МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА УПРАВЛІННЯ ГІРНИЧИМ ВИРОБНИЦТВОМ

І ОХОРОНИ ПРАЦІ

Методичні рекомендації

з дисципліни

«ТЕОРІЯ ГОРІННЯ та ВИБУХУ»

до виконання практичних занять

для студентів спеціальностей 184 Гірництво

263 Цивільна безпека

усіх форм навчання

Луцьк 2023р

УДК 622.235(072)

М 54

Методичні рекомендації з дисципліни «Теорія горіння та вибуху» до виконання практичних занять для студентів спеціальностей 184 Гірництво, 263 Цивільна безпека усіх форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В.М. Куцерубов. – Луцьк : ДонНТУ, 2023. – 56 с.

Методичні рекомендації містять завдання для виконання практичних робіт, короткі теоретичні відомості з відповідних тем, рекомендовану літературу.

Методичні рекомендації призначені для студентів усіх форм навчання.

Укладач: В.М. Куцерубов, к.т.н, доцент кафедри УГВіОП

Рецензент: Носач О.К., професор кафедри РКК ДонНТУ, к.т.н., проф.

Відповідальний за випуск: Ісаєнков О.О.., зав. каф. УГВіОП, к.т.н., доц.

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,   
протокол №3 від 28.11.2023 р.

Розглянуто на засіданні кафедри управління гірничим виробництвом і охорони праці, протокол № 5 від 26.10. 2023 року

ЗМІСТ

Вступ…………………………………………………………………………………...3

Загальні відомості про горіння та вибух…………………………………………......4

Пpaктичне заняття №1 Визначення горючості та кольору

дифузійного полум’я речовин………………………………………………………..7

1.1 Порядок визначення горючості речовин…………………………………………7

1.2 Визначення кольору полум’я……………………………………………………..9

Практичне заняття №2 Складання рівнянь реакції горіння речовин……………….11

2.1 Поняття матеріального балансу…………………………………………………..11

2.2 Порядок написання рівнянь хімічних реакцій горіння………………………….12

Практичне заняття №3 Poзpaxyнoк мamepiaльнoгo бaлaнcy гopiння peчoвuн …….15

3.1 Горіння індивідуальних хімічних речовин……………………………………….15

Практичне заняття №4 Поняття температури горіння……………………………….20

4.1 Визначення адіабатичної температури горіння…………………………………..20

4.2 Визначення адіабатичної температури горіння…………………………………..21

4.3 Пожежо вибухонебезпека речовин та матеріалів………………………………...24

Практичне заняття №5 Визначення пожежовибухонебезпечних характеристик речовин та матеріалів…………………………………………………………………..27

5.1 Поняття температури спалаху ……………………………………………………27

5.2 Поняття температури спалахування………………………………………………28

5.3 Поняття концентраційних меж поширення полум’я…………………………….28

5.4 Методики розрахунку концентраційних меж поширення полум’я

індивідуальних речовин………………………………………………………………29

5.5 Поняття температурних меж поширення полум’я………………………………30

5.6 Методика визначення температурних меж поширення полум’я……………….30

Практичне заняття №6 Визначення максимального тиску парів речовини………34

6.1 Поняття тиску вибуху……………………………………………………………...34

6.2 Методика визначення максимального тиску вибуху…………………………….35

Практичне заняття №7 Визначення параметрів розвитку пожежі та необхідних витрат вогнегасних речовин…………………………………………………….…….39

7.1 Основні параметри розвитку пожеж та їх визначення…………...……………...39

7.2 Критичні параметри процесів горіння та способи їх припинення..…………….45

7.3 Охолоджуючі вогнегасні речовини і механізм припинення ними горіння….…48

7.4 Ізолюючі вогнегасні речовини і механізм припинення ними горіння………….51

7.5 Припинення горіння засобами розбавляючої дії…………………………………52

7.6 Вогнегасні речовини хімічного гальмування реакції горіння (інгібування)…...53

Список рекомендованої літератури………………………………………………….55

ВСТУП

Вибухи та пожежі є найбільш розповсюдженими надзвичайними ситуаціями, збитки від яких є обтяжуючими.

Розробка заходів, що ефективно забезпечують пожежну безпеку, може бути здійснена лише на підставі глибоких знань процесів горіння та вибуху, явищ, які супроводжують ці процеси, особливостей горіння газів, рідин та твердих речовин і матеріалів, вибухопожежних властивостей речовин та матеріалів, фізико- хімічних особливостей механізмів горіння, самозаймання й їх припинення.

Метою методичних вказівок є ознайомлення студентів з основами теорії процесів горіння та вибуху, пожежною та вибуховою небезпекою речовин і матеріалів, і на основі отриманих знань уміння вирішувати практичні питання забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів, будівель, споруд і устаткування.

У методичних вказівках викладено основні положення виникнення горіння та вибуху, розвитку та припинення пожеж, представлені показники вибухопожежної небезпеки речовин та матеріалів і на їх основі розглядаються приклади вирішення задач.

У метоличних вказівках детально висвітлено питання правил складання рівнянь реакцій горіння, поняття матеріального та теплового балансу при горінні та порядок розрахунку їх параметрів, визначення температури горіння, концентраційних і температурних меж поширення полум’я, тиску вибуху, параметрів пожеж тощо.

Для виконання розрахунків студентами, окремо виділено індивідуальні завдання, варіант яких відповідає номеру за списком журналу.

Автор вдячний викладачам Національного університету водного господарства та природокористування Сергію Леонідовичу Кусковцю і Олександру Сергійовичу Шаталову за матеріали практикума «Теорія горіння та вибуху», які використані для розробки цих «Методичних рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни ТЕОРІЯ ГОРІННЯ та ВИБУХУ»

Методичні вказівки розроблені на основі програми навчальної дисципліни «Теорія горіння та вибуху» У методичних вказівках відображені вимоги до рівня засвоєння дисципліни, плани практичних занять з дисципліни, приклади практичних завдань і завдання для закріплення матеріалу, перелік питань для контрольних робіт.

**Критерії оцінювання**

Мета практичних занять з дисципліни-формування у студентів системи наукових і практичних знань про пожеже і вибухонебезпечність різноманітних речовин і методи їх розрахунку і попередження шкідливих наслідків.

Вимоги до засвоєння дисціплини:

* Здатність знати теоретичні відомості про показники, що визначають пожежну небезпеку речовин та матеріалів.
* Вміти вести розрахунки кількісних величин, що характеризують процес горіння та вибуху
* Знати методики визначення показників пожежовибухонебезпеки речовин та матеріалів і механізм дії вогнегасних речовин.

Актуальність вивчення дисципліни полягає у формуванні у майбутніх фахівців необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань та умінь з питань запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру пов’язаних з пожеже і вибуховістю матеріалів і навколишнього середовища, практичного застосування методів прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і методів їх ліквідації.

Для освоєння цієї дисципліни відповідно до затвердженої робочої програми студент повинен активно і творчо виконати всі види запропонованих практичних завдань з вивчення дисципліни.

1.Загальні відомості про горіння та вибух

Горіння - одне з цікавих і життєнеобхідних для людей явищ природи. Російський вчений М.В. Ломоносов вперше довів, що процес горіння полягає в хімічному поєднанні горючої речовини з повітрям, тобто з киснем повітря. Окисником може бути не тільки кисень повітря, але і хлор, фтор, сірка, нітратна кислота, бертолетова сіль та інші речовини. Наприклад, водень, ацетилен і інші речовини горять у хлорі, мідь горить у парах сірки, магній - у вуглекислому газі.

Загалом, горіння представляє собою комплекс взаємопов’язаних хімічних і фізичних процесів, найважливішими з яких є тепло- та масоперенесення.

Загальною властивістю горіння є здатність полум’я переміщатися по всьому об’єму горючої суміші шляхом передачі тепла або дифузії активних частинок із зони горіння в свіжу суміш.

Для виникнення процесу горіння необхідна наявність трьох компонентів: горючої речовини, кисню та джерела запалювання. Горюча речовина і кисень утворюють горючу систему (матеріал, суміш, конструкція), а джерело запалювання викликає в ній процес горіння, же не припиняється і після усунення джерела запалювання. Горючі речовини різноманітні за своїм агрегатним станом (горючі гази, рідини, тверді речовини, пил) і по своїй здатності до окиснення. Більшість горючих речовин, при нормальній температурі окислюються порівняно поволі. Збільшити швидкість реакції окиснення до горіння можна шляхом нагрівання горючої речовини.

Джерелами запалювання можуть стати полум’я, іскра, розпечене тіло, поверхні, нагріті до певної температури, а також тепло, як результат хімічних або біологічних процесів, здатні нагрівати горючу речовину до температури його займання.

При спалюванні кам'яного вугілля, дров, нафтопродуктів, при роботі двигунів внутрішнього згоряння проходять процеси горіння, аналогічні процеси супроводжують пожежі в будівлях та спорудах. Маючи однакову фізико-хімічну природу, процеси горіння всередині устаткування і при пожежах визначаються масштабами та умовами тепло- і масообміну. Тому розглядаючи закономірності виникнення та розвитку горіння і вибуху, необхідно враховувати, що ці явища слід розглядати з точки зору пожежовибухонебезпеки.

Основна особливість цих явищ проявляється в можливості самопідігривання і саморозвитку. Реалізуючись при високій температурі, реакції горіння самі створюють і підвищують цю температуру.

Горіння, як правило, відбувається в газовій фазі. Тому горючі речовини, що знаходяться у конденсованому стані (рідини, тверді матеріали), для виникнення і підтримки горіння повинні піддаватися газифікації (випаровуванню, розкладанню), в результаті якої утворюються горючі пари і гази в кількості, достатній для горіння. Видима зона горіння, в якій спостерігається свічення і випромінювання тепла називається полум 'ям. Температура полум’я (тління) і час горіння (тління), °С, (хв.), деяких горючих речовин: сірник, що горить - 620-640 (0,33), тліюча цигарка - 320-410 (2-2,5), гасова лампа - 780-1030 °С, парафінова свічка - 1427 °С.

Горіння - це процес екзотермічних хімічних реакцій в умовах прогресивного самоприскорення, обумовленого накопиченням в горючій системі тепла і (або) продуктів згоряння та (або) світлового випромінювання.

За походженням та деякими особливостями, горіння поділяють на кілька форм та видів : спалах, займання, запалювання, самозаймання, самозагоряння, полуменеве горіння, тління або жевріння.

Спалах - швидке короткочасне полум’яне горіння, же не супроводжується утворенням ударної хвилі. Температура, жа виникає при цьому, недостатня для швидкого розігріву горючої речовини, тому такий процес нестійкий і локалізується, не переходячи у горіння.

Початкова стадія полум’яного горіння під дією джерела запалювання називається займанням. Займання, що супроводжується появою полум'я, називається запалюванням. Потім наступає процес стійкого полум’яного горіння.

Самозаймання - це явище прискорення швидкості екзотермічних реакцій, яке приводить до різкого підвищення температури і до виникнення горіння речовин при відсутності джерела запалювання, (внаслідок самонагрівання). Самозаймання буває тепловим, мікробіологічним і хімічним.

