсувальна здатність лінзових компенсаторів при одній хвилі – 10 мм, при двох хвилях – 25 мм і при трьох хвилях – 45 мм. Різного роду вигини і повороти трубопроводів також є температурними компенсаторами.

• застосування рухомих опор при кріпленні трубопроводів для суміщення кріплення труб з можливістю їх деякого переміщення в поздовжньому напрямку (рис.3.28);

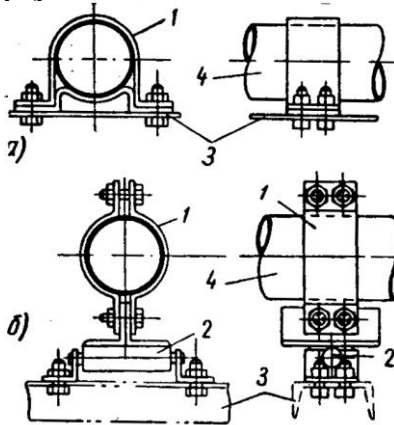


Рис.3.28. Кріплення трубопроводів: а – нерухома опора; б – рухома опора; 1 – хомути; 2 – ролики; 3 – фундамент; 4 – труба

- теплоізоляція зовнішньої поверхні апаратів;
- застосування автоматичних регуляторів температури для підтримання температурного режиму в товстостінних апаратах;
- захист апаратів та трубопроводів від місцевого нагрівання;
- застосування автоматичного регулювання подачі речовин, які вступають в екзотермічні реакції;
- плавне нагрівання і охолодження апаратів при їх пуску та зупинці;
- захист нагрітих до високих температур апаратів від різкого охолодження;
- контроль температури стінок апаратів;

- охолодження внутрішніх стінок апаратів.

Зміна механічних властивостей металу під дією високих температур

При високих робочих температурах під час технологічного процесу відбувається значне погіршення основних показників, що характеризують механічні властивості металів і сплавів. Істотних змін зазнають вуглецеві сталі.

Тривалий вплив високих температур на матеріал, з якого виготовлені технологічні апарати, призводить до появи повільних пластичних деформацій в апаратах навіть у тих випадках, коли напруження від робочих навантажень не перевищує межі текучості. Таке явище називається текучістю (крип).

Умови для перегріву металу створюються при обкоксуванні і забрудненні теплообмінної поверхні апаратів. Подібні явища називають прогаром стінки. Так, у парових казанах перегрів ділянок може виникати в результаті відкладення на трубах накипу, у печах для нагрівання органічних рідин і газів – продуктів термічного розкладу (коксу); у селітрових ваннах загартування – шламу.

Заходи для запобігання руйнуванню апаратів та трубопроводів від дії високих температур:

- влаштування есканів та стаціонарних систем охолодження;
- дотримання відповідних відстаней між апаратами;
- застосування спеціальних сталей, що зменшують явище “повзучості”;
- очищення внутрішніх поверхонь від коксу й інших відкладень;
- футерування внутрішньої поверхні апаратів;
- захист апаратів та трубопроводів теплоізоляцією.

Зміна механічних властивостей металу під дією низьких температур

Пошкодження технологічного обладнання може настати в результаті впливу не тільки високих, але і низьких температур. В таких умовах апарати і трубопроводи є особливо чутливими до різного роду динамічних впливів (ударів, вібрації тощо).

При низьких температурах працюють холодильні установки, установки газофракціонування (при температурі -30°C і нижчій),

установки для виробництва рідкого повітря, кисню й азоту (при температурі -180°C і нижчій). У таких умовах експлуатації обладнання виникає небезпечне явище холодноламкості сталі, пов'язане із зменшенням ударної в'язкості. Для звичайних маловуглецевих конструкційних сталей ударна в'язкість різко зменшується при низьких температурах. Втрата ударної в'язкості матеріалу може призвести до утворення тріщин і повного руйнування апаратів і трубопроводів.

Запобігання руйнуванню апаратів та трубопроводів від дії низьких температур досягається:

- застосуванням сталі з підвищеною ударною в'язкістю (вуглецеві сталі підвищеної якості, низьколеговані);
- захист теплоізоляційним прошарком;
- обладнання внутрішніми змійовиками з циркулюючим гасом при температурі стінок апаратів меншій ніж -50°C .

3.4.3. Корозія матеріалу апаратів

У технологічних процесах виробництва кислот, зокрема, азотної, сірчаної, соляної, оцтового альдегіду чи при їх використанні; при переробці і зберіганні сірчистих нафт; в процесах електролізу; у соляних термічних ваннах; під час обробки рідини і газів, до складу яких входять кислоти, луги, хлориди, сульфати; в підземних, підводних апаратах; на поверхнях, що контактують з полум'ям, відбувається корозія виробничої апаратури, трубопроводів і прокладкових матеріалів.

Корозія – зменшення товщини стінок апаратів в результаті хімічної взаємодії матеріалу апаратів з речовинами, які в них знаходяться, або з зовнішнім середовищем. Речовини, що знаходяться в апаратах, хімічні домішки, що містяться в них, каталізатори, ініціатори, інгібітори, а також середовище, яке оточує апарати, можуть вступати у взаємодію з матеріалом корпусу, викликаючи його руйнування.

Руйнуючій дії корозії піддаються найбільш слабкі місця - шви, рознімні з'єднання, прокладки, місця вигинів і поворотів труб.

Розрізняють два основні види корозії:

- **хімічна** - прямий хімічний вплив на метал;

- **електрохімічна** - вплив на метал електрохімічних реакцій.

Існує біохімічна корозія - вплив на метал мікроорганізмів, однак у чистому вигляді зустрічається рідко.

За зовнішнім виглядом корозія буває: рівномірною, плямами, виразками, поверхневою, міжкристалітною, внутрішньокристалітною (рис.3.29).

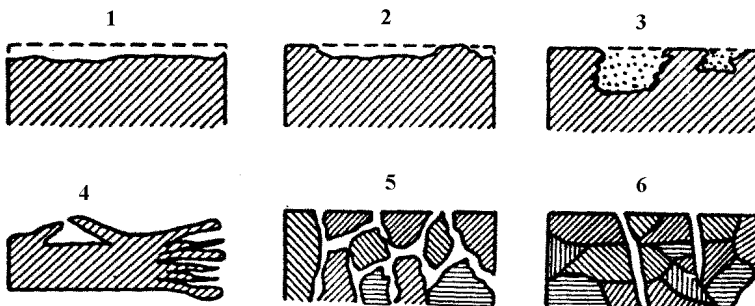


Рис.3.29. Види корозійних руйнувань металу: 1 – рівномірна корозія; 2 – корозія плямами; 3 – корозія виразками; 4 – поверхнева корозія; 5 – міжкристалітна корозія; 6 – внутрішньокристалітна корозія

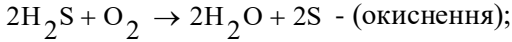
Хімічна корозія

Хімічна корозія відбувається в середовищі рідких діелектриків або газів, нагрітих до високих температур. Це окисно-відновний процес, до якого відносяться: киснева, сірководнева, сірчана, воднева корозії.

Киснева корозія характерна при взаємодії сталі з киснем повітря, що супроводжується утворенням окалини ($4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$), яка не має механічної стійкості і легко відшаровується від металу. Швидкість окиснення збільшується з підвищенням температури і концентрації кисню.

Сірчана і сірководнева корозії виникають при переробці сірчистої сировини в нафтопереробній, нафтохімічній, хімічній, коксобензолній та газовій галузях промисловості. Корозія відбувається під впливом елементарної сірки чи її сполук з утворенням сірчистого заліза:





Воднева корозія, характерна для процесу виробництва аміаку, процесів гідрогенізації, гідроочистки та реформінгу нафтопродуктів, особливо проявляється при високих тиску і температурі. Воднева корозія відноситься до міжкристалітного типу. Вона протікає за таким механізмом: дифузія водню проходить вглиб металу по межах структурних зерен. При цьому відбувається часткове розчинення водню і хімічна взаємодія його з цементитом сталі за реакцією: $\text{Fe}_3\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{Fe}$. Цей процес супроводжується руйнуванням структури зерна та утворенням дрібних тріщин. У тріщини, що утворилися, проникає водень, що викликає продовження і прискорення процесу корозії.

Електрохімічна корозія

Електрохімічна корозія відбувається у випадку, коли поверхня металу контактує з будь-яким електролітом, і супроводжується процесом розчинення металів в електролітах у результаті дії гальванічних пар, що утворюються.

Суть процесу аналогічна роботі гальванічного елемента (рис.3.30). Якщо метал не є однорідним, окремі його ділянки мають різну здатність до розчинення. Чим лівіше розташований метал у ряду напруженості, тим легше він розчиняється в електроліті. Певні ділянки поверхні апарата, стикаючись з електролітом, стають анодом, інші – катодом.

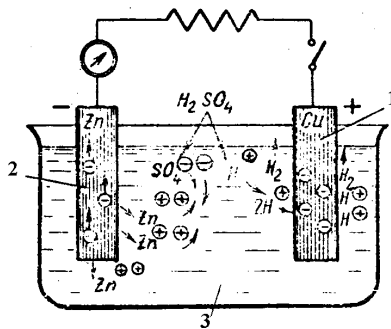


Рис.3.30. Схема взаємодії металів з електролітом: 1 – катод (не розчиняється); 2 – анод (розчиняється); 3 – електроліт

Якщо неоднорідний метал занурити в електроліт, то іони більш активного металу будуть переходити в розчин. Ділянка обладнання, поверхня якого є анодом, буде руйнуватися. Негативні іони електроліту переміщуються в напрямку позитивно заряджених іонів металу, що виділяються і, з'єднуючись із ними, утворюють хлористу сіль металу. У той же час позитивно заряджені іони електроліту (водню) переміщуються до негативно заряджених ділянок стінки і, нейтралізуючись, утворюють молекулу водню. Кількість

металу, що розчинився, визначають за формулою: $\Delta g = \frac{A \cdot I \cdot \tau}{\Phi \cdot n}$,

де I – корозійний струм; Φ – стала Фарадея, $\Phi=96500$ Кл; A – атомна маса металу; n – валентність іона металу, що переходить у розчин; τ – тривалість корозії.

До електрохімічної корозії відноситься:

- атмосферна корозія, що проходить у вологому повітрі, яке має домішки агресивних парів та газів;
- корозія в розчинах кислот, лугів, солей тощо;
- корозія в розплавлених солях ;
- ґрунтова корозія;
- корозія блукаючими струмами.

Заходи для запобігання пошкоджень технологічного обладнання в результаті руйнування металу від впливу корозії:

- застосування корозійностійких матеріалів (бронза в середовищах із розчинами солей, титан у розчинах оцтової кислоти; нержавіючі сталі в окисних середовищах, алюміній у 40% розчині мурашиної кислоти тощо);

- ізоляція металу від агресивного середовища захисними покриттями (покриття лаками, фарбами, застосування бітумно-пекових обмазок для захисту від ґрунтової корозії, нанесення тонких металевих плівок і футерівки (керамічна плитка, пластмаса тощо);

- зменшення корозійної активності середовища (очищення речовин, що обробляються від агресивних домішок; введення інгібіторів у ґрунт (нітрати, фосфати та ін.); осушення місць встановлення технологічного обладнання);

- застосування неметалевих хімічно стійких матеріалів пластмас (поліетилен, поліпропілен, фторопласти), скла, кераміки);

- застосування установок катодного захисту проти

електрохімічної корозії тощо.

Захист від електрохімічної корозії базується на ліквідації анодних ділянок, що можуть виникати на поверхні технологічного обладнання.

Катодний (рис.3.31) і протекторний захист (рис.3.32) дає можливість створити різницю потенціалів між спорудою, що захищається, і ґрунтом. При цьому вся споруда стає катодом.

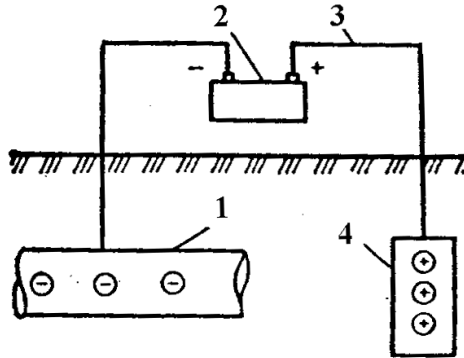


Рис.3.31. Катодний захист: 1 – підземний трубопровід (катод), який захищається; 2 – джерело постійного струму; 3 – з'єднувальні проводи; 4 – металолом (анод)

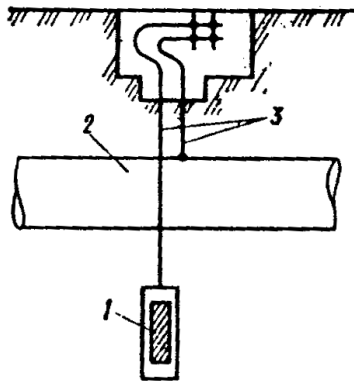


Рис.3.32. Протекторний захист: 1 – протектор; 2 – підземний трубопровід; 3 – з'єднувальні проводи

Корозія металу блукаючими струмами

Корозія металу блукаючими струмами (струмами витікання) є різновидом електрохімічної корозії, але вона є більш руйнівна, оскільки величина струмів витікання є значною.

Блукаючі струми виникають в результаті неякісної електроізоляції при прокладанні рейок електричних залізничних і трамвайних колій, неправильному встановленні акумуляторних батарей, несправності силових і освітлювальних кабелів. На рис.3.33 приведена схема корозії блукаючими струмами підземного трубопроводу. Як показано, корозія блукаючими струмами відбувається на анодній ділянці, тобто у місцях виходу струму з труби у ґрунт. Швидкість корозії пропорційна густині струму, який проникає у ґрунт. В середньому струм силою 1 А розчиняє протягом року до 7 кг металу.

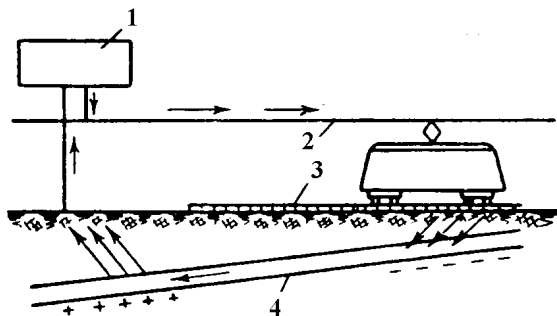


Рис. 3.33. Схема корозії струмами витікання: 1 – тягова підстанція; 2 – контактний провід; 3 – рейси; 4 – підземна споруда (трубопровід)

Заходи для запобігання корозії металу блукаючими струмами:

- зменшення кількості точок, які створюють можливість витікання струму в ґрунт;
- зменшення струмів витікання, тобто збільшення перехідного опору між струмопровідними пристроями і землею;
- покращення якості електроізоляційного захисту підземної споруди;
- влаштування дренажного захисту і використання установок катодного захисту.



Запитання та завдання для самоконтролю

1. Для яких випадків проводиться аналіз утворення горючого середовища всередині апаратів при нормальному проведенні технологічного процесу?

2. Математичний вираз умови наявності горючої суміші в апаратах з рідинами.
3. Як визначити тиск насичених парів при робочій температурі рідини?
4. Визначити значення нижньої та верхньої меж поширення полум'я для аміаку, ацетилену, водню, метану, оксиду вуглецю (СО), пропану при 60, 40, 70, 65, 50, 40 °С, відповідно. Необхідні дані для розрахунку наведені у таблиці.