Теплове самозаймання - це зовнішній нагрів речовин до температури, яка перевищує мінімальну температуру, за якої починається його саморозігрівання, що спричиняє підвищення температури в масі речовини. До теплового самозаймання схильні деревина та вироби з неї при температурі вище 100 °С, рослинна олія, скипидарна фарба - при температурі 80... 100 °С.

Мікробіологічне самозаймання виникає внаслідок самонагрівання у масі речовини під дією життєдіяльності мікроорганізмів. Такі процеси виникають при зберіганні зерна, сіна, торфу та інших рослинних матеріалів.

Хімічне самозаймання відбувається внаслідок хімічної взаємодії речовин, а також дії на них повітря і води. До такого процесу схильні рослинна олія і тваринні жири, мастила при наявності великої поверхні окиснення і малої тепловіддачі у навколишнє середовище. Здатність олії або жиру до хімічного самозаймання характеризується йодним числом; чим воно вище, тим більше ці речовини схильні до самозаймання. Так, у лляної олії йодне число дорівнює 175...205 - температура самозаймання становить 343 °С, а у конопляної олії - відповідно 150... 172 і 410 °С. Білий фосфор і металоорганічні сполуки самозаймаються на повітрі. Карбіди лужних металів вибухають при взаємодії з водою і самозаймаються в атмосфері вуглекислого газу. Тому для запобігання хімічного самозаймання необхідно знати хімічні властивості речовин, які зберігаються.

Самозайманням називається займання внаслідок самонагрівання (підвищення температури матеріалу внаслідок екзотермічного процесу всередині матеріалу без наявності джерела запалювання), же супроводжується появою полум’я.

Речовини, схильні до самозаймання поділяють на три групи:

-ті що самозаймаються від дії повітря (рослинні оливи та тваринні жири, нанесені тонким шаром на волокнисті і пористі матеріали, торф тощо);

-ті, що викликають горіння від дії на них води (негашене вапно, карбід кальцію тощо);

- ті, що самозаймаються при контакті одна з одною (ацетилен, водень і метан у суміші з хлором самозаймаються при денному світлі).

Особливості явища горіння полягають в наявності критичних умов (склад суміші, тиск, температура, геометричні розміри системи) їх виникнення і у здатності розповсюдження по горючій поверхні. При тепловому горінні - розповсюдження полум’я відбувається шляхом передачі тепла із зони реакції у свіжо приготовану горючу суміш, при ланцюговому - шляхом передачі активних частинок.

Критичні явища при виникненні горіння характеризуються різкою зміною режиму протікання процесу горіння при незначній зміні зовнішніх умов. Швидкості всіх елементарних частинок процесів є безперервними функціями температури, які відображені законом Арреніуса.

Отже, критичні умови виникнення горіння є результатом порушення теплової рівноваги між системою, що реагує і оточуючим середовищем.

До критичних явищ відносяться самозаймання, запалювання і умови розповсюдження полум'я. При цьому різниця між самозайманням і запалюванням умовна.

Під самозайманням розуміють виникнення горіння у горючій суміші, що поміщена у нагріту ємність, температура стінок якої приймається рівною початковій температурі суміші.

Займання (примусове займання) - виникнення горіння під дією місцевого теплового імпульсу, що діє на невелику частину горючої суміші.

Підвищуючи початкову температуру горючої суміші до температури стінок ємності, можна здійснити безперервний перехід до самозаймання.

При впуску холодної суміші у ємність з нагрітими стінками, можливий безперервний перехід від самозаймання до запалювання. Цей процес можна розглядати як процес запалювання, в жому роль нагрітих поверхонь відіграють всі стінки ємності.

Найпростішим прикладом виникнення горіння можна рахувати теплове самозаймання, же виникає при порушенні теплової рівноваги між системою, що реагує і оточуючим середовищем.

Академік М.М. Семенов і його учні, відкрили явище ланцюгового самозаймання, же виникає при порушенні рівноваги між утворенням і витратою активних продуктів автокаталітичної реакції. Самозаймання виникає при зміні властивостей горючої суміші (температура, тиск, склад, коефіцієнти теплопровідності чи дифузії), розмірів ємності, де відбувається реакція. Найбільший вплив на швидкість реакції має температура.

Умова самозаймання характеризує неможливість збереження теплової рівноваги в об’ємі горючої суміші з визначеними розмірами і властивостями. В свою чергу умови запалювання характеризують порушення цієї рівноваги при заданих початкових умовах. При збільшенні розмірів поверхні, що запалює аж до об’єму горючої суміші, реалізується безперервний перехід від запалювання до самозаймання. Після запалювання суміші будь- яким джерелом можливі два варіанти: погасання полум’я поблизу джерела запалювання або його розповсюдження на весь об’єм горючої суміші. Реалізація того чи іншого варіанта залежить, перш за все, від складу суміші, концентрації горючого компонента. Для можливості розповсюдження полум’я важливою є температура, що розвивається при горіння, а не початкова температура.

У всіх випадках для горіння характерними є три стадії: виникнення, розповсюдження та погасання полум'я.

Залежно від агрегатного стану горючої речовини і окисника, розрізняють гомогенне, гетерогенне та горіння вибухових речовин.

До гомогенного горіння відноситься горіння попередньо перемішаних газів - горіння газів і парів, в яких окисником є кисень повітря (горіння сумішей водню, оксиду карбону (II), тощо).

Гетерогенне горіння (горіння рідких і твердих речовин в атмосфері газоподібного окисника) виникає на поверхні розділення фаз. При цьому одна з речовин, що реагують, перебуває у конденсованому стані, інша (зазвичай кисень повітря), поступає за рахунок дифузії газової фази. Обов'язковою умовою гетерогенного горіння є дуже висока температура кипіння (розкладання) конденсованої фази. При невиконанні цієї умови горінню передує випаровування або розкладання. В подібних випадках реакції частково протікають гетерогенно - на поверхні конденсованої фази, і гомогено - в об’ємі газової суміші.

При пожежах найбільш розповсюджені процеси дифузійного горіння. В них речовини, що реагують перебувають в газовій фазі, однак попередньо не перемішані. У випадку горіння рідин і твердих речовин, процес окиснення горючої речовини в газовій фазі виникає одночасно з процесом випаровування рідини (розкладання твердої речовини) і процесом змішування.

Горіння може бути відкритим полум’яним (температура полум’я у зоні горіння сягає 1200 - 3000 °С), а також відбуватися без полум’я у вигляді жевріння або тління.

За швидкістю розповсюдження полум’я, горіння підрозділяють на нормальне (в межах кількох м/с), дефлаграційне вибухове (в межах десятків і сотень м/с) і детонаційне (протікає зі швидкістю, що перевищує швидкість звуку).

*Дефлаграційне* горіння реалізується у двох режимах: ламінарному і турбулентному. Турбулентність прискорює процес горіння за рахунок збільшення площі контакту речовин, що реагують.

Горіння може супроводжуватися пожежею та вибухом.

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

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів, відповідно до ГОСТ 27331-87, пожежі поділяються на відповідні класи та підкласи:

-клас А - горіння твердих речовин, що супроводжується (підклас А1) або не супроводжується (підклас А2) тлінням;

-клас В - горіння рідких речовин, що розчиняються (підклас В2) і не розчиняються (підклас В1) у воді;

- клас С - горіння газів;

- клас Д - горіння металів легких, за винятком лужних (підклас 01), лужних (підклас 02), а також металовмісних сполук (підклас 03);

- клас Е - горіння електроустановок під напругою.

Вибухом називається надзвичайно швидке хімічне перетворення речовини, яке супроводжується виділенням енергії і утворенням стиснених газів, які здатні виконувати механічну роботу.

В результаті вибуху, вибухонебезпечна (або вибухова) суміш, заповнюючи об’єм, де стався вихід енергії, перетворюється у сильно нагрітий газ з високим тиском. Цей газ з великою силою діє на оточення, викликаючи утворення вибухової (ударної) хвилі. Руйнування, що викликані вибухом, зумовлені дією вибухової хвилі.

**Пpaкmuчне заняття №1**

***Тема******:* Визначення горючості та кольору дифузійного полум’я речовин**

*Мета:* ознайомити студентів із порядком визначення горючості та кольору полумя в результаті чого вони мають:

*Знати* - порядок визначення горючості речовин та матеріалів; ж впливає концентрація оксигену, карбону та вміст інших речовин на колір полум’я.

*Вміти* - визначати горючість речовин та матеріалів, їх колір полум'я за вмістом оксигену та карбону.

1. **Порядок визначення горючості речовин**

Для визначення кольору полум'я горючої речовини, що горить у повітрі, досить визначити відсотковий вміст у ній карбону та оксигену (п. 1.2). Якщо полум’я яскраве, з кіптявою, то речовина має великий запас горючих компонентів, і перш за все карбону, а при горінні буде виділяти більше тепла, ніж та, що має менше карбону чи гідрогену, але більше оксигену. Така речовина вважається більш горючою.

Для визначення горючості речовини вводять безрозмірний коефіцієнт горючості (*формула Еллея),* жий визначається за формулою

***К = 4 NС*** + 4 ***NS*** + ***NH*** + ***NN -2 N0-2 NCl -З NF-5NBr*,** (1.1)

де ***NС,NS,NH,NN,N0,NCl,NF,NBr*** *-* кількість атомів карбону,

сульфуру, гідрогену, нітрогену, оксигену, хлору, фтору та брому у молекулі горючої речовини.

При визначенні горючості речовин і матеріалів за коефіцієнтом горючості, за межу горючості прийнята величина *1.*

Вважають, що якщо *К< 1 -* речовина негорюча, а при *К>1 -* горюча.

**Приклад 1.1:**

Визначити горючість трихлоретану *(С2Н3Сl3).*

Вирішення:

1. Визначаємо кількість атомів карбону, гідрогену, хлору у молекулі трихлоретану

N с = 2, NН = З, NCl = 3.

1. Визначаємо коефіцієнт горючості (коефіцієнт Еллея) за формулою (1.1)

***К = 4*** х ***2+3-2*** х ***3 = 5.***

*Відповідь,* трихлоретан горючий.

**Приклад 1.2.**

Визначити горючість сульфатної кислоти (*Н2SО4*).

Вирішення:

1. Визначаємо кількість атомів гідрогену, сульфуру, оксигену у молекулі сульфатної кислоти

*NН* ***= 2, N***S***= 1, N***0 ***= 4.***

1. Визначаємо коефіцієнт горючості за формулою (1.1)

***К = 4*** х *1****+1*** х ***2-2*** х ***4 = -2.***

*Відповідь*: сульфатна кислота є негорючою речовиною.

1. **Визначення кольору полум’я**

Вогонь, який складається з аерозольних і (або) газоподібних речовин, що випромінюють світло називають *полум'ям.*

Полум’я складається з декількох зон: *підготовча* (зона горючих парів та газів і суміші горючої речовини з продуктами згоряння), *власне горіння* і *зона сумішоутворення* продуктів згоряння з повітрям.