Таблиця

Найменування газу	Концентраційні межі поширення полум'я, об.частки	
	нижня	верхня
Аміак	0,15	0,28
Ацетилен	0,025	0,81
Водень	0,0412	0,75
Метан	0,0528	0,141
Оксид вуглецю	0,125	0,74
Пропан	0,023	0,094

5. Обчислити концентрацію насичених парів ацетону, бензолу, метилового спирту, толуолу над поверхнею рідини при таких температурах: 30, 55, 60, 70 °С, відповідно. Апарати, у яких знаходяться вказані речовини з'єднані з атмосферою. Значення констант Антуана наведені у таблиці.

Таблиця

Найменування рідини	Константи Антуана		
	A	B	Ca
Ацетон	7,15058	1281,721	237,088
Бензол	6,98426	1252,776	225,187
Метиловий спирт	8,22777	1660,545	245,818
Толуол	6,95508	1345,087	219,526
Н-гептан	6,95154	1295,405	219,819

6. Як обчислити робочу концентрацію горючого газу в суміші з окислювачем?
7. Умова виникнення вибухонебезпечної концентрації всередині апарата з горючим пилом.
8. Записати математичний вираз вибухобезпечних умов експлуатації герметичних апаратів з пожежонебезпечними рідинами та для апаратів з горючим пилом.

9. У газовий змішувач надходить метан та повітря. Витрата метану $G_{\text{CH}_4} = 200 \text{ м}^3/\text{год}$, витрата повітря $G_{\text{пов.}} = 2200 \text{ м}^3/\text{год}$. Температура суміші $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Вміст кисню у повітрі $\sim 21\%$. Тиск – атмосферний. Чи буде горючою утворена газоповітряна суміш?
10. Наведіть приклади апаратів з відкритою поверхнею випаровування.
11. У яких випадках з нормально працюючих апаратів у виробничі приміщення та на відкриті майданчики можуть виходити вибухонебезпечні речовини?
12. Визначити кількість бензину Б-70, яка випарується з відкритої поверхні ванни (площа поверхні бензину $1,3 \text{ м}^2$, температура $25 \text{ }^\circ\text{C}$) за 1 годину (випаровування в нерухоме середовище) Значення констант Антуана: $A=8,419$, $B=2629,65$, $C_a=364,195$.
13. Що таке велике та мале „дыхання”?
14. Визначити, яка кількість бензолу випарується з апарата при одному великому „дыханні”, якщо відомо, що температура в пароповітряному просторі становить $20 \text{ }^\circ\text{C}$, тиск 101325 Па , об’єм апарата $15,0 \text{ м}^3$, а коефіцієнт заповнення - $0,9$.
15. Визначити, яка кількість ацетону випарується з резервуара місткістю 100 м^3 при плавній зміні температури навколишнього середовища від 18 до $32 \text{ }^\circ\text{C}$. Робочий тиск в резервуарі - атмосферний. Ступінь заповнення резервуара – $0,6$.
16. Як визначити кількість рідини, що випарується в рухоме та нерухоме середовище?
17. Чим відрізняється процес випаровування у нерухоме та рухоме середовище?
18. Як визначити кількість парів горючої рідини, які вилучаються з апаратів при великому та малому „дыханні”?
19. Які з апаратів мають більшу пожежну небезпеку: періодичної чи безперервної дії? Обґрунтуйте відповідь.
20. Як визначити кількість парів горючої рідини, що виходять з апаратів періодичної дії?
21. Чому відбувається вихід парів та газів з працюючого під тиском герметичного обладнання?
22. Як визначити масу та інтенсивність виходу парів або газів з апарата, що працює під тиском?
23. Як впливає наявність повітрообміну на концентрацію горючих речовин у виробничому приміщенні?

24. Розрахувати кількість толуолу, яка вийде при локальному пошкодженні технологічного апарата. Робочий тиск в апараті 0,25 МПа, температура рідини 20 °С, висота стовпа рідини в апараті 2 м, коефіцієнт витрат – 0,8, діаметр отвору 10мм. Пошкодження апарата було усунуто протягом 30 хв.
25. На яку площу виробничого приміщення розіллється горюча рідина при повному руйнуванні апарата об'ємом 1 м³, ступінь його заповнення - 0,8. В момент аварії проводилось наповнення апарата горючою рідиною насосом (продуктивність насоса 0,5 л/с) по трубопроводу (діаметр трубопроводу 0,05м, довжина трубопроводу 7,0м). Від'єднання насоса на засувку на трубопроводі ручне. Робоча температура рідини 25 °С.
26. Назвіть механічні впливи на матеріал апаратів та трубопроводів, які можуть призвести до їх пошкодження.
27. Що таке ерозія матеріалу та трубопроводів? Її види.
28. Як температурні фактори впливають на пошкодження технологічного обладнання?
29. У яких технологічних процесах відбувається руйнування обладнання внаслідок корозії апаратури?

4. ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВИХ ДЖЕРЕЛ ЗАПАЛЮВАННЯ

Джерелом запалювання, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, називають засіб енергетичного впливу, який ініціює виникнення горіння. Інше визначення, джерелом запалювання може бути таке нагріте тіло (при вимушеному запалюванні) або такий екзотермічний процес, які здатні нагріти деякий об'єм горючої суміші до певної температури, коли швидкість тепловиділення (через реакції в горючій суміші) дорівнює або перевищує швидкість тепловідведення з зони реакції. В цьому випадку потужність та тривалість теплової дії джерела повинні забезпечувати підтримку критичних умов протягом часу, необхідного для розвитку реакції з формуванням фронту полум'я, здатного до подальшого вільного поширення.

Нагріті тіла, як джерела примусового запалювання горючих сумішей, характеризуються температурою ($t_{d.з.}$), кількістю тепла (енергією) ($Q_{d.з.}$) і тривалістю дії ($\tau_{d.з.}$).

Джерелом запалювання вважають таке тіло, яке має достатню температуру, запас теплової енергії і яке діє протягом часу необхідного для запалювання горючого середовища. Для того, щоб тіло було джерелом запалювання, повинні виконуватися такі умови:

- температура джерела запалювання повинна бути більша (або рівна) за температуру самозаймання горючої речовини: $t_{d.з.} \geq t_{ccз}$;
- запас теплової енергії джерела запалювання повинен бути достатнім (більшим або рівним) для нагрівання горючої речовини до температури самозаймання: $Q_{d.з.} \geq Q_{min}$;
- час дії джерела запалювання повинен бути більшим (або рівним) за період індукції горючого середовища: $\tau_{d.з.} \geq \tau_{ind.}$.

Параметри джерела запалювання можна визначити розрахунковим або дослідним шляхом, а горючого середовища – за довідковою літературою.

Тривалість дії виробничих джерел запалювання ($\tau_{d.з.}$), як правило, значно перевищує період індукції горючої суміші. В такому випадку умова утворення джерела запалювання в горючій суміші виконується при такому відношенні:

$$(t_{d.з.} \geq t_{ccз}) \cap (Q_{d.з.} \geq Q_{min}),$$

де $t_{д.з.}$ – температура нагрітого тіла, °С; $Q_{д.з.}$ – енергія (кількість тепла) нагрітого тіла, Дж; $t_{ссз}$ – температура samozаймання горючої речовини, °С; Q_{min} – мінімальна енергія запалювання горючої суміші, Дж.

Знаючи умови формування джерела запалювання, можна створити такі умови проведення технологічних процесів, які виключали б можливість утворення джерел запалювання. До безпечних параметрів проведення технологічних процесів відносяться:

$$Q_{без} \leq 0,4 \cdot Q_{min} ,$$
$$t_{без} \leq 0,8 \cdot t_{ссз}$$

де $Q_{без}$ – безпечна енергія запалювання, Дж; Q_{min} – мінімальна енергія запалювання, Дж; $t_{без}$ – безпечна температура, °С; $t_{ссз}$ – температура samozаймання, °С.

У виробничих умовах джерела запалювання є різноманітними як за природою походження, так і за тривалістю дії та запасом теплової енергії.

За тривалістю дії джерела запалювання поділяють на постійно діючі (передбачені технологічним регламентом при нормальному режимі роботи обладнання) та потенційно можливі джерела запалювання (виникають при порушенні технологічного процесу).

За природою походження, джерела запалювання поділяють на чотири групи:

- 1) відкритий вогонь, розжарені продукти горіння та нагріті ними поверхні;
- 2) теплові прояви механічної енергії;
- 3) теплові прояви електричної енергії;
- 4) теплові прояви хімічної енергії.

Основним методом аналізу джерел запалювання є метод виключення. За цим методом необхідно перерахувати всі відомі технологічні джерела запалювання відповідно до груп та відібрати з них тільки ті, які відповідають реальній технології.

4.1. Відкритий вогонь, розжарені продукти горіння та нагріті ними поверхні

Слід зазначити, що відкритий вогонь та розжарені продукти горіння мають хімічну природу, однак, через надзвичайну пожежну

небезпеку, їх виокремлюють. Класифікація джерел запалювання даної групи приведена у вигляді схеми (рис.4.1.).

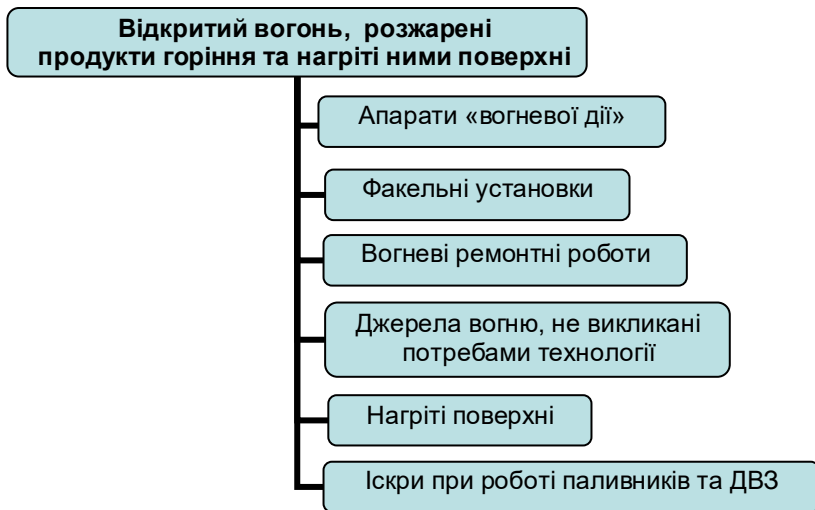


Рис. 4.1. Класифікація джерел запалювання, які спричинені відкритим вогнем, розжареними продуктами горіння та нагрітими ними поверхнями

4.1.1. Апарати «вогневої» дії

Апарати «вогневої» дії (трубчасті печі, реактори, сушарки, теплогенератори тощо) характеризуються наявністю палива, що горить, високонагрітої теплообмінної поверхні, розжарених конструктивних елементів паливника.

Температура горіння залежить від виду палива: для газоподібного вона знаходиться в межах 1200...1400°C, для рідкого – 1100...1300°C, для твердого – 1000...1200°C. При таких температурах апаратів «вогневої» дії будь-які пошкодження і аварії сусідніх апаратів, що супроводжуються виходом назовні горючих речовин, призведуть до пожежі.

При проектуванні технологічних процесів із наявністю апаратів «вогневої» дії необхідно передбачати ізоляцію цих установок від можливого зіткнення з ними горючих парів і газів, що досягається:

- розташуванням апаратів “вогневої” дії у закритих приміщеннях, відособлених від інших апаратів;
- розташуванням на відкритих майданчиках між “вогневими” апаратами і пожежонебезпечними установками захисних перешкод. Наприклад, розташування закритих будинків, що виконують роль перешкоди або глухої стіни між вогневою пічкою і колонами (рис.4.2.).

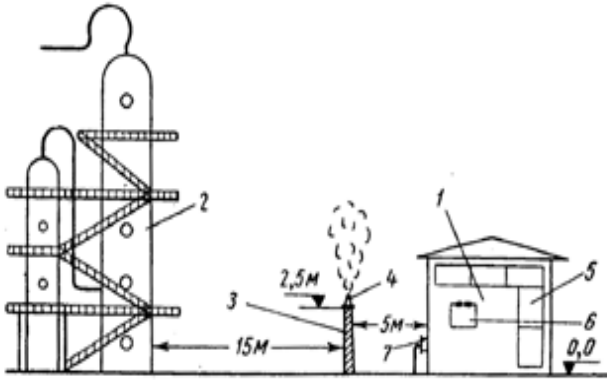


Рис.4.2. Глуха стіна (екран) між вогневою пічкою і колонами: 1 – вогнева піч; 2 – колони; 3 – глуха стіна (екран) зі сторони пальників; 4 – трубопровід для створення парової завіси; 5 – дверцята двійникових шахт; 6 – противибухові шарнірно-відкидні дверцята

Якщо вогнева піч розташована пальниками в сторону апарата з скрапленими газами чи легколеткими рідинами, то між ними прокладають глуху стінку висотою 2...2,5м і зверху на ній - трубопровід для створення парової завіси.

- дотриманням пожежобезпечних регламентованих відстаней між апаратами;
- застосуванням парових завіс у тих випадках, коли неможливо забезпечити пожежобезпечну відстань (рис.4.3);

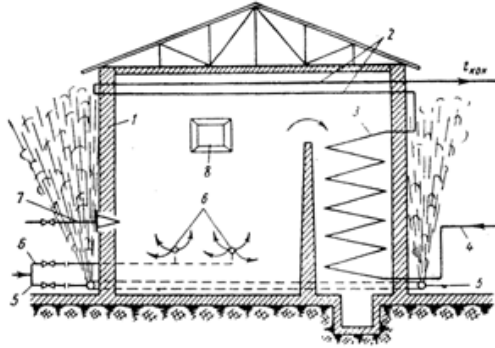


Рис.4.3. Вогнева трубчаста піч з паропроводом для внутрішнього пожежогасіння і для створення парової завіси: 1 – корпус печі; 2 – радіантні труби; 3 – конвекційні труби; 4 – подача сировини в змійовик; 5 – система подачі водяної пари для створення завіси навколо печі; 6 – система подачі водяної пари з метою пожежогасіння; 7 – пальник печі; 8 – запобіжні шарнірно-відкидні дверцята

4.1.2. Факельні установки

На факельних установках спалюються викиди горючих газів і парів, які через певні причини вчасно не реалізовані, аварійні викиди від запобіжних клапанів чи інших контрольних запобіжних пристроїв, що встановлені на технологічній апаратурі, викиди продуктів з апаратів перед їх пропаркою, продувкою, ремонтом тощо.

Загальна факельна система підприємства складається (рис.4.4.) з газопроводів, які беруть початок від апаратів, загального факельного газопроводу, компресора для перекачування газів, установки факельних викидів і факельної труби.

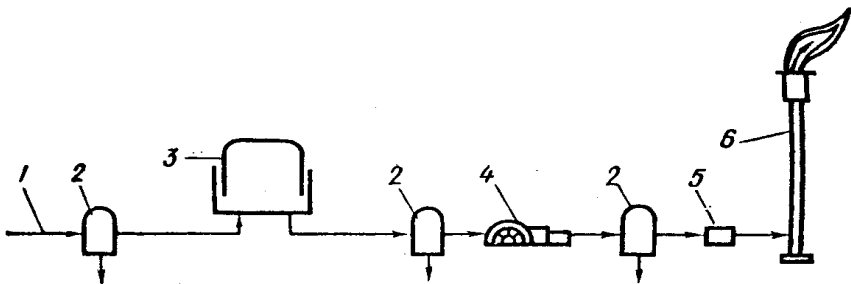


Рис. 4.4. Схема загальної факельної схеми підприємства: 1 –

колектор; 2 – відбійники конденсату; 3 – газгольдер; 4 – компресор; 5 – вогнеперешкоджувач; 6 – факельна труба

Небезпека факельної системи як джерела запалювання зумовлена наявністю постійно діючого відкритого факела полум'я. Неправильна будова факельних систем може призвести до небезпечного теплового впливу безпосередньо відкритого полум'я на сусіднє газонебезпечне технологічне обладнання, до інтенсивного іскроутворення в результаті неповного згоряння, до викиду горючого конденсату, до проникнення полум'я у факельну трубу, а також до загазованості довкілля при зриві полум'я.

Для запобігання небезпечного прояву відкритого полум'я факельної системи необхідне:

- раціональне розташування факельних труб в залежності від рельєфу місцевості (перевага віддається підвищеним ділянкам території підприємства) і напрямку пануючих вітрів з врахуванням можливого розлітання іскор і максимального відхилення факела полум'я під впливом вітру;

- розрахункове визначення висоти факельних труб з врахуванням теплового випромінювання;

- передбачають безпечні протипожежні відстані між факельною трубою і вибухопожежонебезпечними будівлями, спорудами чи окремими апаратами;

- для запобігання зриву полум'я факела збільшують швидкість руху газів, які подаються на спалювання; на факельній трубі влаштовують захищений від вітру газовий палик постійного (чергового) горіння (рис.4.5).

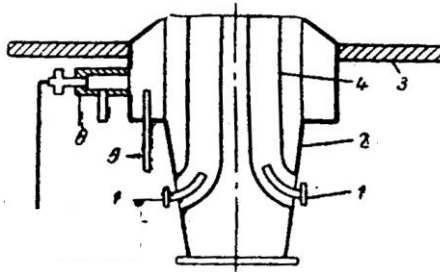


Рис.4.5. Конструкція факельного пальника з паровими дюзами: 1 – парова дюза; 2 – корпус факельного пальника; 3 – захисний дашок; 4 – повітряна труба; 5 – термопара; 6 – черговий пальник

- підпалювання газової суміші в черговому пальнику з допомогою так званого „полум'я, що біжить”, (попередньо підготовлена горюча суміш підпалюється електрозапалом, і полум'я, переміщуючись вгору, підпалює газ пальника). Щоб зменшити утворення диму й іскор, до факельного пальника підводять водяну пару.

4.1.3. Вогневі ремонтні роботи

Пожежна небезпека вогневих ремонтних робіт (електрогазоварювальних, різальних, паяльних, розігрівання бітумів і смол тощо) зумовлена наявністю відкритого полум'я, розжарених огарків електродів, нагрітих до високих температур поверхонь технологічного обладнання в місцях розігріву полум'ям, утворенням великої кількості іскор (крапель розплавленого металу). Зокрема, температура полум'я при газовому зварюванні досягає 3000°C, а при електродуговому зварюванні з використанням вугільних електродів – 6000°C. Іскри, які утворюються в процесі зварювання мають температуру більшу ніж 1700°C.

Для запобігання виникнення вказаного виду джерел запалювання необхідне дотримання заходів пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт у відповідності з ППБ в У (п.8.1).

4.1.4. Джерела вогню, не викликані потребами технології

(паління, розведення багать, випалювання горючих відкладень в апаратах, використання паяльних ламп, факелів для відігрівання замерзлих труб тощо).

Пожежна небезпека полум'я обумовлена температурою факела і часом його впливу на горючі речовини. Наприклад, при горінні багатьох горючих речовин запалювання можливе від таких “малокалорійних” джерел запалювання, як тліючий недопалок сигарети.

При проведенні ремонтних робіт часто використовують полум'я пальників і паяльних ламп, застосовують смолоскипи для відігрівання замерзлих труб, для освітлення при огляді рівня рідини в апаратах у темноті, розкладають вогнища для прогрівання ґрунту на території об'єктів із наявністю ЛЗР і ГР, спалюють відходи. Температура полум'я, а також кількість тепла, що при цьому виділяється, достатні для запалювання майже всіх горючих речовин.

Для запобігання прояву вказаного виду джерел запалювання необхідно:

- виключити утворення “малокалорійних” джерел запалювання (на об'єктах паління дозволяється тільки в спеціально обладнаних місцях);
- використовувати гарячу воду або водяну пару для відігрівання замерзлих ділянок технологічного обладнання замість факелів (обладнання відкритих стоянок автомобілів системами подачі гарячого повітря);
- здійснювати очищення трубопроводів і вентиляційних систем від горючих відкладень пожежобезпечним засобом (пропарка і механічне очищення). У виняткових випадках допускається випалювання відходів після демонтажу трубопроводів на спеціально відведених ділянках і постійних місцях проведення вогневих робіт.

4.1.5. Нагріті поверхні

Високонагріті продукти горіння – газоподібні речовини, що утворюються при горінні твердих, рідких і газоподібних речовин, досягають температури 1200 °С і більше. Пожежну небезпеку створює вихід високонагрітих продуктів через нещільності в кладці паливників, димових каналів, розігрів металевих викидних труб паливників та двигунів внутрішнього згорання.

Для запобігання небезпечного прояву високонагрітих продуктів горіння необхідне:

- влаштування протипожежних розділок та відступок у місцях прокладання димових та викидних труб через горючі конструкції;
- застосування автоматичного регулювання температури високонагрітих продуктів горіння;
- контроль за станом кладки димових каналів і борівів при експлуатації паливників, за станом викидних труб ДВЗ, запобігання їх нещільностям і прогарам;
- захист високонагрітих поверхонь технологічного обладнання (камери ретурбеднів) теплоізоляцією з захисними кожухами. Гранично допустима температура поверхні не повинна перевищувати 80% температури самозаймання горючих речовин, що обертаються у виробництві.

4.1.6. Іскри при роботі паливників та двигунів внутрішнього згорання

Іскри, що виникають при роботі паливників та двигунів внутрішнього згорання, являють собою тверді розжарені частки палива або окалини в газовому потоці, які утворюються в результаті неповного згорання або механічного винесення горючих речовин і продуктів корозії. Температура такої твердої частки достатньо висока, але запас теплової енергії (Q) невеликий через малу масу іскри. Іскра здатна запалити тільки речовини, достатньо підготовлені до горіння (газо-пароповітряні суміші, осілий пил, волокнисті матеріали).

Паливники “іскрять” через конструктивні недоліки; через використання сорту палива, на який паливник не розрахований, через посилене дуття, через неповне згорання палива, через недостатнє розпилення рідкого палива, а також через порушення термінів очищення печей.

Іскри і нагар при роботі ДВЗ утворюються при неправильному регулюванні системи подачі палива, електрозапалювання, при забрудненні палива мастилами і мінеральними домішками, при тривалій роботі двигуна з перевантаженнями, при порушенні термінів очищення вихлопної системи від нагару.

Пожежна небезпека іскор котельних, труб паровозів і тепловозів, інших машин значною мірою визначається їх розміром і температурою. Встановлено, що іскра $d=2$ мм пожежонебезпечна, якщо її температура становить $t \approx 1000$ °С; $d=3$ мм - 800 °С; $d=5$ мм - 600 °С.

Для запобігання небезпечного прояву іскор паливників і двигунів необхідно здійснювати такі заходи:

- утримання в належному технічному стані паливників та двигунів;
- застосування іскровловлювачів та іскрогасників при роботі паливників та двигунів.

Запобігання утворенню іскор передбачає: автоматичне підтримання оптимальної температури горючої суміші, що подається на спалювання; автоматичне регулювання оптимального співвідношення між паливом і повітрям у горючій суміші; недопустимість тривалої роботи паливників і двигунів у форсованому режимі, із перевантаженням; використання тих видів палива, на які розраховані паливник і двигун; систематичне очищення внутрішніх

поверхонь паливників, димових каналів від сажі і випускних колекторів двигунів від нагаромасляних відкладень.

Для вловлення та гасіння іскор, що утворюються при роботі паливників і двигунів, застосовують іскровловлювачі й іскрогасники, робота яких базується на використанні гравітаційних (осаджувальних камер), інерційних (камер з перегородками, сітками, насадками), відцентрових (циклонних і турбінно-вихрових камер).

Найбільше поширення на практиці набули іскровловлювачі гравітаційного (рис.4.6), інерційного (рис.4.7) і відцентрового типу (рис.4.8). Ними обладнують, наприклад, димові канали димогазових сушарок, системи випуску вихлопних газів автомобілів та тракторів.

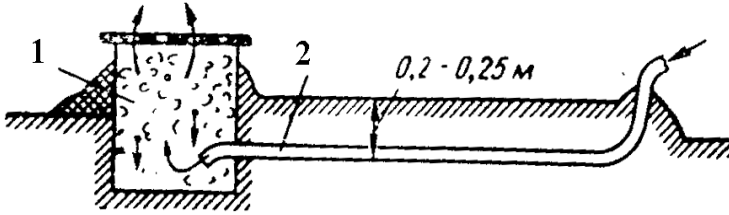


Рис.4.6. Іскровловлювач, захисна дія якого базується на використанні сили тяжіння: 1 – іскроосадна камера; 2 – викидна труба двигуна

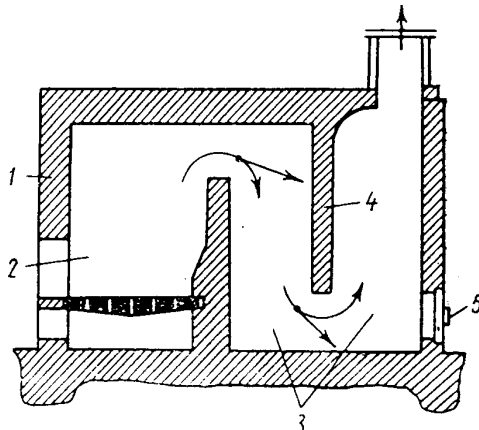


Рис.4.7. Іскровловлювач інерційної дії: 1 – корпус печі; 2 – камера горіння, 3 – іскроосадна камера; 4 – перегородка печі; 5 – дверцята очисного отвору

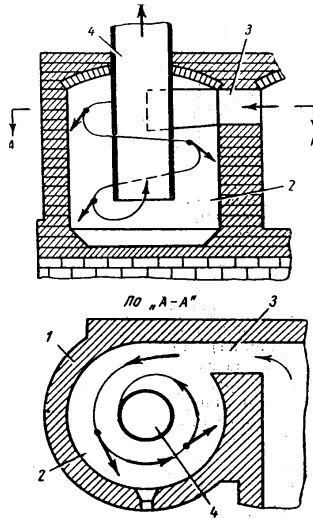


Рис.4.8.

Рис.4.8. Іскровловлювач циклонного типу: 1 – корпус; 2 – камера циклона; 3 – тангенціальний вхід в камеру циклона; 4 – центральна труба для відведення очищених від іскор газів

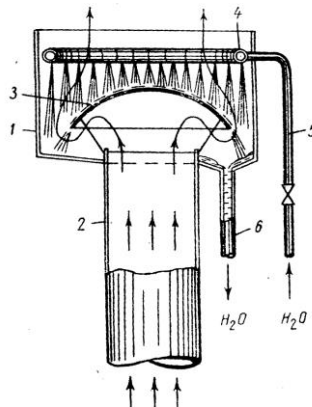


Рис.4.9. Іскровловлювач з водяною завісою: 1 – корпус іскрогасника; 2 – димар (або труба викидних газів); 3 – відбивач; 4 – кільце – розпилювач води; 5 – трубопровід для підведення води; 6 – зливний трубопровід

Для забезпечення глибокого очищення паливних газів від іскор на практиці часто застосовують не один, а декілька різних типів іскровловлювачів та іскрогасників, які з'єднують між собою послідовно. Багатоступінчасте іскровловлення і гасіння ефективне у технологічних процесах сушіння подрібнених горючих матеріалів, де в якості теплоносія використовуються димові паливні гази в суміші з повітрям.

Проектування і виготовлення іскровловлювачів і іскрогасників проводиться з врахуванням параметрів, що характеризують пожежну небезпеку іскроутворення, тобто тепловмісту і тривалості охолодження іскри до безпечних температур.

4.2. Теплові прояви механічної енергії

При перетворенні механічної енергії у теплову тіла, які здійснюють роботу, нагріваються. Температура, яка при цьому досягається, залежить від температури тіл, що нагріваються, від теплоти тертя, від коефіцієнтів тертя, маси тіл, які дотикаються, питомої теплоємності матеріалу, коефіцієнтів теплопровідності, коефіцієнтів теплообміну з повітрям, температури довкілля. Класифікацію джерел запалювання, зумовлених тепловими проявами механічної енергії показано на рис.4.10.

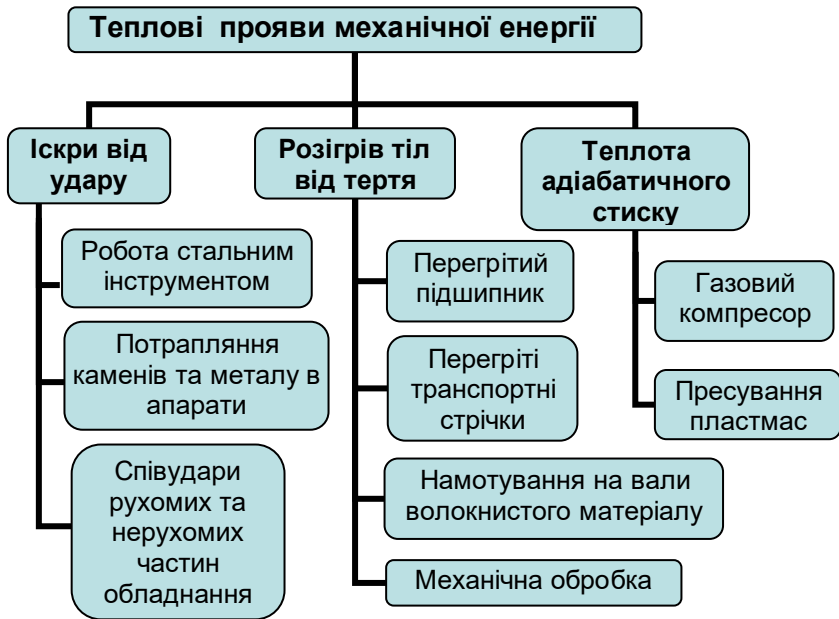


Рис. 4.10. Класифікація джерел запалювання, які зумовлені тепловими проявами механічної енергії

В умовах виробництва зміна температури тіла в результаті здійснення механічної роботи є пожежонебезпечною в таких випадках:

4.2.1. Іскри від удару

Іскри при ударах твердих тіл виникають при роботі інструментом ударної дії (молоток, зубило тощо); при потраплянні в машини та апарати металевих предметів та камення (апарати з мішалками, апарати для подрібнення, розпушування речовин); при співударах рухомих та нерухомих частин обладнання (вентилятори, ножові барабани волокновідділювальних і тіпальних машин, апарати з мішалками тощо).