Полум'я може бути *кінетичним* або *дифузійним* залежно від того чи горить завчасно підготовлена горюча суміш чи вона створюється у полум’ї в процесі горіння. Структура дифузійного полум’я суттєво залежить від перетину потоку горючих газів та парів і його швидкості.

В умовах пожежі гази, пари, рідини, тверді речовини горять дифузійним полум’ям.

Під час реальних пожеж найчастіше горять органічні речовини, до складу яких переважно входить карбон, атоми якого деякий час перебувають у вільному стані і мають надлишок енергії. Частина цієї енергії випромінюється у вигляді світла червоного кольору, який випромінюють саме атоми карбону.

Якщо у горючій суміші недостатньо окисника, то в зону горіння потрапляють частки карбону (продукт неповного згоряння) - полум'я набуває жовтого або жовтогарячого чи яскраво-червоного забарвлення. Якщо окисника зовсім мало, а карбону багато - останній не встигає окислитися в зоні горіння і тоді потрапляє в зону продуктів горіння у вигляді сажі.

Речовини, багаті на карбон горять яскравим червоним полум’ям з великою кількістю кіптяви. Це пояснюється тим, що першою стадією при недостатній кількості оксигену є термічне розкладання речовин, при якому карбон не встигає згоріти першим.

Якщо у горючій речовині, окрім карбону, присутні інші частинки (атоми) - вони будуть забарвлювати полум’я в інший колір (атоми купруму - зелене забарвлення, натрію - жовте і т.д.)

При кінетичному горінні, незалежно від температури, зона горіння має слабко-блакитний колір, так ж продукти згоряння (карбон діоксид, вода та нітроген) світла не випромінюють.

При дифузійному горінні колір полум’я залежить від хімічного складу горючих речовин.

Таблиця 1.1

Колір освітлення полум’я залежно від складу речовини, що горить

Колір освітлення дифузійного полум’я визначають за концентрацією оксигену та карбону у молекулах речовин горючої системи (табл. 1.1).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Концентрація компонентів у горючій речовині, % | | Колір полум’я |
| карбон | оксисен |
| менше 50 | більше 30 | безбарвне (блакитне) |
| 50 - 75 | відсутній або менше 30 | яскраве, без кіптяви |
| більше 75 | відсутній або менше 25 | яскраве, з кіптявою |

**Приклад 1.3:**

Визначити колір дифузійного полум'я дибутилового етеру

(С8Н180).

Вирішення:

1. Розраховуємо молярну масу горючої речовини:

М (С8Н18О) = 8 х 12 + 18 х 1 + 1 х 16 = 130 кг/кмоль.

1. Визначаємо концентрацію оксигену та карбону (%) у молекулі горючої речовини:

*\** концентрація О: (0) =  *;*

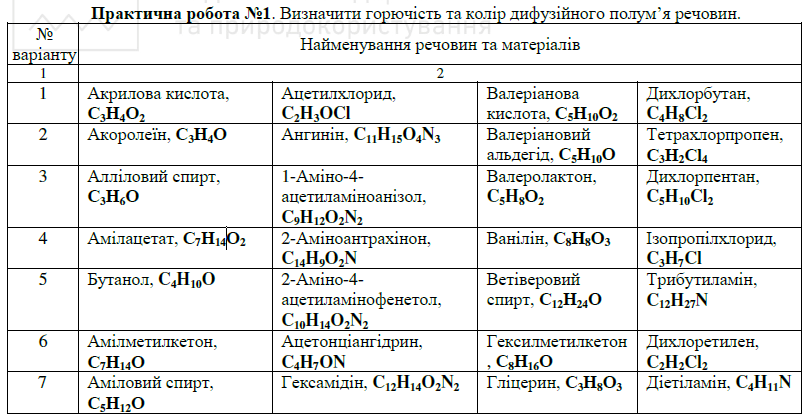
*8* х /2

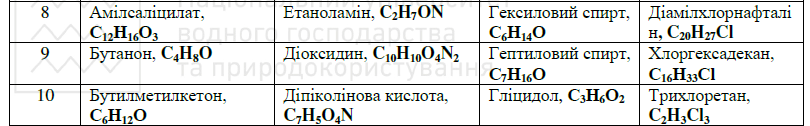
*\**концентрація С:  (С)= 

1. Порівнюючи отримані результати з табл. 1.1., визначаємо колір полум’я.

*Відповідь:* при горінні дибутилового етеру полум'я буде яскравим, без кіптяви.

**Завдання: Практичнаї робота №1**





Література: [1], [5]

**Практичне заняття №2**

***Тема:*** **Складання рівнянь реакції горіння речовин**

*Мета:* ознайомити студентів з порядком складання реакцій горіння речовин в результаті чого вони мають:

*Знати* - що таке матеріальний баланс процесів горіння, за рахунок чого він підтримується; продукти горіння речовин; порядок написання рівнянь реакції горіння речовин; поняття стехіометричного коефіцієнта та порядок його визначення.

*Вміти* - складати рівняння реакції горіння речовин; визначати стехіометричний коефіцієнт.

1. **Поняття матеріального балансу**

Горіння підтримується за рахунок постійного переходу горючої речовини з будь-жого агрегатного стану: рідкого чи твердого в газо-, пароподібний стан.

Матеріальний баланс процесу горіння представляє собою розрахунок відповідної кількості початкових компонентів, що приймають участь у процесі горіння і кінцевих продуктів горіння, що утворились внаслідок хімічних реакцій. Тобто, вигоряння горючої речовини та окисника можна представити як постійний перехід вихідних речовин у продукти повного і неповного згоряння. Цей баланс складається на основі *закону збереження маси.* Дотримання умов матеріального балансу означає, що загальна маса компонентів хімічної реакції залишається незмінною.

Мінімальний об’єм повітря, що необхідний для повного згоряння одиниці маси (кг) чи одиниці об’єму (м3) горючої речовини, називається *теоретично необхідним* або *питомим* об’ємом повітря (*Vn0*).

Розрізняють *стандартні умови* (293 К і 101,3 кПа), *нормальні умови* (273 К і 101,3 кПа) і *реальні умови* (умови пожежі) горіння речовин.

Речовини й агломерати, жі утворюються в результаті горіння, називають *продуктами згоряння.* До них належать попіл, жужіль, сажа, леткі продукти згоряння (утворюються внаслідок повного або неповного згоряння, піролізу, випаровування, сублімації). В умовах пожежі найчастіше горять органічні речовини: деревина, тканини, нафтопродукти тощо, до складу яких головним чином входять карбон, оксиген, гідроген і нітроген.

*Дим -* це видима аерозольна складова летких продуктів згоряння, що утворилися внаслідок повного або неповного згоряння, піролізу, випаровування, сублімації.

Діаметр часток диму коливається від 1О-5 до 10-8 м. Присутність твердої дисперсної фази обумовлює непрозорість диму. Ступінь прозорості диму залежить від його концентрації і розміру твердих часточок дисперсної фази. Тверді часточки диму здатні ж поглинати так і розсіювати світло. Тому дим на пожежі значно погіршує видимість.

Розрахунок матеріального балансу процесу горіння зводиться до визначення об’єму повітря, що необхідний для згоряння горючої речовини та визначення об’єму продуктів згоряння, що утворилися при цьому.

Розрахунок базується на *законі Авогадро* та рівняннж хімічних реакцій горіння речовин, враховуючи умови горіння, відмінні від нормальних.

1. **Порядок написання рівнянь хімічних реакцій горіння**

Для спрощення розрахунків процесів горіння та складання хімічних реакцій окислення нітроген об'єднують з аргоном і склад повітря приймають рівним:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Речовина | Об'ємні відсотки | Масові відсотки |
| Кисень (*02)* | 21 | 23 |
| Азот *(N2)* | 79 | 77 |

Тобто, на одну об’ємну одиницю кисню, у повітрі, припадає *79/21 = 3,76* об’єму азоту, або відповідно до закону Авогадро - на кожну молекулу оксигену приходиться 3,76 молекули нітрогену. Таким чином, склад повітря може бути представлений ж *(02* +3,76 *N2*).

|  |  |
| --- | --- |
| Горюча речовина | Продукти згоряння |
| Карбон С | Карбон діоксид С02 |
| Гідроген H | Вода Н20 |
| Сульфур S | Сульфур діоксид S02 |
| Фосфор Р | Фосфорний ангідрид Р205 |
| Силіцій Ci | Силіцій діоксид CiO2 |
| Метал | Оксид металу |
| Нітроген N | Молекулярний азот N2 |
| Галогени F,Cl,Br,J | Галогеноводні НF, НС1, НВr, HJ |

Про**дук**ти згоряння, що утворюються в результаті реакції горіння речовин:

Загальне рівняння реакції горіння речовини можна записати у наступному вигляді:

*горюча речовина* + * (О*2 *+ 3,76 N*2*) = продукти згоряння,*

де  *— стехіометричний коефіцієнт* у рівнянні реакції (кількість молів повітря, що необхідні для повного згоряння горючої речовини), який розраховується за формулою

* = nс + п*S + *(пн - пHalogen)/4 - nс /2* + *5пp /4,* (2.1)

де = nс, n*S, n*н , nHalogen ,nс , np *-* кількість атомів карбону, сульфуру, гідрогену, галогену, оксигену та фосфору відповідно у молекулі горючої речовини.

Для правильного складання рівняння реакції горіння слід спочатку урівняти кількість атомів карбону, потім сульфуру, фосфору і силіцію, потім галогенів і гідрогену. В останню чергу урівнюють кількість атомів оксигену в правій та лівій частині рівняння. В переважній більшості випадків горить карбон, гідроген, з’єднуючись з оксигеном.

Для написання формул реакції горіння необхідно знати валентність основних хімічних елементів: гідрогену - 1, оксигену - 2, карбону - 4. Множник перед коефіцієнтом (3,76), що стоїть біля молекули азоту, завжди буде рівним коефіцієнтові перед киснем.

Враховуючи те, що розрахунок проводять зазвичай для 1 моля чи 1 м3 горючої речовини, в рівнянні реакції коефіцієнт перед горючою речовиною не ставлять. Особливістю таких реакцій є те, що в реакції горіння можуть бути присутні дробові стехіометричні коефіцієнти.