Розміри іскор удару і тертя (розжарена до світіння частинка металу або каменю), як правило, не перевищують 0,5 мм, а температура їх знаходиться в межах температури плавлення металу.

Температура іскор нелегованих маловуглецевих сталей може досягати температури плавлення металу біля 1550^oC. У виробничих умовах від іскор удару займаються ацетилен, етилен, водень, оксид вуглецю, сірковуглець, метано-повітряна суміш і інші речовини. Чим більше в суміші кисню, тим інтенсивніше горить іскра, тим вища горючість суміші. Іскра, що летить, безпосередньо не запалює пилоповітряні суміші, але, потрапивши на осілий пил або на волокнисті матеріали, викликає появу осередків тління. Так, на борошномельних, ткацьких і бавовнопрядильних підприємствах біля 50% усіх пожеж виникає від іскор, що виникають при ударах твердих тіл.

Іскри, що утворюються при ударах алюмінієвих тіл об сталеву окислену поверхню призводять до хімічної взаємодії з вилученням значної кількості тепла: $2Al + Fe_2O_3 = Al_2O_3 + 2Fe + Q$.

За рахунок тепла цієї реакції збільшується тепловміст і температура іскри.

Температура іскор, що утворюються при співударі металів, і здатні вступати в хімічну взаємодію один з одним із вилученням значної кількості тепла, може перевищувати температуру плавлення і тому її визначають експериментально або розрахунком.

Кількість теплоти, що віддається іскрою (краплею металу) при охолодженні від початкової температури до температури самозаймання горючої суміші, тобто:

$$Q_i = V_k \rho_m C_k (t_n - t_{ccn})$$

де Q_i - тепловміст іскри, Дж; V_k - об'єм краплі металу, м³; ρ_m - густина металу, кг/м³; C_k - питома теплоємність металу, Дж/кг·К; t_n - температура краплі металу наприкінці польоту, °С; t_{ccn} - температура самозаймання горючої речовини, °С.

Тривалість охолодження розжареної частинки визначають за формулою:

$$\tau = \frac{F_0}{\lambda_i} d_i^2 C_i \rho_m$$

де τ - час охолодження іскри, с; F_0 - критерій Фур'є; d_i - діаметр іскри, м; C_i - теплоємність металу іскри при t_{ccz} горючої речовини, Дж/кг·К; ρ_m - густина металу іскри при t_{ccz} горючої

речовини, $\text{кг}/\text{м}^3$; λ_i – коефіцієнт теплопровідності металу іскри, $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$.

Запобігання утворення іскор при ударах твердих тіл досягається такими методами:

- в місцях, де можливе утворення вибухонебезпечних сумішей застосовувати іскробезпечні інструменти (іскробезпечні башмаки для гальмування залізничних цистерн, латунний інструмент для відкривання барабанів із карбідом кальцію на ацетиленових станціях). Іскробезпечними вважають інструменти, виконані з бронзи, фосфористої бронзи, латуні, берилію тощо.
- для запобігання потрапляння твердих тіл в апарати з ударними та обертовими, на лініях надходження речовин в апарати встановлювати магнітні вловлювачі та вловлювачі каміння (рис. 4.12-4.15);

Технологічні лінії, машини та апарати, які виконують первинну переробку волокнистих матеріалів, твердих горючих речовин у подрібненому вигляді, повинні мати пристосування для вловлювання (відділення) сторонніх предметів: магнітний захист, каменеві пастки тощо (ППБвУ. П.7.7.10).

Для очищення бавовни-сирцю від каменів перед її надходженням в машини бавовноочисних заводів встановлюють каменевловлювачі гравітаційного типу чи інерційної дії (рис.4.11).

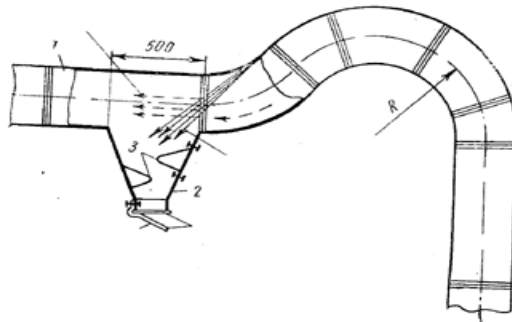


Рис.4.11. Лінійний каменевловлювач інерційної дії: 1 – трубопровід пневматичної установки; 2 – каменевловлювач; 3 – похилі поверхні; 4 – кришка для розвантаження камери

Металічні домішки з сипких і волокнистих матеріалів вловлюються магнітними сепараторами. Вони можуть бути з постійними магнітами і електромагнітами, з нерухомою і обертовою

магнітною системою або з обертним барабаном, з ручною і механізованою очисткою полюсів. Зокрема, на борошнорозмелювальних, круп'яних та комбикормових заводах широко застосовується магнітний апарат з ручним очищенням магнітних полюсів (рис.4.12).

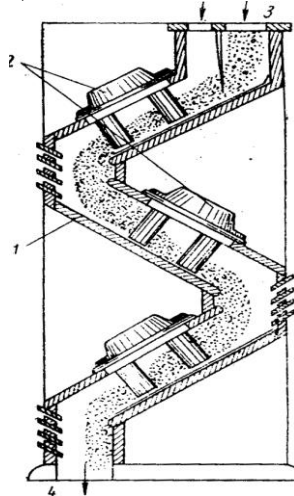


Рис.4.12. Магнітний апарат з постійними магнітами: 1 – корпус; 2 – система постійних магнітів; 3 – надходження продукту; 4 – вихід очищеного продукту

На рис.4.13. показано розріз електромагнітного сепаратора з обертним барабаном.

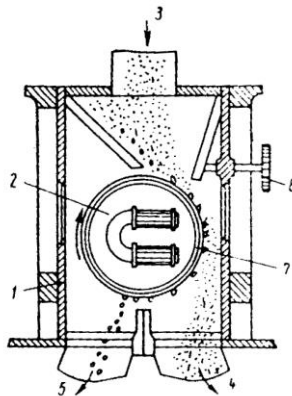


Рис.4.13. Електромагнітний сепаратор з обертним барабаном: 1 – корпус; 2 – нерухомий електромагніт; 3 – потік продукту; 4 –

трубопровід для очищеного продукту; 5 – трубопровід для вловлених домішок; 6 – регулювальний гвинт; 7 – обертовий барабан з немагнітного матеріалу

Схема роботи електромагнітного сепаратора з барабаном, який обертається від транспортної стрічки, показано на рис.4.14.

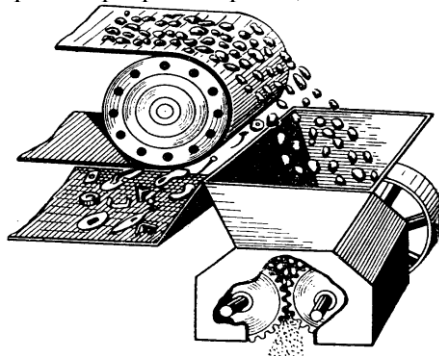


Рис.4.14. Схема роботи електромагнітного сепаратора з барабаном, який обертається від транспортної стрічки

Ефективність роботи магнітного вловлювача залежить від місця його розташування, швидкості руху продукту, рівномірності і товщини його шару, характеру домішок.

Магнітні вловлювачі встановлюють, як правило, на початку технологічної лінії перед машиною ударної дії, потрапляння металічних частин у які може викликати займання паро- і газоповітряних сумішей при відкладеному пилу.

Якщо є небезпека потрапляння в машину твердих немагнітних домішок, здійснюють, по-перше, детальне сортування сировини, по-друге, внутрішню поверхню машин, об яку ці домішки можуть вдаритися, футерують м'яким металом, гумою або пластмасою.

- для запобігання утворенню іскор від співударів рухомих та нерухомих механізмів машин необхідно старанно регулювати і балансувати вали, правильно підбирати підшипники, перевіряти відстані між рухомими і нерухомими частинами машин, надійність їх кріплення, що виключає можливість поздовжніх переміщень; запобігати перевантаженню машин.

- застосовувати іскробезпечні вентилятори для транспортування газо-, паро- та пилоповітряних сумішей;

Для запобігання утворенню іскор кожух вентилятора з внутрішньої сторони покривають шаром м'якого металу. Ротор

вентилятора балансують і надійно закріплюють, але при цьому слідкують за тим, щоб лопаті ротора при обертанні не вдарились в кожух. Величина щілини між краєм вхідного патрубка і краєм ротора приймається в межах 1% діаметра колеса.

- покриття підлоги у приміщеннях вибухопожежо-небезпечних категорій виконувати з негорючих матеріалів та таких, що під час ударів не дають іскор. Конструкція вікон та дверей у таких приміщеннях повинна виключати можливість іскроутворення (ППБвУ. П.7.7.15).

4.2.2. Розігрів тіл від тертя

Будь-яке переміщення тіл, що стикаються одне з одним, вимагає витрати енергії на подолання роботи сил тертя. Ця енергія в основному перетворюється в теплоту. При нормальному стані і правильній експлуатації частин, що труться, тепло, яке виділяється ($Q_{тр}$), своєчасно відводиться спеціальною системою охолодження ($Q_{ох}$), а також розсіюється в навколишнє середовище: $Q_{тр} = Q_{ох} + Q_{нс}$. Порушення цієї рівності, тобто збільшення тепловилучення або зменшення тепловідводу і тепловтрат, веде до підвищення температури тіл, що труться. З цієї причини відбувається займання горючого середовища або матеріалів від перегрівання підшипників машин, сильно затягнутих сальників, барабанів і транспортних стрічок, шківів і привідних пасів, волокнистих матеріалів при намотуванні їх на вали машин і апаратів, що обертаються. Розглянемо детальніше вказані чинники:

Перегрівання підшипників

Підшипники перевантажених та швидкісних валів при різноманітних порушеннях роботи (відсутності охолодження та змащення, забрудненні поверхонь, перекосі валів, перевантаженні машин, надмірному затягуванні підшипників тощо) перегріваються до небезпечних температур - вище температури самозаймання горючої суміші, яка контактує з підшипником, або температури самозаймання горючого пилу, який осів на його корпусі.

Максимальну температуру підшипника ковзання при відсутності змащування та примусового охолодження визначають за формулою:

$$t_{ниду.} = t_{нс} + \frac{Q_{TP}}{\alpha F},$$

де t_{midu} – максимальна температура підшипника, °С; t_{nc} – температура навколишнього середовища (повітря), °С; Q_{TP} – потужність сил тертя в підшипнику, Вт, яку визначають за формулою:

$$Q_{\text{TP}} = \pi \cdot f \cdot N \cdot d \cdot n,$$

де f – коефіцієнт тертя, що визначається в залежності від матеріалу приймається від 0,07 до 0,12; N – радіальна сила, яка діє на підшипник, Н; d – діаметр шийки вала, м; n – частота обертання вала, с⁻¹; α – коефіцієнт теплообміну між поверхнею підшипника і навколишнім середовищем, [Вт/м²·К], який визначають за формулами:

$$\text{при } t_{\text{midu}} > 60^\circ\text{C} \quad \alpha = 11,63 \exp(0,0023t_n);$$

$$\text{при } t_{\text{midu}} \leq 60^\circ\text{C} \quad \alpha = 4,07 \sqrt[3]{t_n - t_{\text{nc}}};$$

F - поверхня корпусу підшипника, яка омивається повітрям, м².

Для запобігання перегрівання підшипників необхідно:

- замість підшипників ковзання доцільно застосовувати підшипники кочення, особливо для навантажених валів та валів, які швидко обертаються;
- влаштовувати автоматичні системи охолодження з застосуванням у якості холодоагенту масел або води;
- здійснювати своєчасне і якісне технічне обслуговування (систематичне змащування, запобігання надмірного затягування, ліквідація перекосів, очищення поверхні від забруднень);
- здійснювати контроль за температурою підшипників за допомогою приладів автоматики, візуальний контроль температури здійснюється нанесенням термочутливих фарб, що змінюють свій колір при нагріванні корпусу підшипника.

Перегрівання транспортерних стрічок, норій та приводних пасів в результаті буксування

На промислових об'єктах іноді спостерігається займання транспортерних стрічок і приводних пасів машин і агрегатів. Таке явище відбувається в основному в результаті тривалого прослизання паса або стрічки відносно шківів через невідповідність між переданим зусиллям і натягом стрічки. При буксуванні вся енергія витрачається на тертя стрічки об шківів, в результаті чого виділяється значна кількість тепла. Найбільш часто буксування відбувається при перевантаженнях або слабкому натягу паса.

Температуру нагрівання стрічки при її буксуванні і ведучого барабана транспортера чи приводних пасів можна визначити за аналогічними формулами. В цьому випадку: N - сила натягу стрічки, Н; d - діаметр барабана, м; F - поверхня барабана, м².

Для запобігання перегрівання транспортних стрічок необхідно:

- не допускати роботу з перевантаженням машин, що мають транспортерні стрічки та пасові передачі, контролювати ступінь натягу стрічок, пасів та їх стан;
- не допускати завалів башмаків норій продукцією шляхом застосування пристроїв та пристосувань, що автоматично сигналізують про перевантаження або зупиняють рух стрічки з ковшами при завалі „башмаків” норій;
- замінювати плоскопасові передачі, де це можливо, клинопасовими;

Нагрівання волокнистих матеріалів при намотуванні

їх на вали

На об'єктах, де обертаються волокнисті чи солом'яні матеріали (прядильні фабрики, льонозаводи, при експлуатації комбайнів), спостерігається їх намотування на вузли, що обертаються, наприклад, на вали біля підшипників, що супроводжується поступовим ущільненням маси, а потім сильним нагріванням її при терті, обвуглюванням і займанням.

Для запобігання цього обертові вали необхідно захищати від безпосереднього зіткнення з матеріалом шляхом застосування вільно насаджених втулок, циліндричних і конічних кожухів, протинамотувальних щитків тощо, встановлювати мінімальні зазори між цапфами вала та підшипниками.

Перегрівання твердих горючих матеріалів при механічній обробці

Механічна обробка (різання, стругання, фрезерування, шліфування) твердих матеріалів пов'язана з подоланням значних сил тертя і, відповідно, зумовлює нагрівання матеріалу, відходів, різального інструменту. Основними чинниками, які впливають на розігрів матеріалу при його механічній обробці, є швидкість різання, подача інструмента (товщина стружки), якість загострення

інструмента, механічні та теплотехнічні властивості матеріалу. При нормальних режимах різання і правильному загостренні різального інструменту температура нагрівання є безпечною, однак, відхилення від норми може спричинити значне її підвищення.

Для запобігання розігріву при механічній обробці необхідно дотримуватись технологічного режиму різання (швидкість, величина подачі), не допускати використання тупих інструментів, обладнувати верстати системою охолодження, подачу води або іншої рідини блокувати із системою пуску верстата. У верстатів для розпилювання, фрезерування і шліфування пожежонебезпечних матеріалів (магнієвих сплавів) перед початком роботи перевіряють кріплення різального інструменту і відсутність деформації вала. Кожухи місцевої витяжки пилу і відходів розташовують так, щоб різальний інструмент їх не торкався.

4.2.3. Теплота адіабатичного стиску

Зміна об'єму газоподібних тіл чи форми пластмасових виробів вимагає затрат механічної енергії, при цьому виділяється тепло, яке нагріває як речовину, так і конструктивні елементи компресорів та пресів. Несправність або відсутність системи охолодження компресорів може призвести до їх руйнування. Ступінь розігріву і можливість виникнення при цьому джерела запалювання залежить від умов переходу механічної енергії у теплову. Температура газу при стисненні в компресорі і відсутності охолодження визначається за формулою:

$$T_{\kappa} = T_n \cdot \left(\frac{P_{\kappa}}{P_n} \right)^{\frac{(K-1)}{K}}$$

де T_{κ}, T_n – температура газу наприкінці і на початку стиснення, К;
 P_{κ}, P_n – тиск газу наприкінці і на початку стиснення, Па; K – показник адіабати (для одноатомних газів $K=1,67$; для двоатомних газів $K=1,4$; для багатоатомних газів показник адіабати обчислюють за формулою: $k = \frac{C_p}{C_v}$, де C_p, C_v – ізобарна та ізохорна питомі теплоємності газів, Дж/кг · К).

Виходячи з умов безпечного режиму експлуатації компресора, ступінь стиснення газу і число ступенів стиснення визначають за формулами:

$$\varepsilon \leq \left(\frac{t_{p.без} + 273}{t_n + 273} \right)^{\frac{n-1}{n}}; \quad k \geq \frac{\lg P_K - \lg P_{II}}{\lg \varepsilon},$$

де ε – допустимий ступінь стиснення газу в компресорі; $t_{p.без}$ – безпечна температура газу, °С; за $t_{p.без}$ приймають мінімальне значення двох величин: температури, знайденої з виразу:

$$t_{p.без.} \leq 0,8t_{CCЗ},$$

де $t_{CCЗ}$ – температура самозаймання газу, який стискається, або допустима температура мастила в картері компресора; k – число ступенів стиску компресора.

Запобігання нагрівання газів при стисненні їх у компресорах досягається шляхом:

- застосування приладів автоматичного контролю та захисту від підвищених тисків на нагнітальних лініях і від понижених на всмоктувальних;
- встановлення запобіжних клапанів на нагнітальних лініях;
- поділу процесу стиснення газу на декілька ступенів; влаштування систем охолодження газу на кожному ступені стиснення;
- контролювання температури газу та охолоджувальної води і застосування автоматики, що зупиняє компресори при підвищенні температури газу понад норму або припиненні подачі води;
- систематичного очищення теплообмінної поверхні холодильників, нагнітальних труб компресорів від нагаромасляних відкладень, дотримання норм витрат мастила, з метою запобігання потрапляння його в циліндри.

4.3. Теплові прояви електричної енергії

В умовах виробництва теплові прояви електричної енергії можуть проявлятися у вигляді електричних іскор і дуг (при коротких замиканнях, пробоях шару ізоляції), надмірного перегрівання двигунів, машин, контактів, окремих ділянок електричних мереж і електричного обладнання, а також апаратів при перевантаженнях і великих перехідних опорах, у вигляді перегрівання в результаті

теплого прояву струмів індукції і самоіндукції, при іскрових розрядах статичної і атмосферної електрики, в результаті нагрівання речовин і матеріалів від діелектричних втрат енергії.

Класифікацію джерел запалювання, зумовленим тепловими проявами електричної енергії показано на рис.4.16.

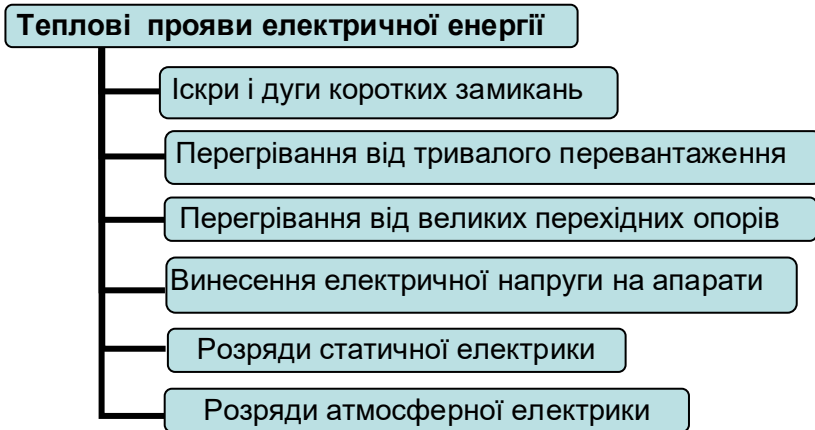


Рис. 4.16. Класифікація джерел запалювання, які зумовлені тепловими проявами електричної енергії

Іскри і дуги коротких замикань

При короткому замиканні провідників електричного струму чи замиканні на землю утворюється електрична дуга, іскри і виділяється велика кількість тепла. Від короткого замикання може спалахнути ізоляція, розплавитись провідники чи деталі електричних машин і апаратів з розбрискуванням частинок розплавленого металу.

Температура провідника, що нагрівається струмом короткого замикання, обчислюється за формулою:

$$t_{np} = t_n + \frac{I_{к.з}^2 \cdot R \cdot \tau_{к.з}}{C_{np} \cdot m_{np}},$$

де t_{np} – температура провідника, °С; t_n – початкова температура провідника, °С; $I_{к.з}$ – струм короткого замикання, А; R – опір провідника, Ом; $\tau_{к.з}$ – час короткого замикання, с; C_{np} – теплоємність провідника, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹; m_{np} – маса провідника, кг.

Якщо температура провідника і час короткого замикання більші за температуру самозаймання і час, який необхідний для нагрівання горючого середовища до температури, яка рівна 80% від величини температури самозаймання, то дане джерело є джерелом запалювання середовища, яке аналізується.

Розмір крапель металу при короткому замиканні електропроводки і плавленні нитки розжарення електроламп досягає 3 мм, а при електрозварюванні 5 мм. Температура дуги при електрозварюванні досягає 4000°C, тому дуга є джерелом запалювання усіх горючих речовин. Температура крапель металу при електрозварюванні і при плавленні нитки розжарення електроламп залежить від виду металу і дорівнює температурі плавлення металу. Температура крапель металу при короткому замиканні електропроводки перевищує температуру плавлення металу і, наприклад, для алюмінію досягає 2500°C. Температуру краплі металу наприкінці польоту обчислюють за формулою:

$$t_k = \frac{Q_k}{m_k \cdot c_k},$$

де t_k – температура краплі металу наприкінці польоту, °C; Q_k – тепловий запас краплі металу наприкінці польоту, Дж; m_k – маса краплі металу, кг; c_k – питома теплоємність краплі металу при температурі, Дж·кг⁻¹·K⁻¹.

Для захисту устаткування від струмів короткого замикання використовують швидкодіючі запобіжники або автоматичне вимикання.

Перегрівання від тривалого перевантаження

Перевантаження електричних мереж та машин зумовлюється збільшенням механічного навантаження на електродвигун, неправильним вибором перерізу жил провідників при під'єднанні до мережі споживачів, роботою трифазних двигунів на двох фазах, а також приєднанням до електричних мереж додаткових струмоприймачів, на які мережі не розраховані. Збільшення сили струму в мережах і машинах призводить до вилучення великої кількості тепла, займання ізоляції. Профілактика даного виду джерела запалювання полягає у запобіганні технологічних перевантажень машин і апаратів та у контролюванні струмових.

Перегрівання від великих перехідних опорів

Будь-яке з'єднання елементів електричного кола (провідників один з одним, провідників з апаратами, приладами, машинами) має перехідний опір. При достатніх площі контактів та силі притискання їх один до одного виникає щільне прилягання контактуючих поверхонь, що виключає чи зменшує окиснення. У такому випадку значення перехідного опору співрозмірне з опором провідників. Якщо вказані умови не виконуються, то перехідний опір стає великим, а в місцях неякісних контактів виділяється велика кількість теплоти, яка може стати джерелом запалювання. Найбільш небезпечними з точки зору теплоутворення є холодні скрутки жил проводів в з'єднувальних та розгалужувальних коробках, великі перехідні опори виникають і у гвинтових з'єднаннях проводів з приймачами.

До умов, які спричиняють виникнення великих перехідних опорів належить: вплив хімічно активного середовища (вологи, парів кислот, лугів, підвищеної температури); здатність до окиснення металів у контактах, в тому металів у з'єднаннях, що веде до послаблення сили взаємного притискання контактів; відсутність періодичних оглядів та підтягувань контактів у з'єднанні.

Винесення електричної напруги на апарати

Внаслідок дотику струмонесучих елементів електричної мережі з апаратами чи конструкціями будівель та споруд можливе винесення електричного потенціалу.

До причин виникнення витоку струму відносять: механічне пошкодження ізоляції струмопровідників при дотиканні їх до конструкцій та технологічного обладнання (особливо з гострими кутами та краями), обрив дротів повітряних ліній та їх падіння на дахи будівель та споруд; приєднання зворотного проводу електрозварки до металевих конструкцій та комунікацій будівель; механічне пошкодження ізоляції проводів під час прокладання і накладання штукатурки металевим інструментом чи кріпленні їх до поверхні конструкцій, некваліфіковане приєднання проводів до електроприймачів. Значний вплив на силу струмів витоку має вологість повітря та конструкцій, що зумовлене більшою електропровідністю вологого середовища у порівнянні з сухим.

Розряди статичної електрики

Розряди статичної електрики можуть виникнути при транспортуванні рідин, газів, пилу, при ударах, подрібненні, розпиленні і аналогічних процесах механічного впливу на матеріали і речовини, що є діелектриками. Потенціали заряду досягають 10 кВ і більше. Знак заряду залежить від співвідношення діелектричної проникності матеріалу пилу і матеріалу тіла, об який вони труться. Енергію іскри, що виникає під дією напруги між пластиною і будь-яким заземленим предметом, визначають за формулою:

$$Q_i = 0,5CU^2,$$

де Q_i – енергія іскри, Дж; C – ємність конденсатора, Ф; U – напруга, В. Якщо $Q_i \geq Q_{\min}$, то іскру розряду статичної електрики розглядають як джерело запалювання. Q_{\min} – мінімальна енергія запалювання горючого середовища, Дж.

Реальну небезпеку представляє “контактна” електризація людей, що працюють із діелектричними матеріалами, що рухаються. При зіткненні людини з заземленим предметом виникають іскри з енергією від 2,5 до 7,5 мДж.

Заходи для запобігання джерел запалювання від розрядів статичної електрики: заземлення технологічного обладнання, підвищення вологості повітря, застосування антистатичних домішок у найбільш ймовірних місцях генерування зарядів, іонізація середовища в апаратах і обмеження швидкості руху рідин, що електризуються.

Розряди атмосферної електрики (блискавка)

- Прямі удари блискавки

Відсутність, несправність чи неправильна експлуатація систем блискавкозахисту будівель, споруд, зовнішніх установок в зонах активного прояву грозової діяльності може спричинити ураження їх прямими ударами блискавки, особливо при наявності масивних високих металевих конструкцій чи апаратів з викидними та дихальними лініям. Небезпека прямого удару блискавки полягає в контакті горючого середовища із каналом блискавки, температура в якому досягає 20000°C при тривалості дії близько 100 мкс. Від прямого удару блискавки спалахують всі горючі суміші.

- Повторні впливи блискавки

Небезпека повторного впливу блискавки полягає в іскрових розрядах, що виникають у результаті індукційного й електромагнітного впливу атмосферної електрики на виробниче обладнання, трубопроводи і будівельні конструкції. Енергія іскрового розряду перевищує 250 мДж і достатня для займання горючих речовин із $Q_{min} = 0,25$ Дж.

- Занесення високого потенціалу

Занесення високого потенціалу в будівлю відбувається по металевих комунікаціях не тільки при їх прямому ударі блискавкою, але і при розташуванні комунікацій у безпосередній близькості від блискавковідводу. При недотриманні безпечних відстаней між блискавковідводом і комунікаціями енергія можливих іскрових розрядів досягає значень 100 Дж і більше. Тобто достатня для займання практично всіх горючих речовин.

Для запобігання виникнення джерел запалювання від розрядів атмосферної електрики необхідно здійснювати захист окремо розташованих будівель, споруд, апаратів від прямих ударів блискавки блискавковідводами і захистом від повторних її впливів.

4.4. Теплові прояви хімічної енергії

Хімічні реакції, які протікають з вилученням великої кількості тепла потенційно небезпечні для виникнення пожежі або вибуху, оскільки можливий безконтрольний розігрів речовин, що реагують, заново утворюються або знаходяться поруч. В умовах виробництва та зберігання горючих речовин зустрічається велика кількість таких сполук, контакт яких з повітрям або водою, а також взаємний контакт речовин може стати причиною виникнення пожежі. Класифікацію джерел запалювання, зумовлених тепловими проявами хімічної енергії показано на рис.4.17.

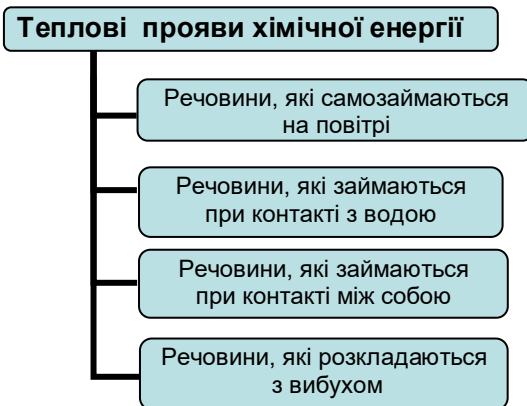


Рис. 4.17. Класифікація джерел запалювання, які зумовлені тепловими проявами електричної енергії

Аналізуючи можливі джерела запалювання з цієї причини необхідно виокремити:

4.4.1. Речовини, які самозаймаються на повітрі

В умовах виробництва, речовини, які знаходяться в апаратах, можуть бути нагріті до температури, що перевищує температуру їх самозаймання. Так, продукти піролізу газу при одержанні етилену з нафтопродуктів мають температуру самозаймання в межах 530-550°C, а виходять із печей піролізу при температурі 850°C. Мазут із температурою самозаймання 380–420°C на установках термічного крекінгу нагрівається до 500°C; бутан і бутилен, що мають температуру самозаймання відповідно 420°C і 439°C, при одержанні бутадієну нагріваються до 550 – 650°C. При виході назовні цих речовин відбувається їх самозаймання.

В технологічних процесах використовують речовини, які мають низьку температуру самозаймання: триетилалюміній ($\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$) - -68°C; диетилалюмінійхлорид ($\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$) - -60°C; триізобутилалюміній - -40°C; фтористий водень, рідкий і білий фосфор - нижче кімнатної. При контактi їх з повітрям відбувається займання.

Профілактика займання забезпечується виключенням їх контакту з повітрям шляхом надійної герметизації технологічного обладнання і запобігання його пошкодженню.

Ряд речовин, таких як рослинні масла і тваринні жири, кам'яне і деревне вугілля, сульфіді заліза, деякі сорти сажі, порошкоподібні метали (алюміній, цинк, титан, магній), сіно, зерно в силосах тощо, при контакті з повітрям здатні до самозаймання. Основними причинами цього явища є здатність вказаних матеріалів до окиснення, адсорбції, що відбуваються з виділенням тепла, а також здатність вологих рослинних матеріалів до мікробіологічного самозаймання. Воно починається при нормальній температурі навколишнього середовища або після деякого нагрівання.