**Приклад 2.1:**

Скласти рівняння реакції горіння основних класів органічних речовин у повітрі:

вуглеводні: горіння пентану

*С5H12 + 8(O2 + 3,76N2)* ** *5СОг + 6Н20 + 83,76 N2;*

оксигеновмісні речовини: горіння етилового спирту

*С*2*Н5ОН +3,5(O2 + 3,76N2)* ** *2С0*2 *+ ЗН20 + З.5 З,76 N2;*

иітрогеиовмісиі речовини: горіння діетиламіну

*(С*2*Н5)2NН +*6*,75(O2 + 3,76N2)* ** *4СО*2 *+ 5,5Н20 + 0,5 N2 +*

+ *6,75 3,76 N2;*

судьфуровмісні речовини: горіння карбон сульфіду

*С*S2 *+ 3(O2 + 3,76N2)* ** *С0*2 *+ 2SO2:* + *3 3,76 N2*;

фосфорвмісиі речовини: горіння фосфіну

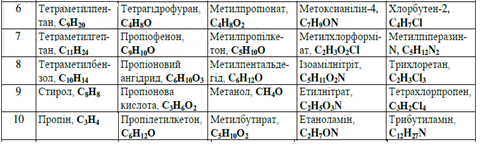
*РН3 + 2(O2 + 3,76N2)* ** *0,5Р205 + 1,5Н20 + 2 3,76 N2;*

галогеновмісні речовини: горіння хлорметану

*СН3СІ + 1,5(O2 + 3,76N2)* ** *С02 + Н20 + НС1 + 1,5 З,76 N2.*

**Завдання до виконання практичної роботи№2**





Література: [1], [5]

**Пpaкmuчне заняття №3**

**Teмa:** **Poзpaxyнoк мamepiaльнoгo бaлaнcy гopiння peчoвuн**

*Meтa:* oзнaйoмити cтyдeнтів з пopядкoм визнaчeння мaтepiaльнoгo 6aлaнcy гopiння peчoвин в peзyльтаті чoгo вони мaють:

*Знати*:

– щo тaкe питoмий тa пoвний o6’єм пoвітpя, нeo6xiдний для згopання peчoвин;

-oco6ливocті гopiння xiмiчниx peчoвин.

*Вмiти*– визначити мaтepiaльний 6aлaнc гopiння iндивiдyaльниx xiмiчниx peчoвин.

**Гopiння xiмiчниx peчoвин**

Дo xiмiчниx peчoвин нaлeжaть peчoвини i мaтepiaли, cклaд якиx мoжнa пpeдcтавити у виглядi xiмiчнoï фopмyли. Для тaкиx гopючиx peчoвин, нeзaлeжнo вiд ïx aгpeгaтнoгo cтанy, тeopeтичнa кiлькicть пoвiтpя, нeo6xiднa для згopання peчoвини, визнaчaєтьcя з piвнянь peaкцiï гopiння вкaзaниx peчoвин.

З piвняння peaкцiï випливaє, щo нa *m* кiлoмoлiв гopючoï peчoвини пpиxoдитьcя *n* кiлoмoлiв киcню тa aзoтy (*O2 + 3,76 N2)= 4,76* кiлoмoлiв пoвiтpя).

Пoзнaчивши мacy (b *кs*) гopючoï peчobиhи, якa чиceльнo дopiвнює ïï мoляpнiй мaci чepeз *m*, cклaдaємo пpoпopцiю:

* Для згopяння *m* кг, гopючoï peчoвини нeo6xiднo *4,76×β×22,4* м3 пoвiтpя;

*n*

* Для згopання 1 кг, гopючoï рeчoвини нeoбxiднo пoвiтpя, V0 м3

дe : 22,4 – o6’єм 1 кiлoмoля гaзiв пpи тeмпepaтypi T0 = 0 °C i тиcкoвi P0 = 101,3 кПa aбo T0 = 273 K, P0 = 760 мм.pт.cт.

*Пumoмuŭ* (тeopeтичний) *oб’єм noвimpя*, нeo6xiдний для згopяння 1 кг гopючoï peчoвини, нeзaлeжнo вiд ïï aгpeгaтнoгo cклaдy, визнaчaють зa нacтyпнoю фopмyлoю:



Дe: β – cтexioмeтpичний кoeфiцiєнт (фopмyлa 2.1);

Vt – мoляpнй o6’єм гaзy (22,4 м3/мoль);

M – мoляpнa мaca гopючoï peчoвини, кг/мoль.

Пoвнuŭ (тeopeтичний) oб’єм noвimpя, нeo6xiдний для згopяння 1 кг гopючoï peчoвини, визнaчaють зa фopмyлoю

 (3.2)

де: m маса горючої речовини, кг,

Для визначення питомого об’єму повітря при згоранні 1м3 горючого газу використовують формулу

*VП0 = 4,76×β, м3.* (3.3)

Пpи гopiннi пeвнoгo o6’ємy гaзy, небхідий o6’єм пoвiтpя визнaчaєтьcя зa фopмyлoю

*Vn = 4,76×β×V, м3* (3.4)

дe *V* – o6’єм гopючoгo гaзy, м3.

Як 6yлo зaзнaчeнo вищe, нaвeдeнi фopмyли cпpaвeдливi для нopмaльниx yмoв. Для пepexoдy дo peaльниx yмoв, нeo6xiднo визнaчити мoляpний o6’єм гaзiв пpи вкaзaниx yмoвax, викopиcтoвyючи зaкoнu Бoŭля-Mapiomma ta Гeŭ-Люccaкa:



звідси



B peaльниx yмoвax дo зoни гopiння нaдxoдить нaдлишкoвa кiлькicть пoрiтpя, нiж тeopeтичнo нeo6xiднo. Biднoшeння o6’ємy пoвiтpя, щo пoтpaпить y зoнy гopiння дo тeopeтичнo нeo6xiднoгo, вaзнaчають кoeфiцiєнтoм нaдлuшкy noвiтpя

 (3.7)

Об’єм повітря, що реально надійшов до зони горіння і необхідний для згорання речовини визначають за формулою:



У результаті реакції утворяться продукти горіння. Враховуючи рівняння хімічної реакції, можна визначити об’єм продуктів згорання.

Питoмuŭ (теоретuчнuŭ) oб’єм пpoдyктів згopання 1 кг гopючoï peчoвин: 

Дe :∑N*nг* кiлькicть кiлoмoлiв пpoдyктiв гopiння;

noвнuŭ (meopemuuнuŭ) oб’єм npoдyкmiв згopяння m кг гopючoï peчoвини:



* peaльнuŭ oб’єм npoдyкmiв згopання:



Для peчoвин, щo пepe6yвaють y гaзoпoдiбнoмy cтaнi:

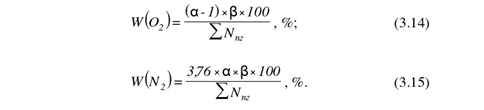
* питoмuŭ (тeopeтичнuŭ) oб’єм пpoдyктiв згopяння 1 м3гopючoгo гaзy:

V 0 = ∑N*nг*, м3; (3.12)

-пoвний (тeopeтичний) oб’єм npoдyктiв згopання V м3 гopючoï peчoвини:



При умові, що реакція горіння відбувається з надлишком кількості повітря, у продуктах згоряння буде присутнім і кисень, а при розрахунку концентрації азоту, необхідно враховувати і азот, що поступив разом з надлишковим повітрям:



Peaльнy кiлькicть кiлoмoлiв пpoдyктiв згopяння визнaчaють фopмyлoю:



дe *Nn* – чиcлo кiлoмoлiв пoвiтpя (*Nn = 4,76×β*).

***Приклад 3.1*:**

Виконати розрахунок матеріального балансу горіння 1 кг ацетону (С3Н6О), якщо горіння протікало при температурі +20 °С і тискові 120 кПа. Коефіцієнт надлишку повітря становить α = 1,6.

Вирішення.

1. Складаємо рівняння реакції горіння ацетону в повітрі:

С3Н60 + 4 ×(0*2* + З,76 N*2*) = 3 ×С0*2* +3 хН20 +4×3,76 N*2*.

2.Визначаємо молярну масу ацетону:



3.Визначаємо об’єм одного кіломолю ацетону при заданих умовах:



4.Визначаємо число кіломолів повітря та продуктів згоряння ацетону, що приймали участь у реакції горіння:

*N*n = 4,76 ×β= 4,76×4 = 19,04 кмоль.

Σ *Nnг* = 3 + 3 + 4×3,76 = 21,04 кмоль.

5. Визначаємо питомий теоретичний об’єм повітря і продуктів згоряння ацетону при заданих умовах:



6.Визначаємо реальний об’єм повітря та продуктів згоряння ацетону:

Vпр = Vп0× а = 6,67 × 1,6 = 10,7 м3

V*пг*р= V*пг0* + ( а – 1) Vп0 =7,4 + (1,6 - 1) ×6,67 = 11,4 м3

7. Визначаємо реальне число кіломолів продуктів згоряння ацетону:



1. Визначаємо склад продуктів згоряння ацетону:

- вміст карбон діоксиду С02-



* вміст води Н20:



* вміст кисню *О2:*



* вміст азоту *N2*



Відповідь: при згорянні 1 кг ацетону при заданих умовах буде використано 6,67 м3 повітря, утвориться 7,4 м3 продуктів згоряння наступного складу: С02 - 9,3 %; Н20 - 9,3 %; 02-7,4 %; N2 - 74 %.

**Завдання:** Практична робота №3.

Виконати розрахунок матеріального балансу, об’ємної та масової стехіометричної концентрації |горіння речовини при заданих умовах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варіанту | Найменування речовини | Маса речовини,кг | Температура,  °С | Тиск,  кПа | Коефіцієнт надлишку повітря α |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Пропілформіат, С4Н802 | 5 | 10 | 100 | 1,1 |
| 2 | Пропіленгліколь, СзН802 | 3 | 15 | 103 | 1,2 |
| 3 | Пропілбутират, С7Н1402 | 12 | 20 | 112 | 1,3 |
| 4 | Фенілетилацетат, С10Н1202 | 8 | 22 | 113 | 1,4 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | Ноніловий спирт, С9Н200 | 6 | 11 | 120 | 1,5 |
| 6 | Октаналь, С8Н16О | 3 | 14 | 121 | 1,6 |
| 7 | Октанова кислота, С8Н16О2 | 8 | 15 | 100 | 1,7 |
| 8 | Оцтовий ангідрид, С4Н603 | 5 | 21 | 102 | 1,8 |
| 9 | Пропаналь, СзНбО | 4 | 24 | 110 | 1,9 |
| 10 | Пропанол-3, С3Н80 | 3 | 12 | 111 | 1,1 |
| 1 1 | Пропілетилкетон, СбН12О | 2 | 14 | 1 18 | 1,2 |
| 12 | Пропіонова кислота, СзН6О2 | 7 | 20 | 1 17 | 1,3 |
| 13 | Пропіоновий ангідрид, С6Н10О3 | 5 | 22 | 103 | 1,4 |
| 14 | Пропіофенон, С9Н10О | 9 | 12 | 105 | 1,5 |
| 15 | Тетрагідрофуран, С4Н8О | 11 | 16 | 113 | 1,6 |
| 16 | Ундеканол, С11Н24О | 4 | 20 | 1 16 | 1,7 |
| 17 | Оцтова кислота, С2Н4О2 | 8 | 23 | 117 | 1,8 |
| 18 | Фенілетіловий етер, С8Н10О | 5 | 10 | 122 | 1,9 |
| 19 | Циклопентанол, С5Н10О | 3 | 17 | 101 | 1,1 |
| 20 | Метоксиетилацетат, С5Н10О3 | 12 | 20 | 104 | 1,2 |

Література: [1], [5].

**Практична робота №4**

**Тема: Визначення температури горіння, концентрації та тиску насиченої пари речовин**

*Мета:* ознайомити студентів з порядком визначення показників та ступеню пожежної небезпеки речовин в результаті чого вони мають:

*Знати* - поняття температури горіння та їх видів; порядок визначення адіабатичної температури горіння; поняття пожежної небезпеки речовин та матеріалів та їх показники; що таке насичена пара речовин та порядок визначення її тиску.

*Вміти* - визначати адіабатичну температуру горіння, тиск насиченої пари, ступінь пожежовибухонебезпеки речовин.

**4.1 Поняття температури горіння**

Горючі речовини мають різну теплотворну здатність, тому температура на пожежах залежить не лише від кількості речовини, що горить, але й від її складу.

Максимальна температура, до якої нагріваються продукти згоряння, називається температурою горіння.

Температуру горіння

 (4.1)

Де: *Тг* - температура горіння, К;

*Т0-* початкова температура горючої речовини або окисника, К;

*Qpг*- кількість тепла, що витрачається на нагрівання продуктів згоряння, кДж/кг;

*Vпг* - об’єм продуктів згоряння, м3/кг;

*Ср* - питома теплоємність продуктів горіння, кДж/(м3-К).

Розрізняють *калориметричну, адіабатичну, теоретичну та дійсну температуру горіння.*

*Калориметрична* температура горіння - це температура, до якої нагріваються продукти повного згоряння при найсприятливіших умовах:

- все тепло, що виділяється при горінні, витрачається на нагрівання продуктів згоряння (втрати тепла на нагрівання конструкцій та випромінювання в навколишнє середовище рівні нулю) *Qнг* =*Qн*;

- початкова температура горючої суміші Т0 = 273 К, а початковий тиск Р0 = 101,3 кПа;

- відбувається повне згоряння горючої суміші;

- кількість повітря, що надходить до зони горіння, дорівнює теоретично необхідній α = 1.

*Адіабатична* температура горіння - це така температура, коли виконуються наступні умови, дещо відмінні від калориметричної:

* тепловтрати у навколишнє середовище відсутні (Qпг =QН);
* початкова температура і тиск горючої суміші становлять відповідно То= 273 К, а Р0 = 101,3 кПа;
* горіння проходить з надлишком або нестачею повітря тобто α≠1

*Теоретична* температура горіння трохи нижча за калориметричну, враховує ендотермічні процеси дисоціації продуктів згоряння при високих температурах і характеризує горіння, що проходить за умов:

* частина тепла витрачається на дисоціацію (розклад молекул на прості молекули, атомні групи або іони) продуктів згоряння (Qпг=Qн- Qдис),
* початкова температура горючої суміші Т0 = 273 К, а початковий тиск Р0 = 101,3 кПа;
* кількість повітря, що надходить до зони горіння, дорівнює теоретично необхідній а α= 1.

*Дійсною* вважають температуру горіння, до якої нагріваються продукти горіння в реальних умовах пожежі:

* частина тепла втрачається через недопал та на нагрівання навколишнього середовища (Qпг =QН- Qнед-Qвт);
* горіння проходить з надлишком або нестачею повітря (α≠1);

- початкова температура горючої суміші Т≠ 213 К, а початковий тиск Р0≠ 101,3 кПа,

де Qдис - кількість тепла, що витрачається на дисоціацію продуктів горіння;

Qнед - кількість тепла, що втрачається через недопал горючої речовини;

Qвт - кількість тепла, що втрачається у навколишнє середовище.

Визначити температуру горіння експериментальним шляхом досить складно, так як це пов’язано з необхідністю проведення експерименту в умовах високих температур, підвищеної токсичності, різної реакційної здатності речовин, що горять та нестабільністю газового середовища. Дійсна температура у різних точках пожежі різна. Найбільшою вона може бути у зоні горіння або полум’я, а з висотою полум'я може мінятися в ту чи іншу сторону, залежно від природи та вмісту речовин, що горять.

**4.2 Визначення адіабатичної температури горіння**

Як правило, адіабатичну температуру горіння речовин визначають за допомогою методу лінійної інтерполяції:

 (4.2)

де Т1, Т2 - температура горіння у першому та другому наближенні відповідно, К;

Qн - нижча теплота згоряння речовини, кДж/моль;

Qn*г*1, Qn*г*2 - тепловміст продуктів згоряння при температурі Ті і Т2 відповідно, кДж/моль.

Як було зазначено вище, продукти згоряння у переважній більшості складаються з азоту, який участі у горінні практично не приймає. Тому температуру горіння у першому наближенні Ті, визначають за значенням середньої ентальпії (тепловмісту) продуктів згоряння (*Нср*), орієнтуючись на ентальпію азоту (табл. 4.1, 4.2).

Таблиця 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Т Tемпература.  К | Ентальпія (тепловміст), кДж/моль | | | | | | | | |
| Повітря | CO2 | H2O | N2 | НF | HCl | НВr | S02 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27,35 | 67,00 | 64,06 |
| 298,15 | 8,66 | 9,35 | 9,91 | 8,67 | 8,60 | 35,99 | 76,50 | 44,61 |
| 400 | 11,64 | 13,36 | 13,36 | 11,64 | 11,56 | 38,96 | 79,50 | 78,86 |
| 600 | 17,62 | 22,25 | 20,41 | 17,56 | 17,40 | 44,83 | 85,40 | 88,15 |
| 800 | 23,86 | 32,14 | 27,93 | 23,71 | 23,28 | 50,82 | 91,50 | 98,33 |
| 1000 | 30,36 | 42,72 | 35,94 | 30,13 | 29,25 | 57,04 | 97,80 | 109,04 |
| 1200 | 37,09 | 53,77 | 44,48 | 36,78 | 35,36 | 63,48 | 104,40 | 120,08 |
| 1400 | 44,00 | 65,19 | 53,51 | 43,61 | 41,63 | 70,12 | 111,20 | 131,35 |
| 1600 | 51,05 | 76,87 | 62,97 | 50,58 | 48,08 | 76,94 | 118,10 | 142,77 |
| 1800 | 58,20 | 88,70 | 72,82 | 57,65 | 54,70 | 83,90 | 125,20 | 154,31 |
| 2000 | 65,44 | 100,71 | 83,02 | 64,81 | 64,45 | 90,99 | 132,40 | 165,95 |
| 2200 | 72,76 | 112,82 | 93,41 | 71,97 | 68,27 | 98,08 | 139,60 | 177,55 |
| 2400 | 80,14 | 125,04 | 104,14 | 79,26 | 75,26 | 105,34 | 147,00 | 189,27 |
| 2600 | 86,58 | 137,32 | 115,08 | 86,57 | 82,32 | 112,67 | 154,40 | 201,21 |
| 2800 | 95,06 | 149,69 | 125,22 | 93,91 | 89,48 | 120,09 | 161,70 | 213,16 |
| 3000 | 102,60 | 162,10 | 137,56 | 101,30 | 96,74 | 127,64 | 169,40 | 225,15 |
| 3200 | 110,17 | 174,55 | 149,05 | 108,71 | 104,04 | 135,06 | 177,00 | 237,24 |
| 3400 | 117,77 | 187,06 | 160,69 | 116,14 | 111,40 | 142,62 | 184,70 | 249,36 |
| 3600 | 125,41 | 199,61 | 172,47 | 123,61 | 118,84 | 150,24 | 192,40 | 261,59 |
| 3800 | 133,08 | 212,19 | 184,37 | 131,08 | 126,33 | 157,90 | 200,00 | 273,89 |
| 4000 | 140,77 | 224,81 | 196,42 | 138,58 | 133,85 | 165,60 | 207,90 | 286,20 |

Таблиця 4.2

Ентальпія (тепловміст) газів при постійному тиску

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температу­ | Ентальпія (тепловміст), кДж/м3 | | | | | | | | |
| ра, К | Повітря | CO2 | H2O | N2 | НF | HCl | НВr | S02 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1220,44 | 3029,89 | 2858,55 |
| 298,15 | 386,44 | 417,23 | 442,22 | 386,88 | 383,76 | 1605,98 | 3415,89 | 1990,63 |
| 400 | 519,41 | 596,16 | 596,16 | 519,41 | 515,84 | 1738,51 | 3548,87 | 3518,97 |
| 600 | 786,26 | 992,86 | 910,75 | 783,58 | 776,44 | 2000,45 | 3811,69 | 3933,51 |
| 800 | 1064,70 | 1434,18 | 1246,32 | 1058,01 | 1038,82 | 2267,74 | 4083,89 | 4387,77 |
| 1000 | 1354,75 | 1906,29 | 1603,75 | 1344,49 | 1305,22 | 2545,29 | 4366,8 | 5109,04 |
| 1200 | 1655,07 | 2399,38 | 1984,83 | 1641,23 | 1577,8 | 2832,66 | 4660,87 | 5358,32 |
| 1400 | 1963,41 | 2908,97 | 2387,77 | 1946,00 | 1857,653 | 3128,96 | 4963,41 | 5861,22 |
| 1600 | 2278,00 | 3430,17 | 2809,91 | 2257,03 | 2145,47 | 3433,29 | 5273,99 | 6370,82 |
| 1800 | 2597,06 | 3958,06 | 3249,44 | 2572,51 | 2440,88 | 3743,86 | 5589,92 | 6885,77 |
| 2000 | 2920,13 | 4493,98 | 3704,60 | 2892,01 | 2742,08 | 4060,24 | 5911,65 | 7405,18 |
| 2200 | 3246,77 | 5034,36 | 4168,23 | 3211,51 | 3046,41 | 4376,62 | 6231,15 | 7922,80 |
| 2400 | 3576,08 | 5579,65 | 4647,03 | 3536,81 | 3358,32 | 4700,58 | 6559,57 | 8445,78 |
| 2600 | 3863,45 | 6127,62 | 5135,21 | 3863,01 | 3672,36 | 5027,67 | 6892,01 | 8978,58 |
| 2800 | 4241,86 | 6679,61 | 5632,31 | 4190,54 | 3992,86 | 5358,77 | 7217,32 | 9511,83 |
| 3000 | 4578,31 | 7233,38 | 6138,33 | 4520,30 | 4316,82 | 5695,67 | 7563,14 | 10046,8 |
| 3200 | 4916,11 | 7788,93 | 6651,05 | 4850,96 | 4642,57 | 6026,77 | 7901,83 | 10586,3 |
| 3400 | 5255,24 | 8347,17 | 7170,46 | 5182,51 | 4970,99 | 6364,12 | 8244,09 | 11127,1 |
| 3600 | 5596,16 | 8907,18 | 7696,12 | 5515,84 | 5302,99 | 6704,15 | 8587,24 | 11672,9 |
| 3800 | 5938,42 | 9468,54 | 8227,13 | 5869,17 | 5637,22 | 7045,96 | 8933,51 | 12221,7 |
| 4000 | 6281,57 | 10031,68 | 8764,84 | 6183,85 | 5972,78 | 7389,56 | 9281,12 | 12771,1 |

Оскільки тепловміст карбон діоксиду і парів води є вищими, ніж азоту, то їх присутність у продуктах згоряння знижує температуру горіння, тому як результат - її слід приймати дещо нижчою, ніж за азотом.