Контакт самозаймистих хімічних речовин із повітрям відбувається при пошкодженні тари, розливі рідини, розфасуванні речовин, при сушінні, відкритому зберіганні твердих подрібнених, а також волокнистих матеріалів, при спорожненні резервуарів з нафтою та нафтопродуктами, коли всередині є самозаймисті відкладення.

Умови процесу теплового самозаймання деяких горючих речовин і матеріалів (рослинних масел, тваринних жирів, кам'яного та деревного вугілля, торфу, сажі, оліфи, сіна, силосу, цинкового, магнієвого пилу тощо) визначають із таких виразів:

$$\lg t_c = A_p + n_p \lg S,$$
$$\lg \tau_c = \frac{1}{n_p} (A_B - \lg t_c)$$

де t_c – мінімальна температура середовища, при якій спостерігається самозаймання речовини, °С; A_p , n_p , A_B , n_B – емпіричні константи, значення яких визначаються за довідковими даними; S – питома поверхня матеріалу, м⁻¹; τ_c – тривалість процесу самонагрівання матеріалу до його самозаймання, год.

Профілактику самозаймання речовин у виробничих умовах забезпечують шляхом зменшення швидкості протікання хімічних реакцій і біологічних процесів, а також усуненням умов для акумуляції тепла такими методами:

- зменшення вологості при зберіганні речовин і матеріалів;
- зменшення температури зберігання речовин і матеріалів (зерна, комбікормів) шляхом штучного охолодження; вентилявання повітрям сіна та інших волокнистих рослинних матеріалів; періодичне перемішування речовин при їх тривалому зберіганні;
- зберігання речовин (харчових продуктів) в середовищі з пониженим вмістом кисню;

- зменшення питомої поверхні контакту речовин, що самозаймаються, з повітрям (брикетування, гранулювання порошкоподібних речовин); обмеження розмірів штабелів, скупчень речовин; ущільнення вугілля в штабелі;

- пасивування хімічно активних речовин, наприклад технічного вуглецю, шляхом часткової і постійної їх дезактивації киснем повітря;

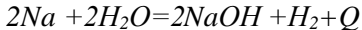
- використання антиокислювачів і консервантів (при зберіганні комбікормів); усунення контакту з киснем повітря і хімічно активними речовинами (пероксидними сполуками, кислотами, лугами) шляхом роздільного зберігання речовин, що самозаймаються, в герметичній тарі;

- зменшення інтенсивності утворення горючих відкладень в технологічному обладнанні; періодичне очищення технологічного обладнання від горючих відкладень, зокрема, запобігання самозаймань сірчистих відкладень, як найбільш специфічних для виробничої апаратури, досягається хімічним очищенням від сірководню речовин, що надходять на обробку, поступовим окисненням відкладень, що утворилися, паром, із додаванням 0,5 % повітря, заповненням апаратів водою і поступовим зниженням її рівня, очищенням стінок апаратів при постійному змочуванні водою і утилізацією очищених відкладень.

Введення інгібіторів, дотримання встановлених температурних режимів запобігає утворенню термополімерів, схильних до самозаймання.

4.4.2. Речовини, які займаються при контакті з водою

До речовин, які займаються при контакті з водою, відносять лужні метали, карбід кальцію, карбіди лужних металів, сірчистий натрій тощо. Тепло, що при цьому виділяється, може викликати запалювання речовин, що утворюються, або знаходяться поблизу зони реакції горючих речовин. Лужні метали при взаємодії з водою утворюють горючі гази, що займаються від теплоти реакції:



При взаємодії невеликої кількості (3...5 г) калію і натрію з водою температура становить 600...650°C. Якщо взаємодіють більші шматки, відбуваються вибухи з разбрикуванням розплавленого металу. У дисперсному стані лужні метали спалахують у вологому повітрі.

Деякі речовини, наприклад негашене вапно, є негорючими, але теплота їх реакції з водою може нагріти горючі матеріали, що знаходяться поряд, до температури самозаймання. Так, при контакті води з негашеним вапном температура в зоні реакції може досягти 600°C: $Ca + H_2O = Ca(OH)_2 + Q$

Небезпечний контакт із водою алюмінійорганічних сполук, тому що їх взаємодія з водою відбувається з вибухом. Вибухи або посилення пожежі, що почалася, можуть мати місце при спробах гасити подібні речовини водою або піною.

При зберіганні та використанні цих речовин необхідно здійснювати захист від контакту з водою і повітрям підвищеної вологості.

4.4.3. Речовини, які займаються при контакті між собою

Займання речовин може відбуватись при дії окисників на органічні речовини. У якості окисників виступають галогени, оксиди азоту, азотна кислота, кисень, пермарганат калію, пероксиди натрію та барію, хромовий ангідрид тощо. Контакт між вказаними речовинами призводить до взаємодії, яка супроводжується виділенням тепла і може викликати займання. Деякі суміші окисників і горючих речовин здатні займатися при дії на них сірчаної або азотної кислоти, чи невеликої кількості вологи.

Реакції взаємодії окисника з горючою речовиною сприяють тонкодисперсність речовин, їх підвищена початкова температура, а також наявність ініціаторів хімічного процесу. У деяких випадках реакції носять характер вибуху.

Пожежі від займання речовин при контакті одна з одною запобігають роздільним складуванням, а також усуненням причин їх аварійного виходу з апаратів і трубопроводів.

Спільне застосування (якщо це не передбачено технологічним процесом), зберігання і транспортування речовин та матеріалів, які в результаті взаємодії один з одним викликають займання, вибух не дозволяється (ППБвУ.п.7.7.4).

Сумісність хімічних речовин при їх зберіганні і протипожежні вимоги до складів хімічних речовин регламентуються нормами і правилами (ППБ в Україні. п.7.10.4, дод.3).

4.4.4. Речовини, які розкладаються з вибухом при нагріванні, ударі, терті

Нестійкі за природою речовини, як правило, ендотермічні сполуки, такі як селітри, ацетилен, пероксиди, гідропероксиди, карбіди деяких металів, ацетиленіди, вибухові речовини, здатні розкладатися з часом чи під впливом температури, тертя, удару, інших чинників.

Порушення технологічного регламенту при виробництві, використанні чи зберіганні таких речовин, вплив на них поблизу розташованих джерел тепла, тепло ймовірної пожежі можуть призвести до вибухового розкладання.

Запобігання займанню речовин, схильних до вибухового розкладу, забезпечують шляхом дотримання технологічного режиму, захисту від нагрівання до критичних температур, механічних впливів (тертя, ударів, тиску).

Таким чином, проаналізувавши можливі джерела запалювання для конкретного технологічного процесу, можна встановити найбільш ймовірне місце виникнення можливої пожежі.



Запитання та завдання для самоконтролю

1. Сформулюйте визначення джерела запалювання.
2. Які параметри характеризують джерело запалювання?
3. При яких умовах нагріте тіло є джерелом запалювання?
4. Класифікація джерел запалювання.
5. Охарактеризуйте небезпеку відкритого вогню, розжарених продуктів горіння та нагрітих ними поверхонь.
6. Заходи, які запобігають розповсюдженню відкритого вогню, розжарених продуктів горіння та нагрітих ними поверхонь.
7. Назвіть види вогневих ремонтних робіт та охарактеризуйте їх пожежну небезпеку.
8. Назвіть види теплових проявів механічної енергії та охарактеризуйте їх небезпеку.
9. Заходи, які запобігають поширенню теплових проявів механічної енергії.

10. Назвіть заходи, які передбачені Правилами пожежної безпеки в Україні, для запобігання утворенню іскор при ударах твердих тіл.

11. Проаналізувати вибухопожежну небезпеку процесу стиснення аміаку в одноступінчастому компресорі з точки зору можливості виникнення джерела запалювання. Кінцевий тиск стиснення в компресорі становить 0,4 МПа, початковий тиск – атмосферний, початкова температура повітря – 20°C. Температура спалаху мастила, що використовується для змащування компресора – 210°C, показник адіабати аміаку $k=1,31$.

12. Показати можливість виникнення джерела запалювання у приміщенні, де обертається сірковуглець (температура самозаймання 102°C) від перегрітого корпусу підшипника в результаті порушення режиму змащування. Діаметр вала 40 мм; коефіцієнт теплообміну між поверхнею підшипника та середовищем 50 Вт/(м²К); температура навколишнього середовища 25°C; коефіцієнт тертя 0,09; радіальна сила, що діє на підшипник 4000Н; частота обертання вала 1,5 с⁻¹; поверхня корпусу підшипника 0,08 м².

13. Назвіть види теплових проявів електричної енергії та охарактеризуйте їх небезпеку.

14. При яких аварійних режимах роботи електрообладнання може виникнути джерело запалювання?

15. Що означає неправильний вибір електрообладнання?

16. У яких технологічних процесах виникає статична електризація дисперсних матеріалів?

17. Заходи для запобігання поширенню теплових проявів електричної енергії.

18. Назвіть види теплових проявів хімічної енергії та охарактеризуйте їх небезпеку.

19. Наведіть приклади речовин, які займаються при контакті з водою чи вологою повітря.

20. Наведіть приклади речовин, які займаються при контакті з повітрям.

21. Наведіть приклади речовин, які займаються при контакті між собою.

22. Наведіть приклади речовин, які розкладаються з вибухом в результаті механічної дії або дії підвищеного тиску та температур.

23. Заходи для запобігання виникненню теплових проявів хімічної енергії.

24. Визначити температуру і час, при яких відбудеться самозаймання повсті будівельної, складеної в штабель розмірами $2 \times 3 \times 4$ м при умові розташування штабеля на теплоізолюваній підлозі.

Значення коефіцієнтів: $A_p=1,729$; $n_p=0,249$; $A_b=2,350$; $n_b=0,140$.

5. АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ТА УМОВ, ЯКІ УСКЛАДНЮЮТЬ ЇЇ ГАСІННЯ

Практика експлуатації різноманітних виробництв свідчить, що пожежа, яка почалась, в одних випадках, локалізується, а в інших – може швидко розвинути. З одного технологічного апарата вона може розповсюдитись в інший, вийти за межі технологічного обладнання, поширитись на сусіднє виробниче приміщення, на конструкції будівель та споруд і таким чином досягти великих розмірів, завдати значної матеріальної шкоди, і навіть призвести до загибелі людей. Інтенсивність поширення пожежі залежить від наявності шляхів для її поширення, аналіз яких викладений нижче.

5.1. Горючі речовини і матеріали (сировина, напівфабрикати, готові вироби)

Велика кількість горючих речовин в апаратах і ємностях, біля робочих місць і на складах зумовлена потребами виробництва: його високою продуктивністю, особливостями технологічного процесу, необхідністю запасів сировини для неперервності роботи виробництва.

Водночас, в процесі експлуатації часто виникає необґрунтоване збільшення запасів горючих речовин біля робочих місць і на складах. Перевантаження призводить до того, що проходи між виробничим обладнанням, підступи до засобів пожежогасіння, евакуаційні виходи і вільні майданчики захищаються горючими матеріалами. У виробничих приміщеннях розташовують велику кількість ємнісних апаратів, резервуари з ЛЗР і ГР, напірні баки, проміжні резервуари, ємності з скрапленими газами, перетворюючи ці приміщення у проміжні склади. Упаковка речовин часто буває виконана з горючих матеріалів (папір, поліетиленові мішки, картон, деревина тощо), що також сприяє швидкому розповсюдженню пожежі.

Кількісною оцінкою горючих речовин і матеріалів у приміщенні є питоме пожежне навантаження – кількість теплоти, віднесена до одиниці поверхні підлоги, яка може виділитись в приміщенні чи будівлі при пожежі. Питоме пожежне навантаження обчислюють за формулою:

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_i}{S}$$

де G_i – кількість i -того матеріалу пожежного навантаження, кг; Q_i – нижча теплота горіння i -того матеріалу пожежного навантаження, МДж/кг; S – площа розташування пожежного навантаження, м².

Для горючих речовин та матеріалів характерне лінійне поширення пожежі, тобто, переміщення полум'я поверхнею горючих речовин в даному напрямку і у даній площині. Основними параметрами при лінійному розповсюдженні пожежі є лінійна швидкість і площа, яка зайнята полум'ям. Лінійна швидкість поширення пожежі визначається як відстань переміщення фронту полум'я за одиницю часу. Поширення полум'я поверхнею залежить від ряду чинників: вологості матеріалу, орієнтації в просторі незгорілої частини матеріалу відносно полум'я, швидкості та напрямку повітряного потоку (вітру), щільності горючого матеріалу.

Заходи для зменшення горючих речовин і матеріалів

- **вибір методу виробництва**

Вибір методу виробництва означає, що для проектної розробки застосовують такий метод, при якому використовується менш вибухопожежонебезпечна сировина і витрата її на одиницю готової продукції є меншою.

- **розробка технологічної схеми**

При розробці технологічної схеми перевагу віддають апаратам безперервної дії; виключають допоміжні апарати, зокрема, напірні баки, мірники, рефлюксні ємності, які замінюють на автоматичні регулятори тиску і витрати, автоматичні живильники, лічильники-дозатори безперервної дії; скорочують перелік пожежонебезпечних рідин.

- **вибір варіанта розташування обладнання**

Вибір варіанта розташування технологічного обладнання передбачає: розташування технологічного обладнання на відкритих площадках (етажерках); використання оптимальних схем трубопровідної обв'язки окремих апаратів, установок і підприємства в цілому, обмеження виробничих площ в будівлях і на відкритих майданчиках; ізоляцію технологічного обладнання в окремих

відсіках, майданчиках; розташування найбільш небезпечного технологічного обладнання на верхніх поверхах чи по периметру будівлі на нижче розташованих поверхах; компоновку однотипного обладнання у вигляді блоків.

- **захист виробничих приміщень від перевантажень**

Захист виробничих приміщень від перевантажень передбачає встановлення гранично допустимої норми горючого навантаження приміщень шляхом обмеження кількості виробів, що знаходяться одночасно в цеху, площі, де знаходяться горючі речовини, кількості рідин і твердих речовин за об'ємом чи масою.

- **зменшення кількості горючих відходів**

Зменшення кількості горючих відходів досягається шляхом вибору методу переробки (обробки) речовин. Так, при механічній обробці твердих речовин і матеріалів традиційними методами (стругання, різання, розпилювання, фрезерування) зменшення горючих відходів досягається завдяки раціональному визначенню розмірів і форми заготовок, а також застосуванню безвідходних методів обробки, таких як штампування, пресування, лиття. Важливим для скорочення кількості горючих речовин у виробничих приміщеннях є своєчасне вилучення горючих відходів від місць їх утворення в технологічних процесах. Прибирання відходів буває періодичним і безперервним, ручним і механізованим. Найбільший ефект дають безперервні механізовані способи вилучення відходів.

- **заміна горючих речовин на негорючі**

Значний ефект має витіснення з виробництва пожежонебезпечних горючих речовин, наприклад, лакофарбових матеріалів і клеїв на летких розчинниках на водорозчинні, легкозаймистих і горючих рідин, що застосовуються при промиванні і знежиренні деталей, на негорючі технічні миючі засоби; розробка і впровадження важкозаймистих і важкогорючих полімерних матеріалів (пластмас, синтетичних каучуків, хімічних волокон) шляхом введення в їх склад галоїдопохідних, фосфоропохідних та інших хімічних речовин і сполук з інгібувальними властивостями.