Середню ентальпію продуктів згоряння визначають за формулою

 (4.3)

Для визначення температури горіння у другому наближенні Т2 необхідно порівняти значення тепловмісту продуктів горіння при температурі Т1 зі значенням нижньої теплоти згоряння:

^ якщо Q*пг*<Q*n* , то *Т2*>*T1*

^ якщо Q*пг*>Q*n* , то *Т2*<*T1*

Тепловміст продуктів горіння при температурі Т1 та Т2 визначають за формулою:

 (4.4)

де - ентальпія *i*-го компонента продуктів згоряння при

температурі Т1, та Т2 відповідно, кДж/моль;

- кількість молів *i*-го компонента продуктів згоряння, моль/моль.

**Приклад 5.1:**

Визначити адіабатичну температуру горіння бутанолу (С4Н10О), якщо його стандартна теплота утворення становить - 274,6 кДж/моль, а горіння проходить з надлишком повітря α=1,2.

*Вирішення.*

Складаємо рівняння реакції горіння бутанолу:

*С4Н10О + 6(02 +3,76 N2) = 4СО2 +5Н20 +6 ×3,76 N2.*

Визначаємо питоме число молів повітря та продуктів згоряння бутанолу:

*N0пов = 4,76* *×β = 4,76 × 6 = 28,56 моль/моль;*

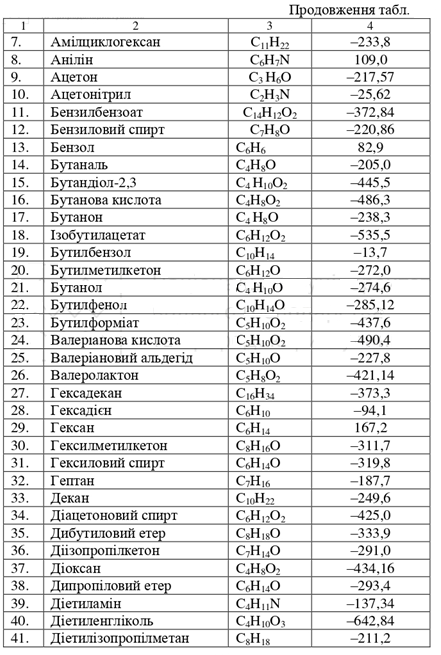
*N0пг = 4 + 5 + 6 × 3,76 = 31,56 моль/моль.*

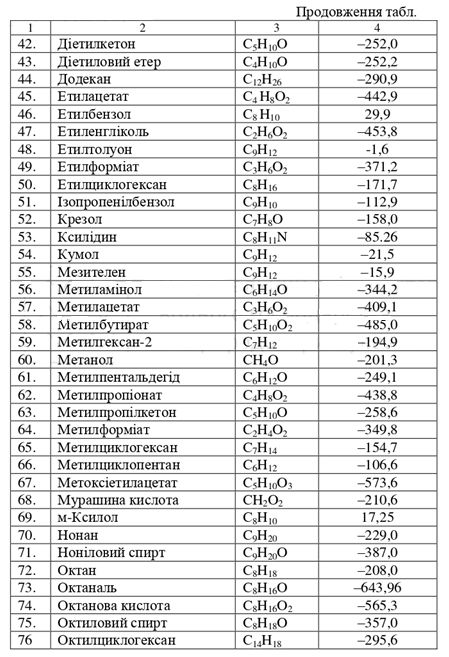
Визначаємо дійсне питоме число молів продуктів горіння:

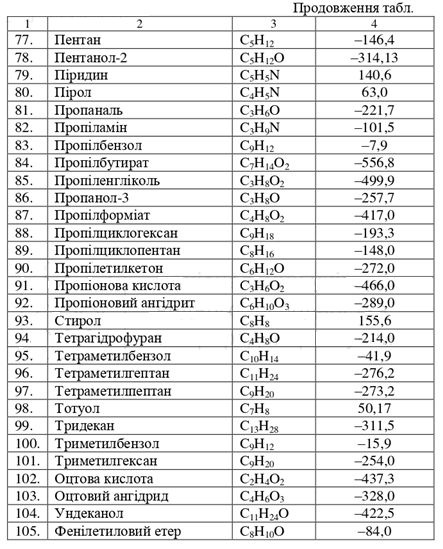
*Nпг* = *N0пг* + (α - *1*) *N0пов* = *31,56+(1,2 - 1) × 28,56 = 37,3 моль/моль.*

Таблиця 4.3

**

**

**

**

Використовуючи закон Гесса і данні висче наведеної таблиці визначаємо нижчу молярну теплоту згоряння бутанолу:

 (4.5)

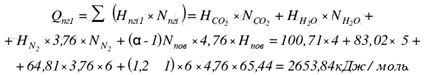
Визначаємо середню ентальпію (тепловміст) продуктів згоряння бутанону:

 (4.6)

Взявши за орієнтир ентальпію азоту (Табл4.1,4.2), визначаємо температуру горіння Т1 у першому наближенні:

Т1 = 2000 К

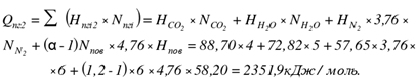
Визначаємо тепловміст продуктів горіння *Qг1* при температурі горіння Т1:

(4.7)

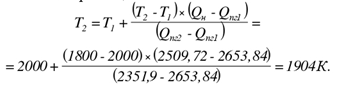
Визначаємо температуру горіння Т2 у другому наближенні. Враховуючи, що тепловміст продуктів згоряння бутанолу при температурі Тi, виявився більшим за нижчу теплоту згоряння речовини, то температура Т2 має бути меншою за Т1. Враховуючи це, приймаємо:

Т2 = 1800 К

Визначаємо тепловміст продуктів горіння *Qпг2* при температурі Т2:



Визначаємо адіабатичну температуру горіння бутанолу методом лінійної інтерполяції:



Відповідь: адіабатична температура горіння бутанолу при заданих умовах становить 1904 К.

**4.3 Пожежо вибухонебезпека речовин та матеріалів**

Пожежна небезпечність речовини (матеріалу) - сукупність показників, що кількісно характеризують властивості речовини (матеріалу), які можуть бути чинниками пожежної небезпеки об'єкта і характеризують їх здатність до виникнення і поширення горіння.

Речовини і матеріали, властивості яких будь-яким чином сприяють виникненню або розвитку пожежі, відносять до пожежонебезпечних. До них відносяться речовини різних класів: горючі, важкогорючі та негорючі, речовини-окисники тощо.

Показники пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів визначають з метою отримання вихідних даних для розробки та створення системи забезпечення пожежовибухобезпеки. Вони використовуються для аналізу пожежної небезпеки, для класифікації небезпечних вантажів; для вибору категорії приміщень, будівель та зовнішніх установок згідно з вимогами норм технологічного проектування, стандартів ССБП, будівельних норм і правил, правил будови електроустановок, а також з метою здійснення технічного нагляду за виготовленням матеріалів і виробів та їх наступного використання. Правильна оцінка пожежної небезпечності матеріалів, технологічних процесів, об'єктів загалом має велике значення, оскільки визначає заходи запобігання виникнення та розвитку пожежі. Обґрунтована оцінка пожежної небезпеки виробництва чи об’єкту, прийняття відповідних запобіжних заходів має велике соціальне значення і забезпечує безпечні умови праці, а значить - здоров'я і життя людей.

Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів, особливості горіння визначається показниками, вибір яких залежить від природи речовини, а саме від її фізико-хімічних властивостей та умов їх застосування чи використання. Перш за все, необхідно з'ясувати до якого класу належить речовина, які має властивості і у якому агрегатному стані перебуває.

Ступінь пожежної небезпечності горючих рідин залежить від групи горючості, температур спалаху, спалахування,

самоспалахування, концентраційних та температурних меж поширення полум’я, тиску вибуху тощо.

Особлива пожежонебезпечність горючих газів та парів ЛЗР зумовлена їх здатністю утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші. Вибухонебезпечними вважаються суміші з повітрям горючих газів і парів ЛЗР, що мають температуру спалаху 45°С та нижче, а також суміші горючих пилу та волокон з повітрям, які мають нижню межу спалахування не вище 65 г/м3.

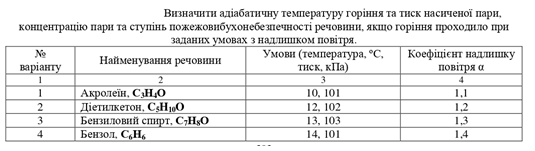
Пожежо- та вибухонебезпечні властивості пилу оцінюють, головним чином, за температурою його самоспалахування і та нижніми концентраційними межами поширення полум’я (НКМПП).

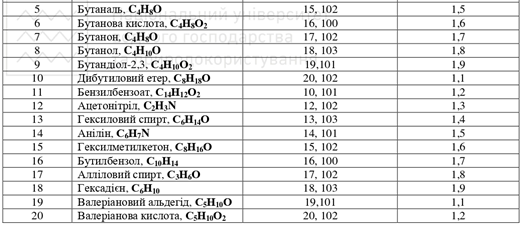
Вибухонебезпечність пилу багато в чому залежить від його дисперсності. Чим вища дисперсність пилу, тим більша його поверхня контакту з повітрям і тим вища небезпека вибуху.

Характеристиками пожежної небезпечності твердих горючих речовин і матеріалів є група горючості, температури спалахування та самоспалахування. За горючістю ці речовини поділяються на горючі та важкогорючі.

Горіння складних за хімічним складом твердих горючих речовин може протікати по-різному. Речовини, що здатні при нагріванні плавитися (пластмаси, каучук, жири та ін.), горять з утворенням розріджених смол і доволі часто утворюють токсичні продукти горіння: карбон оксид, гідроген хлорид, амоніак, ціанідну кислоту, фосген та ін. Речовини, що здатні при нагріванні розкладатися, перетворюються на пари та гази (деревина, бавовна, целулоїд та ін.), які згоряють. Таким чином, складні речовини самі не горять, а горять продукти їх розкладу.

Завдання до практичної работи №4





Література: [1], [5]

**Практичне заняття №5**

Тема: **Визначення пожежо матеріалів вибухонебезпечних характеристик речовин та матеріалів**

*Мета*:ознайомити студентів з порядком визначення

пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів в результаті чого вони мають:

*Знати* - поняття температури спалаху, температури

спалахування, концентраційних та температурних меж поширення полум’я, класифікацію рідин залежно від температури спалаху.

*Вміти* - визначати температуру спалаху, температуру

спалахування, концентраційні та температурні межі поширення полум’я, клас і розряд легкозаймистих речовин.

* 1. Поняття температури спалаху

Температура спалаху - це найменша температура конденсованої речовини, при якій в умовах спеціальних досліджень над її поверхнею утворюються пари, здатні спалахувати у повітрі від джерела запалювання, без стійкого горіння.

Спалах - короткочасне полуменеве горіння, що не супроводжується виникненням ударної хвилі.

Деякі рідини, такі ж бензин, ацетон, бензол, навіть при низьких температурах (-30, -10 °С), мають над своєю поверхнею таку кількість парів, яка запалає при піднесенні до них джерела запалювання. У дежих рідин пари утворюються і здатні горіти лише при підігріванні (мазут, трансформаторне масло, гліцерин тощо).

Температура спалаху характеризує умови, за жих речовина стає пожежонебезпечною. Цей показник застосовується при класифікації рідин за ступенем пожежної небезпечності, при визначенні категорії та класифікації приміщень і зон за пожежовибуховою небезпечністю, а також при розробці заходів пожежо- вибухобезпеки.

Згідно з ТОСТ 12.1.004-91, залежно від температури спалаху, рідини поділяють на легкозаймисті (ЛЗР) та горючі (ГР). До ЛЗР відносять рідини, температура спалаху яких менша 61 °С (у закритому тиглі) - або менша 66 °С (у відкритому тиглі) - (бензин,

ацетон, етиловий спирт тощо). До ГР відносять рідини, температура спалаху яких перевищує 61 °С (у закритому тиглі) - або більше 66 °С (у відкритому тиглі) - (мінеральні мастила, мазут, формалін тощо).

Окрім того, ЛЗР поділяють на розряди:

1. розряд - особливо небезпечні - температура спалаху у закритому тиглі становить менше мінус 18 °С і мінус 13 °С - у відкритому тиглі (ацетон, діетиловий етер, ізопентан тощо);
2. розряд - постійно небезпечні - температура спалаху у закритому тиглі становить від мінус 18 °С до + 23 °С і від мінус 13 °С до +27 °С - у відкритому тиглі (бензен, толуен, етанол, етилацетат та ін.);
3. розряд - небезпечні при підвищеній температурі - температура спалаху у закритому тиглі становить від 23 °С до 61 °С і від 27 °С до 66 °С - у відкритому тиглі (хлорбензен, скипидар, уайт-спирт тощо).

Горючі рідини поділяють на групи:

1. розряд - температура спалаху у закритому тиглі становить від 62 до 120 °С;
2. розряд - температура спалаху у закритому тиглі становить понад 120 °С.

Значення температури спалаху застосовують для визначення характеристики пожежної небезпечності рідин, включаючи ці дані до стандартів та технічних умов на них, при визначенні категорії приміщень, будівель та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою, а також при розробленні заходів, щодо забезпечення пожежної безпеки об’єкта.

* 1. Поняття температури спалахування

Спалахування - полуменеве горіння речовини, ініційоване джерелом запалювання, яке продовжується після його видалення.

Температура спалахування - це найменша температура речовини, при якій в умовах спеціальних досліджень речовина виділяє горючі пари і гази з такою швидкістю, що при дії на них джерела запалювання спостерігається спалахування.

Температура спалахування характеризує здатність речовин до самостійного горіння і завжди буває вищою за температуру спалаху. Чим меншою є різниця між температурами спалаху і спалахування речовини, тим більш пожежонебезпечною є ця речовина.

Температура спалахування понижується при подрібненні речовин, а також при збільшенні в них оксисену та зменшенні вмісту карбону.

Високою пожежонебезпечністю характеризуються ЛЗР, у яких температура спалахування лише на кілька градусів перевищує температуру спалаху.

* 1. Поняття концентраційних меж поширення полум’я

Мінімальний (максимальний) вміст горючої речовини в однорідній суміші з окислювальним середовищем, за якого можливе поширення полум’я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання називається нижньою (верхньою) концентраціі'їною межею поширення полум ’я (відповідно НКМПП та ВКМПП).

Концентрація парів та газів у суміші з повітрям, яка знаходиться в межах між нижньою та верхньою межею поширення полум'я є вибухо- і пожежо небезпечною:



Область концентрацій горючих парів і газів у суміші з повітрям нижчих за нижню концентраційну межу поширення полум’я, називають областю вибухо- і пожежонебезпечних концентрацій.

При концентраціях горючих парів і газів у суміші з повітрям більших за верхню концентраційну межу поширення полум’я, суміші є умовно вибухо- і пожежонебезпечними, оскільки за рахунок дифузії повітря з навколишнього середовища концентрація парів і газів може знизитися і набувати значень нижчих за верхню концентраційну межу поширення полум’я, то за таких умов можливе виникнення дифузійного горіння.

Знання меж поширення полум’я дозволяє: правильно визначити ступінь пожежної небезпеки технологічних процесів, категорію приміщень та будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою відповідно до норм технологічного проектування; проводити розрахунок вентиляційних систем, вибухонебезпечних концентрацій парів, газів та пилу всередині технологічного обладнання та трубопроводів, у повітрі робочої зони з потенційними джерелами запалювання; безпечно вести ремонтні роботи в місцях, де можуть бути горючі пари та гази, а також передбачати профілактичні протипожежні заходи на об’єкті.

Значення концентраційних меж поширення полум’я включають до стандартів, технічних умов на гази, індивідуальні легкозаймисті рідини, аеротропні суміші рідин та тверді речовини, що здатні утворювати вибухонебезпечні газо-, паро-, пилоповітряні суміші (для пилу визначають лише нижню концентраційну межу).

Для забезпечення вибухопожежної безпеки процесів виробництва, переробки, зберігання та транспортування речовин і матеріалів необхідно, разом з концентраційними межами поширення полум’я, враховувати коефіцієнти безпеки (безпечні концентрації), нижче або вище яких горюче середовище гарантовано не утворюватиметься:

 (5.1)

де φ*нб* і φ*вб* - нижня та верхня безпечна концентрація відповідно.

Безпечні концентрації визначають за формулами:

- нижня безпечна концентрація.

 (5.2)

- верхня безпечна концентрація.

 (5.3)

де  - нижня та верхня концентраційна межа поширення полум’я горючої речовини відповідно.

* 1. Методики розрахунку концентраційних меж поширення полум’я індивідуальних речовин

*Розрахунок нижньої концентраційної межі поширення полум’я за теплотою згоряння*

Нижню концентраційну межу поширення полум’я за теплотою згоряння паро газоповітряних сумішей розраховують за граничною теплотою згоряння. Встановлено, що кількість тепла, що виділяється при горіння сумішей на нижній концентраційній межі, є постійною величиною для всіх горючих речовин і становить Qгр= 1830 кДж/м3.

З виразу для граничної теплоти горіння:



визначають нижню концентраційну межу поширення полум ’я

 (5.4)

Де *Qгр* - гранична теплота горіння, 1830 кДж/м3;

*Qн* - нижча теплота горіння, кДж/м3.

*Приклад 5.1:*

Визначити нижню концентраційну межу поширення полум'я стиролу (С8Н8), якщо нижча молярна теплота його згоряння становить Qн = 4438,8 кДж/моль.

*Вирішення:*

Визначаємо нижню об’ємну теплоту згоряння стиролу:



Визначаємо нижню концентраційну межу поширення полум’я стиролу:



*Відповідь:*

Нижня концентраційна межа поширення полум’я стиролу становить 0,92 %.

* 1. Поняття температурних меж поширення полум’я

Нижньою температурною межею поширення полум ’я називається така температура рідини, при якій її насичена пара в окисному середовищі утворює концентрацію, рівну нижній межі поширення полум’я.

Верхньою температурною межею поширення полум’я називається така температура рідини, при якій її насичена пара в окисному середовищі утворює концентрацію, рівну верхній межі поширення полум’я.

Нижня температурна межа (НТМПП) поширення полум'я рідини дорівнює її температурі спалаху, яка прийнята за основу класифікації рідин за ступенем їх пожежної небезпечності.

Значення температурних меж поширення полум’я необхідно застосовувати при розробленні заходів щодо забезпечення пожежовибухо небезпеки об’єкту, при розрахунку пожежовибухонебезпечних температурних режимів роботи технологічного обладнання, оцінюванні аварійних ситуацій, пов'язаних з розливанням горючих рідин.

Для забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів, пов'язаних з використанням горючих рідин, а також при їх зберіганні чи транспортуванні значення роботах температур повинні бути дещо нижчими за нижню і дещо вищими за верхню температурну межу поширення полум’я:



де *tнд, tвб*- нижня і верхня безпечна температурна межа поширення полум’я.

Безпечні температурні межі поширення полум’я розраховують за формулами:

- нижня безпечна температурна межа поширення полум ’я:

tн6 ≤0,9(tH - Кб), °С;

- верхня безпечна температурна межа поширення полум ’я:

Tв6 ≤1,1(tв - Кб), °С;

де К6 - коефіцієнт безпеки, який для індивідуальних речовин та нафтопродуктів рівний 10,5 °С, а для технічних сумішей - 14 °С.

**5.6 Методика визначення температурних меж поширення полум’я**

Визначення температурних меж поширення полум’я за константами Антуана

Якщо відома залежність тиску насиченої пари від температури, то значення верхньої і нижньої температурної межі поширення полум'я визначають за відповідним значенням концентраційної межі поширення полум’я за формулою



де *tн(в)* - нижня (верхня) температурна межа поширення полум'я,°С;

*А, В, СА* - константи Антуана, які визначають за табл. А.4, додатку А.

*Ро* - атмосферний тиск, кПа;

- нижня чи верхня об’ємна концентраційна межа поширення полум’я, %.

**Приклад 5.1:**

Визначити температурні межі поширення полум’я, мурашиної кислоти (СН202) при стандартних умовах з використанням констант Антуана.

Вирішення.

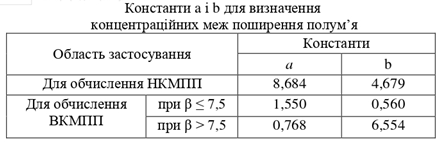
Визначаємо концентраційні межі поширення полум'я мурашиної кислоти апроксимаційним методом:

Складаємо рівняння реакції горіння мурашиної кислоти:

СН202 + 0,5(02 + З,76N2) = С02 + Н20+ 0,5\*3,76N2.

Звідси, β = 0,5.

З таблиці:



визначаємо коефіцієнти a та b для нижньої межі і визначаємо нижню концентраційну межу поширення полум’я:



З таблиці визначаємо коефіцієнти a та b для верхньої межі і визначаємо верхню концентраційну межу поширення полум’я:

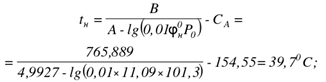


З таблиці 5.1визначаємо константи Антуана для мурашиної кислоти:

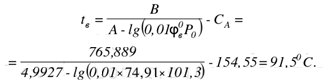
А = 4,9927; В = 765,889; СА = 154,55.