- **аварійний злив легкозаймистих та горючих рідин**

Просочувальні, загартувальні та інші ванни з горючими рідинами слід обладнувати пристроями аварійного зливу в підземні резервуари, розташовані поза будівлею (ППБвУ п.7.7.26).

Аварійний злив здійснюється самопливом (рис.5.1.) чи шляхом витіснення рідини з апаратів стиснутим інертним газом.

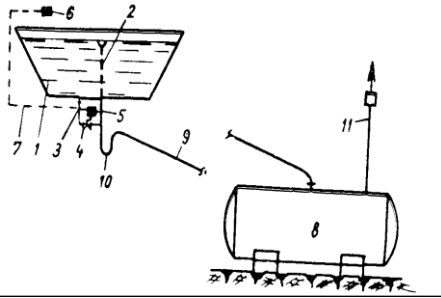


Рис.5.1. Схема аварійного зливу ЛЗР чи ГР самопливом: 1 – ванна; 2 – переливний трубопровід; 3 – аварійний трубопровід; 4 – аварійна засувка з противагою; 5 – противага засувки; 6 – легкоплавкий замок; 7 – трос з легкоплавким замком; 8 – аварійна ємність; 9 – зливна лінія; 10 – гідравлічний затвор; 11 – дихальна лінія з вогнеперешкоджувачем

Основним розрахунковим параметром системи аварійного зливу є тривалість спорожнення апаратів від пожежонебезпечних рідини. Аварійний злив здійснюється в спеціальні аварійні резервуари чи резервуари проміжних і сировинних (товарних) складів, в технологічні апарати суміжних відділень. Об'єм аварійного резервуара в більшості випадків приймається з розрахунку повного зливу рідини з одного найбільшого за об'ємом апарата цеху (установки).

- **аварійний викид горючих парів і газів**

При експлуатації апаратів з горючими газами і перегрітими парами легкозаймистих та горючих рідин у випадку пожежі чи аварії виникає необхідність в екстреній евакуації речовин з небезпечної зони, яка на практиці забезпечується системою аварійного викиду. Аварійний викид здійснюється під дією надлишкового тиску, який утворився до часу відкриття аварійної засувки. Привід засувки може бути ручним або автоматичним. Однак, на відміну від систем аварійного зливу рідин викид парів і газів здійснюється не в аварійний резервуар, а випускним трубопроводом через свічу в атмосферу. При цьому навколишнє середовище може виявитись загазованим на значній території.

Для запобігання небезпеки утворення горючої концентрації системи викиду влаштовують, як правило, самостійно для кожного апарата; з допомогою розрахунків визначають безпечну висоту свічі; на випускних лініях створюють умови факельного викиду, при якому

струміль пари чи газу надходить в атмосферу в розвинутому турбулентному режимі. При необхідності аварійного викиду горючих парів і газів одночасно з декількох апаратів великого об'єму скид здійснюється в цехові чи загальнозаводські факельні системи для їх спалювання.

- **евакуація твердих горючих матеріалів**

Евакуація посудин із скрапленими, розчиненими і стиснутими газами і вогненебезпечними рідинами здійснюється у наперед визначені безпечні місця їх складування після виносу з небезпечної зони. Евакуацію сипких горючих матеріалів здійснюють самопливними лініями, стрічковими транспортерами, норіями, пневмотранспортом в спеціальні аварійні бункери чи в інші апарати, що розташовані за межами небезпечної зони.

5.2. Розлиті легкозаймісті і горючі рідини, розплавлені матеріали

Швидкість поширення полум'я поверхнею рідини визначається швидкістю прогрівання поверхні рідини під дією, в основному, променевого потоку. Залежить ця швидкість від природи рідини і від початкової температури її поверхні і досягає досить великих значень. Від кількох мм/с для дуже холодних висококиплячих рідин, таких, як мазут, до 3-4 м/с для теплих високолетких, таких, як діетиловий ефір або пентан.

Природа рідини визначає температуру спалаху, температуру займання і теплоту випаровування рідини.

Характер розтікання рідини при аваріях апаратів і трубопроводів та площа на яку розливається рідина залежать від багатьох чинників: кількості рідини, її в'язкості, температури рідини і середовища, інтенсивності виливання рідини, висоти падіння струменя, наявності нахилу майданчика, стану поверхні тощо.

Для обмеження вільного розтікання ЛЗР та ГР при пошкодженнях і аваріях апаратів влаштовують обвалування, стінки, бортики, пороги, лотки.

Земляне обвалування у верхній частині повинно бути не менше 0,5 м завширшки. Висота обвалування повинна бути такою, щоб воно вмщало об'єм рідини, яка знаходиться у найбільшому резервуарі і перевищувало рівень розлитої рідини на 0,2 м, тобто:

$$h_{обв.} = \frac{V_{\max}}{F_{p.n.} - \sum_{i=1}^n F_i^P} + 0,2,$$

де $h_{обв.}$ – висота обвалування, м; V_{\max} – об'єм найбільшого резервуара, м³; $F_{p.n.}$ – площа резервуарного парку, м²; F_i^P – площа i -того резервуара, м²; n – кількість резервуарів.

5.3. Незахищені дверні і технологічні прорізи

Отвори у протипожежних стінах, перегородках та перекриттях повинні бути обладнані захисними пристроями (протипожежні двері, вогнезахисні клапани, водяні завіси тощо) проти поширення вогню та продуктів горіння (ППБвУ. п.4.2.4).

Зокрема, для захисту дверних і технологічних прорізів в протипожежних перешкодах використовують протипожежні двері, ворота, люки, клапани (завіси) 1, 2, 3 типу із мінімальною межею вогнестійкості (у хвиликах) EI 60, EI 30, EI 15 і тамбур-шлюзи 1 та 2 типу.

У вибухопожежонебезпечних приміщеннях двері повинні бути іскробезпечними, у яких для запобігання іскріння при механічному впливі всі частини, які труться, а також краї полотна захищають латунню чи іншим кольоровим металом. *Конструкція вікон, фрамуг, дверей у вибухопожежонебезпечних приміщеннях мають унеможливити іскроутворення (ППБвУ. п.7.7.15).*

Особливий захист необхідний для прорізів, через які проходять різноманітні конвеєри і технологічні лінії. Такі прорізи є значними за розмірами і часто можуть стати причиною поширення пожежі.

Мінімальна межа вогнестійкості клапанів і заслонів повинна відповідати типу і виду протипожежної перешкоди, у якій передбачають захист технологічного прорізу.

Прорізи для транспортерів, яким переміщаються штучні великогабаритні вироби, як правило, захищені розсувними заслонами (рис.5.2). Оскільки, заслони не забезпечують достатньо щільного перекриття прорізу, їх доповнюють круговою водяною завісою.

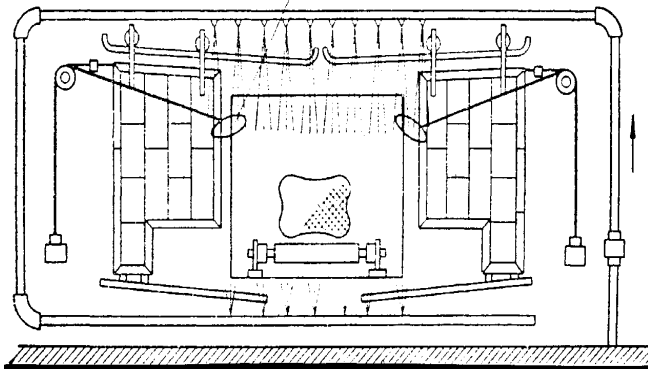


Рис.5.2. Схема розсувної заслони з водяною завісою

Прорізи для транспортерів, які переміщують сипкі чи поштучні невеликі вироби, захищають протипожежними клапанами затискного типу (рис.5.3).

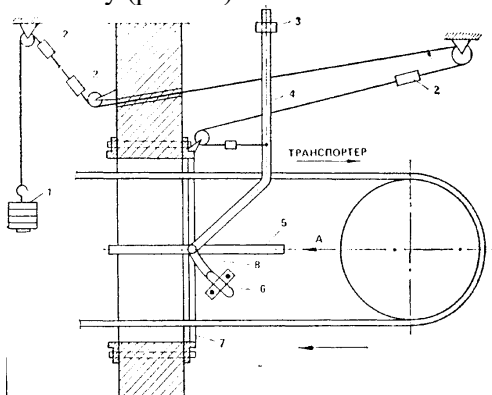


Рис.5.3. Протипожежний клапан затискного типу: 1 – контрвантаж; 2 – легкоплавкий замок; 3 – вантаж; 4 – важіль; 5 – клапан; 6 – вимикач; 7 – рама клапана; 8 – кулачок

При неможливості захисту в протипожежних стінах і перегородках прорізів, які необхідні для з'єднання між сусідніми приміщеннями категорій В, Г, Д, передбачають відкриті тамбури. відритий тамбур має вигляд тунелю (без дверей і воріт) довжиною не менше 4 м, який обладнується установкою автоматичного пожежогасіння з витратою води не менше $1 \text{ л}/(\text{м}^2 \text{ с})$ підлоги тамбура.

Огороджувальні конструкції тамбура повинні мати певну межу вогнестійкості.

Для прорізів в огорожувальних конструкціях приміщень з категоріями А і Б, захист яких за умовами технологічного процесу не може здійснюватись тамбур-шлюзами, передбачають комплекс заходів для запобігання поширення пожежі і проникненню газо-, паро- і пилоподібних сумішей в сусідні поверхи і приміщення. Ефективність цих заходів повинна бути обґрунтована в технологічній частині проекту.

5.4. Повітроводи систем вентиляції

Для захисту повітроводів систем вентиляції від поширення полум'я використовують вогнезатримувальні заслонки чи полум'явідсікачі (рис.5.2). Ефективність вогнезахисної дії заслонок залежить від своєчасності їх спрацювання, щільності перекривання перерізу труби, їх вогнестійкості. Щоб заслонка спрацювала ще до наближення фронту полум'я, її необхідно оснастити автоматичним приводом, який складається із сповіщувача і виконавчого органа. В якості сповіщувачів використовують фоторезистори, термістори, легкоплавкі замки, синтетичні нитки. Виконавчі органи можуть бути електричної, пневматичної чи гідравлічної дії. Автоматичні заслонки мають обертовий чи падаючий шибер. В заслонках з шибером, який обертається, щільність закривання досягається вантажем, який кріпиться до нього, пружиною чи противагою, які закріплені зовні на осі шибера. В засувках з падаючим шибером ущільнення досягається завдяки власній вазі.

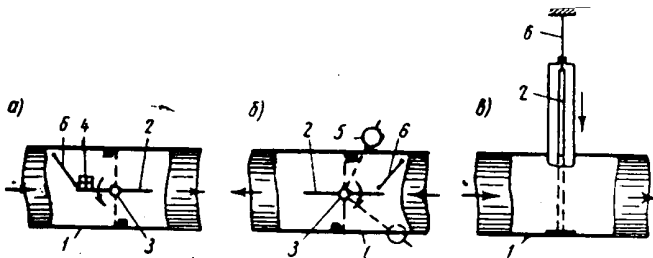


Рис.5.2.Схеми найпростіших автоматично діючих заслінок і засувок: а – з вантажем на заслінці, яка повертається; б – з противагою на заслінці, яка повертається; в – з падаючим шибером; 1 – трубопровід; 2 – заслінка (шибер); 3 – вісь заслінки; 4 – тягарці; 5 – противага; 6 – привід заслінки

При спрацюванні заслінки зупиняється рух транспортного потоку, при цьому надходження необхідної для горіння кількості повітря і винесення газоподібних продуктів горіння порушується, що сприяє гасінню полум'я шляхом флегматизації продуктами горіння. Однак, в повітроводах великого перерізу в результаті природної конвекції (зворотної тяги) можуть створюватись умови для притоку свіжого повітря і зустрічного вилучення димових газів. У таких умовах горіння відкладень (лакофарбових матеріалів, пилу, волокон, рідких конденсатних плівок, твердих пористих продуктів термічного розпаду) може продовжуватись до повного їх вигорання. Тому, вогнезатримувальні заслінки повинні мати достатню межу вогнестійкості, з цією метою їх виготовляють багатошаровими з різних матеріалів.

5.5. Поверхня сипкого горючого матеріалу

На деревообробних підприємствах для подачі деревних відходів в паливники котлів, на горизонтальних ділянках самопливних систем транспортування горючих подрібнених матеріалів (вугільного пилу, муки, прес-порошків) використовують шнеки (з нім. *shnek* – черв'як). В таких комунікаціях системи транспортування подрібнених горючих матеріалів (шнеках, самопливних трубах) можливе поширення полум'я поверхнею сипкого матеріалу. Для запобігання цього використовують затвори з подрібнених матеріалів (сухі затвори), з допомогою яких виключається можливість утворення в трубопроводі повітряного простору.

Прикладом такого пристрою є шнековий дозерживильник, на безконечному гвинті якого (перед вихідним патрубком) є відсутні декілька витків, а безпосередньо за патрубком витки гвинта мають зворотний напрямок (рис.5.3). Конструкція забезпечує утворення пробки в корпусі шнека навіть при повній зупинці подачі матеріалу.

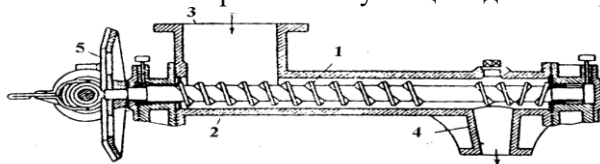


Рис.5.3. Шнековий затвор на лінії транспортування твердих подрібнених матеріалів: 1 – гвинт; 2 – корпус; 3 – завантажувальна воронка; 4 – патрубок для відповідної труби; 5 – зубчаста передача

Роль сухого затвора можуть виконувати бункери, які встановлюються між циклонами і паливниками. В цьому випадку необхідно слідкувати, щоб всередині бункера було достатньо твердого матеріалу.

5.6. Виробнича каналізація, лотки і траншеї

У технологічних процесах, де обертаються легкозаймисті і горючі рідини, наприклад, на підприємствах нафтогазопереробної, нафтохімічної, хімічної промисловості, збір розлитих вогнебезпечних рідин здійснюється в системи виробничої каналізації.

Для запобігання поширення пожежі на лініях виробничої каналізації, зокрема, на випусках стоків з виробничих приміщень, від майданчиків з технологічними установками, апаратами, резервуарами, зливноналивними естакадами встановлюють гідравлічні затвори. *Шар води, який утворює гідрозатвор, повинен бути не менше 0,25 м (ППБ в У. п. 5.4.3).*

На рис.5.4 показано варіанти влаштування гідравлічних затворів в каналізаційних системах.

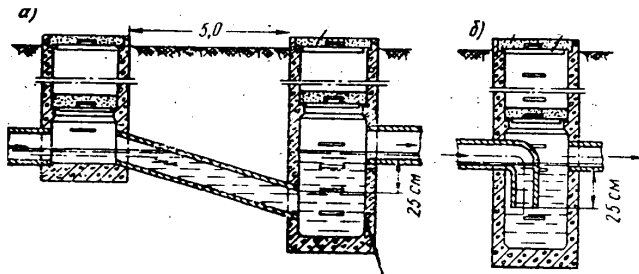


Рис.5.4. Гідравлічні затвори на лініях виробничої каналізації нафтопереробних заводів: а - з двома колодязями; б – з загнutoю трубою

Гідравлічні затвори в каналізаційних системах не є ловниками горючих рідин. Їх призначення – не допустити поширення полум'я каналізаційними трубами. Для вловлення горючих рідин влаштовують спеціальні відстійники чи нафтоловники. Їх також захищають гідравлічними затворами від можливого поширення полум'я.

Для запобігання поширенню пожежі по розлитій горючій рідині в зовнішніх лотках і траншеях для прокладання

продуктопроводів через кожні 80 м влаштовують земляні перемички довжиною не менше 4 м з гідравлічними затворами, під ними чи від перемичок влаштовують відводи в промканалізацію через гідравлічні затвори.

В деяких виробничих приміщеннях, наприклад в насосних станціях, знаходяться відкриті люки для відводу стічних і промивних вод. Якщо лотки стічних вод проходять з одного приміщення в інше через глуху стінку, то влаштовують гідравлічний затвор (рис.5.5).

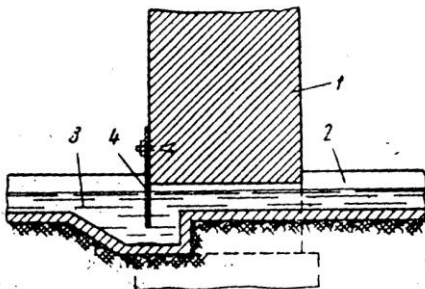


Рис.5.5. Гідравлічний затвор в лотку стічних вод: 1 – стіна; 2 – лоток; 3 – стічні води; 4 – щиток, який створює гідрозатвор

5.7. Газо-, паро- і пилоповітряні суміші

На хімічних, нафтохімічних, нафтогазопереробних підприємствах пожежі можуть розповсюджуватись шляхом загазованості території при витіканні парів легкозаймистих чи горючих рідин чи аварії технологічного обладнання.

Поширення пожежі газо-, пароповітряними сумішами відбувається в тому випадку, якщо їх концентрація φ_p знаходиться в

діапазоні концентраційних меж поширення полум'я: $\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_v$,

для пилоповітряних сумішей (аерозолів) - $\varphi_n \leq \varphi_p$. Швидкість

поширення полум'я по газо-, пароповітряних сумішах залежить від фізико-хімічних властивостей горючої суміші, концентрації горючої речовини і окисника. Вона досягає максимальних значень, коли кількість повітря дещо менша, ніж необхідно за стехіометричним рівнянням, що пояснюється втратами тепла на нагрівання азоту повітря. Швидкість поширення полум'я по аерозолях обернено пропорційна теплоємності аерозолю і діаметру його частинок і прямо

пропорційна початковій температурі. Вона є максимальною при концентраціях, які значно вищі за стехіометричні, що пояснюється неповним згорянням пилу.

5.8. Випромінення

Поширення пожежі у розташованих поряд будівлях, спорудах, обладнанні можливе від променистої енергії полум'я об'єкта, що горить. У даному випадку має місце об'ємне поширення пожежі, тобто, виникнення нових вогнищ пожежі на певній відстані від початкового об'єкта.

Кількість теплоти, яка переноситься від одного об'єкта до іншого шляхом теплового випромінювання, записується у вигляді

$$Q = K \cdot F \cdot \tau \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot C_o \cdot \varepsilon_n$$

де K - коефіцієнт пропорційності залежить від геометричної форми, розмірів, взаємного розташування; C_o - коефіцієнт випромінювання абсолютного чорного тіла; $\varepsilon_n = \varepsilon_1 \varepsilon_2$ - приведений ступінь чорноти двох тіл; T_1 - температура об'єкта, який випромінює, К; T_2 - температура об'єкта, який нагрівається, К; F - площа полум'я, м².

Для запобігання поширенню пожежі шляхом випромінювання влаштовують протипожежні відстані між будівлями чи спорудами та протипожежні перешкоди. *Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчикам для зберігання матеріалів, устаткування тощо повинні відповідати вимогам будівельних норм (ППБвУ п.4.1.4.).*

5.9. Газові і пароповітряні лінії

Горючі концентрації можуть утворитися у газових і пароповітряних лініях, зокрема, в дихальних лініях резервуарів (рис.5.6), мірників, в напірних баках з ЛЗР чи з ГР, у викидних лініях і продувних свічах на апаратах, пароповітряних лініях рекупераційних установок, на лініях, що йдуть від апаратів на факел; на лініях газової обв'язки резервуарів з ЛЗР. Для обмеження поширення пожежі використовують сухі вогнеперешкоджувачі, тобто, такі пристрої протипожежного захисту, які вільно пропускають потік газоповітряної суміші через полум'ягасильний елемент, але затримують (гасять) полум'я. У технологічному обладнанні необхідно

передбачати захисні заходи, які обмежують масштаб і наслідки пожежі (ППБвУ .п.7.7.1.).

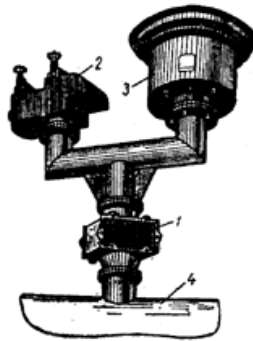


Рис.5.6. Розташування вогнеперешкоджувача на дихальній лінії резервуара з ЛЗР: 1 – сухий вогнеперешкоджувач; 2 – дихальний клапан; 3 – запобіжний клапан; 4 - покрівля резервуара

Захисна дія сухих вогнеперешкоджувачів базується на явищі гасіння полум'я у вузьких каналах. Для розчленування живого (прохідного) перерізу трубопровода, який захищається, на вузькі канали у вогнеперешкоджувачах використовують різноманітні насадки у вигляді: пучка трубок, сіток, гранульованих тіл (кульок, кілець, гравію), волокон (металічних, скляних, азбестових) металічної кераміки тощо. Насадки розташовують в корпусі вогнеперешкоджувача. Схема основних видів вогнеперешкоджувачів приведена на рис.5.7.

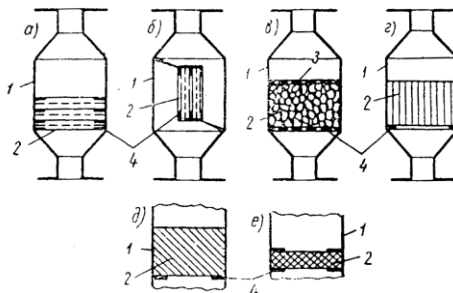


Рис. 5.7. Схеми різних видів вогнеперешкоджувачів: а – горизонтальні сітки; б – вертикальні сітки; в – гравій, кульки, кільця; г – пластини з прямими каналами; д – спірально-згорнуті стрічки з

похилими гофрами; е – металокерамічні насадки; 1 – корпус; 2 – полум'ягасильне тіло; 3 – решітка; 4 – прокладки та кріпильні пристрої

Діаметр каналу насадки чи отвору сітки вогнеперешкоджувача, при якому в зоні горіння встановлюється тепловий баланс між тепловилученнями і тепловтратами, називають критичним діаметром полум'ягасильного елемента. Цей діаметр визначається дослідним шляхом чи розрахунком за формулою:

$$d = \frac{65R(t_p + 273)\lambda}{U_H C_p P_p},$$

де d - фактичний діаметр каналів сухого вогнеперешкоджувача, м; t_p і P_p - початкові (робочі) температура °С і тиск горючої суміші, Па; R - універсальна газова стала горючої суміші, Дж/кг К; U_H - нормальна швидкість поширення полум'я, м/с; λ - коефіцієнт теплопровідності горючої суміші, Вт/м К; C_p - питома теплоємність горючої суміші при постійному тиску, Дж/ кг·К.

До умов, які ускладнюють гасіння пожежі належать:

- **Відсутність засобів пожежогасіння, несправність чи виведення їх з ладу;**
- **Запізніле виявлення пожежі та сповіщення про неї у пожежну частину;**
- **Неправильні дії людей на випадок пожежі;**
- **Можливість вибуху та руйнування конструкцій.**

На хімічних, нафтохімічних, нафтогазопереробних підприємствах причиною виникнення нових вогнищ пожеж можуть бути вибухи технологічної апаратури, в результаті яких уламки потрапляють у ємності з ЛЗР чи ГР.

- **Зменшення концентрації кисню**

Граничне значення концентрації кисню становить 17% (об.). При концентрації 10-11% смерть настає протягом декількох хвилин.

- **Виділення продукти горіння і термічного розкладу**

Найбільш небезпечним є продукт неповного згорання - CO, граничне значення концентрації якого в повітрі становить 0,1% (об.).

Вуглекислий газ є менш небезпечним, оскільки, реальна безпека для життя виникає при значних концентраціях, граничне значення концентрації CO₂ в повітрі становить 6,1% (об.).

Окремі пожежі (при горінні полімерних матеріалів та лакофарбних матеріалів, пестицидів) супроводжуються виділенням у довкілля таких токсичних сполук, як ціаністий водень, фосген, оксиди азоту, сірководень, хлористий водень тощо, незначні концентрації яких є смертельні для людини.

- **Втрата видимості через задимленість приміщень і шляхів евакуації**

Сильна задимленість приміщень і шляхів евакуації призводить до втрати орієнтування. Гранична величина втрати видимості при пожежі становить 2,4 рази.

- **Температура**

Ефект впливу високої температури на організм людини суттєво залежить від вологості повітря: чим вища вологість, тим нижча критична температура. Для початкової стадії пожежі критична температура знаходиться в межах 60-70 °С

- **Променеві теплові потоки**

Здатність людини переносити променеві потоки залежить від інтенсивності випромінення. Чим вища інтенсивність випромінення, тим менший час протягом якого людина здатна витримувати вплив променевих потоків. За критичну прийнята інтенсивність 500 Вт/м².

До вторинних проявів небезпечних факторів пожежі, які впливають на людей і матеріальні цінності, відносять:

- уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій;
- радіоактивні і токсичні речовини і матеріали, які вийшли із зруйнованих апаратів і установок;
- електричний струм, який виник в результаті винесення високої напруги на струмопровідні частини конструкцій, апаратів, агрегатів;
- вогнегасні речовини;
- небезпечні фактори вибуху.



Запитання та завдання для самоконтролю

1. Назвіть причини швидкого поширення пожежі в умовах виробництва.

2. Яка величина є кількісною оцінкою горючих речовин і матеріалів в приміщенні?
3. Які технологічні операції чи апарати можна вилучити з технологічної схеми виробництва з метою зменшення кількості горючих речовин?
4. Якими способами можна зменшити кількість горючих речовин у період нормальної експлуатації виробництва?
5. Які існують методи переробки (обробки) матеріалів з мінімальними відходами?
6. Навести приклади заміни горючих речовин на негорючі чи менш горючі.
7. Що передбачено для зменшення кількості горючих речовин та матеріалів при аваріях та пожежах на виробництві?
8. Яким чином можна пришвидшити самопливний злив вогнебезпечної рідини?
9. Як здійснюється аварійний викид горючих парів та газів?
10. Яким чином проводиться евакуація твердих горючих матеріалів?
11. Наведіть приклади виробничих комунікацій та охарактеризуйте небезпеку поширення полум'я по них?
12. Які пристрої використовують для запобігання поширенню пожежі по виробничих комунікаціях в технологічних процесах?
13. В чому полягає суть захисної дії сухих вогнеперешкоджувачів?
14. Назвіть види вогнеперешкоджувачів в залежності від конструкцій насадок?
15. Область застосування рідинних вогнеперешкоджувачів (гідралічних затворів).
16. Які пристрої використовують для захисту системи транспорту подрібнених матеріалів?
17. Визначити критичний діаметр отворів сітчастого вогнеперешкоджувача, який встановлено на лінії аварійного викиду метану з апарата. Температура метану 50°C , тиск на лінії $0,45$ МПа.
18. Які перешкоди використовують для запобігання розтіканню рідини?
19. Визначити необхідну висоту обвалування для групи наземних резервуарів, призначених для зберігання бензину. В групі розташовано чотири резервуари із стаціонарними покрівлями, діаметр кожного резервуара 38 м, місткість кожного резервуара 10000 м³.

20. Як відбувається процес гасіння полум'я в гідрозатворах?
21. Область застосування вогнезатримувальних заслонок, їх схеми та принцип роботи.
22. Яка відмінність між об'ємним і лінійним поширенням пожежі?
Наведіть приклади.
23. Назвіть умови, які ускладнюють гасіння пожежі.
24. Назвіть вторинні прояви небезпечних факторів пожежі.

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. Наказ МНС України від 20.09.2004 р. №63 «Про затвердження Порядку здійснення державного нагляду за станом цивільного захисту та техногенної безпеки потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної небезпеки».
6. Наказ МНС України від 22.08.2005 р. №161 «Про затвердження Переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації».
7. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МНС України від 19.10.2004 р. №126.
8. НАПБ Б.07. 005-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. ОНТП 24-86.
9. Стан техногенної та природної безпеки в Україні. Національна доповідь.- 2004.-291 с.
10. ДСТУ 2272-06. 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 12.1.018-93. ССБТ. Пожаровзрывоопасность статического электричества. Общие требования.
14. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывоопасность. Общие требования.
15. ДБН В.1.1.-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
16. Пожежна безпека. Протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. Збірник нормативних документів - Т.1-10.- Київ.- ГУДПО МВС України.

17.ВБН В.2.2-58.1-94 “Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.” Київ 1994 р – 153 с.

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

19. Алексеев М.В., Волков О.М. и др. Пожарная профилактика в технологических процессах производств. – М. ВИПТШ МВД СССР, 1976. - 292 с.

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

21.Михайлюк О.П., Олійник В.М., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. - Харків.- , 2004. - 407 с.

22.Шадрін А.А., Коваль М.С. Профілактика пожеж в електроустановках.- Львів: Каменярь, 2001.-532 с.

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

24.Иванов Е.Н. Пожарная защита открытых технологических установок.- М.: “Химия”, 1975.- 194 с.

25.Ройтман М.Я., Комиссаров Е.П. Пожарная профилактика в строительстве.-М.: Стройиздат, 1978.- 363 с.

26.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.

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

28.Збожна О.М. Основи технології.Тернопіль, 2002.-486 с.

29.Основы химической технологии/ Под ред. Мухленова И.П.- М.: Высш. школа, 1983.-335 с.

30.Братичак М.М., Гринчишин О.Б. Технологія нафти та газу.- Львів: В-во НУЛП, 2002.- 180 с.

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

32.Дубровська Г.М., Ткаченко А.П. Системи сучасних технологій.- К.: Центр навчальної літератури, 2004.-352 с.

33. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами.- М.: «Недра».- 1984.- 149 с.

34. Иванов Е.Н. Пожарная защита открытых технологических установок.-М.: «Химия.»- 1975.- 194 с.

35. Клепоносов Н.Н., Сорокин А.И. Пожарная защита объектов нефтяной и газовой промышленности.-М.: «Недра».- 1973.- 190 с.

36. Роев Е.Д. Пожарная защита объектов хранения и переработки сжиженных газов.-М.: «Недра».- 1980.- 182 с.

37. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности.- Киев: Изд.дом «Репро-Гафька», 2003.-270 с.

38. Котов Г.М., Волков О.М., Пустомельник В.П. Противопожарные мероприятия на нефтеперерабатывающих заводах.- М.:Стройиздат.-1981.- 60 с.