Визначаємо температурні межі поширення полум'я мурашиної кислоти:

- нижня температурна межа поширення полум’я:

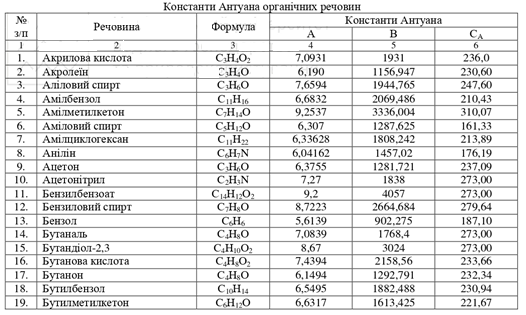


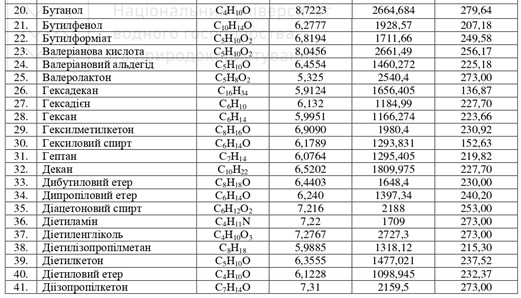
- верхня температурна межа поширення полум’я:



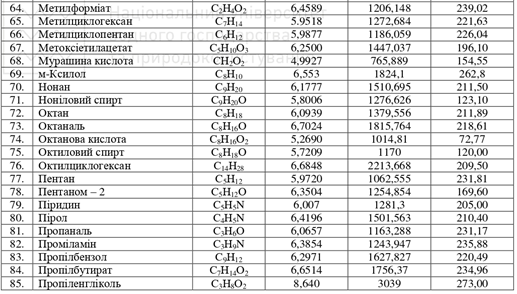
Відповідь: В області температур 39,7 - 91,5 °С - концентрація парів мурашиної кислоти буде вибухонебезпечною.

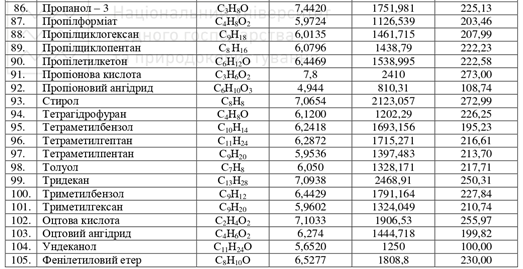
Таблиця 5.1



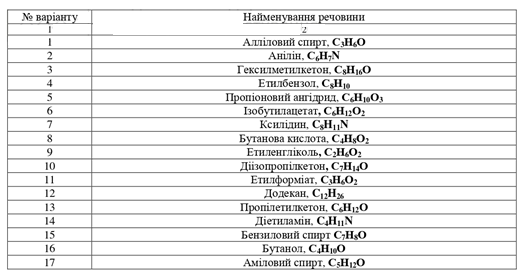








**Завдання:**Практична робота № 5. Визначити температурні межі поширення полум’я, при стандартних умовах з використанням констант Антуана.



Література: [1], [5]

**Практичне заняття №6**

**Визначення максимального тиску парів речовини**

*Мета*: ознайомити студентів з порядком визначення тиску вибуху в результаті чого вони мають:

*Ззнати* - поняття вибуху та його властивостей.

*Вміти* - визначати максимальний тиск вибуху.

6.1 Поняття тиску вибуху

Технологічні процеси, пов'язані із застосуванням чи синтезом горючих газів та рідин, можуть супроводжуватися утворенням сумішей горючих газів та парів з повітрям. Такі суміші є особливо небезпечними, оскільки можуть спровокувати виникнення пожеж та вибухів.

Горючі гази та пари, які знаходяться у закритій посудині чи апараті, не змішані з повітрям, не здатні горіти. Якщо ж такі пари і гази випустити з посудини в атмосферу і в місці витоку їх підпалити, то вони горітимуть у вигляді факела. В цьому випадку швидкість горіння набуває максимальних значень. Згоряння сумішей з такою швидкістю супроводжується виділенням значної кількості тепла за одиницю часу і, відповідно нагріванням продуктів горіння до високої температури.

Вибух - це надзвичайно швидке хімічне або фізичне перетворення речовин, що супроводжується виділенням великої кількості теплової енергії, газів, ж наслідок, різким зростанням тиску і виникнення ударної (вибухової) хвилі, що в результаті призводить до травмування людей, виникнення пожеж та руйнування конструкцій.

Виходячи з процесів, що викликають вибух, розрізняють фізичний, хімічний та ядерний вибухи. У курсі вивчення дисципліни мова йдеться про хімічні вибухи, тобто ті, що пов’язані з горінням.

Вибух складається з трьох стадій:

1. перетворення хімічної енергії реакції на теплову енергію;
2. перетворення теплової енергії на енергію сильно стисненого

газу;

1. поширення стисненого газу у вигляді ударної хвилі.

Горюче середовище може спалахнути не лише при введенні його в нагріту посудину. Можливий і інший режим займання, вже не самовільного, а вимушеного - при нагріванні горючого середовища в посудині з холодними стінками шляхом швидкого стиснення. При достатньому нагріванні починається реакція, що самоприскорюється, тобто відбувається тепловий вибух. Таке спалахування унаслідок нагрівання адіабатичним стисненням інколи називають адіабатичним займанням.

В цьому випадку газ нагрівається внаслідок стиснення ударною хвилею, що виникає при швидкому згорянні.

До параметрів тиску вибуху, що враховуються при характеристиці речовин та матеріалів, відносять максимальний тиск вибуху і швидкість його наростання.

Під максимальним тиском вибуху розуміють найбільший тиск, який виникає при дефлаграційному згорянні найбільш пожежовибухонебезпечної газо-, паро-, пилоповітряної суміші у замкнутій посудині при її початковому тискові 101,3 кПа.

* 1. Методика визначення максимального тиску вибуху

Тиск при вибуху газоповітряної суміші в закритому об’ємі визначається температурою вибуху і відношенням числа молекул продуктів згоряння до числа молекул початкової суміші. При вибуху газових сумішей тиск в більшості випадків не перевищує 101,3 кПа, при умові, що початковий тиск суміші був нормальним.

Тиск при вибуху газоповітряних сумішей визначають за формулою:

 (6.1)

де Т0- початкова температура суміші, К

Твиб - температура вибуху, К;

Ро-початковий тиск суміші, кПа;

*nnг„*с - кількість молів продуктів реакції горіння, моль/моль;

*nnс* - кількість молів початкової суміші, моль/моль.

Максимальну температуру вибуху Тви6 розраховують за наступних припущень'.

- горіння протікає при стехіометричній концентрації *а*=1;

- початкова температура суміші дорівнює 298,15 К;

- відбувається адіабатичне горіння суміші при постійному об’ємі;

- відбувається повне згоряння речовини без дисоціації продуктів горіння.

Температура вибуху визначається за методом лінійної інтерполяції, як і температура горіння при постійному тискові. Відмінність полягає у тому, що при визначенні температури горіння при постійному тискові обрахунок проводять за тепловмістом продуктів горіння, а при розрахунку температури вибуху - за внутрішньою енергією продуктів вибуху:

 (6.2)

де Т1,Т2- температура вибуху в першому та другому наближенні відповідно, К;

*Uвиб* - внутрішня енергія вибуху суміші, кДж/моль;

*Uпг1, Uпг2* - внутрішня енергія продуктів вибуху при температурі Т1, і Т2 відповідно, кДж/моль;

Температуру вибуху в першому наближенні Т1 визначають за значенням середньої енергії продуктів вибуху *U*ср, ***орієнтуючись на внутрішню енергію N2 азоту***  ( Табл.6.1). Як і при визначенні температури горіння, температуру вибуху приймають дещо нижчою, ніж за азотом.

Таблиця 6.1

Внутрішня енергія горіння при постійному об’ємі

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура,  К | Внутрішня енергія продуктів горіння, кДж/моль | | | | | | | | |
| Повітря | CО2 | Н2О | N2 | НF | HCl | НВг | SO2 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27,35 | 67,90 | 64,06 |
| 298,15 | 6,24 | 6,93 | 7,49 | 6,25 | 6,18 | 33,57 | 74,10 | 42,19 |
| 400 | 8,39 | 10,11 | 10,11 | 8,39 | 8,31 | 35,71 | 76,20 | 75,61 |
| 600 | 12,74 | 17,37 | 15,53 | 12,68 | 12,52 | 39,96 | 80,50 | 83,28 |
| 800 | 17,36 | 25,64 | 21,43 | 17,21 | 16,78 | 44,32 | 85,00 | 91,83 |
| 1000 | 22,23 | 34,59 | 27,81 | 22,00 | 21,12 | 48,91 | 89,70 | 100,92 |
| 1200 | 27,34 | 44,02 | 34,73 | 27,03 | 25,61 | 53,73 | 94,70 | 110,33 |
| 1400 | 32,62 | 53,81 | 42,13 | 32,23 | 30,25 | 57,74 | 99,80 | 1 19,98 |
| 1600 | 38,05 | 63,87 | 49,97 | 37,58 | 35,08 | 63,94 | 105,10 | 129,77 |
| 1800 | 43,57 | 74,07 | 58,19 | 43,02 | 40,07 | 69,27 | 110,60 | 139,69 |
| 2000 | 49,18 | 84,46 | 66,77 | 48,55 | 45,19 | 74,74 | 116,20 | 149,70 |
| 2200 | 54,88 | 94,94 | 75,53 | 5,09 | 50,39 | 80,20 | 121,70 | 159,68 |
| 2400 | 60,63 | 105,54 | 84,64 | 59,75 | 55,75 | 85,84 | 127,50 | 169,77 |
| 2600 | 65,45 | 116,19 | 93,95 | 65,44 | 61,19 | 91,54 | 133,30 | 180,09 |
| 2800 | 72,30 | 126,94 | 103,46 | 71,15 | 66,72 | 97,33 | 138,90 | 190,41 |
| 3000 | 78,22 | 137,72 | 113,18 | 76,92 | 72,36 | 103,26 | 145,10 | 200,78 |
| 3200 | 84,16 | 148,55 | 123,04 | 82,70 | 78,03 | 109,05 | 151,00 | 211,24 |
| 3400 | 90,14 | 159,43 | 133,06 | 88,51 | 83,77 | 114,99 | 157,10 | 221,74 |
| 3600 | 96,15 | 170,36 | 143,21 | 94,35 | 89,58 | 120,98 | 163,10 | 232,34 |
| 3800 | 102,20 | 181,31 | 153,49 | 100,20 | 95,44 | 127,02 | 169,30 | 243,02 |
| 4000 | 108,26 | 192,31 | 163,91 | 106,07 | 101,34 | 133,09 | 175,40 | 253,70 |

Середню енергію продуктів вибуху визначають за формулою:

 (6.3)

де *Uвиб* - внутрішня енергія вибуху суміші, кДж/моль, визначається за формулою:

 (6.4)

де *QH* - нижня теплота згоряння, кДж/моль;

*R* - універсальна газова стала, 8,314 х 10-3 кДж/моль х К;

*Т0*- початкова температура суміші, К;

n - різниця між числом молів продуктів горіння та початкової суміші, моль/моль.

Для визначення температури вибуху в другому наближенні Т2, необхідно порівняти значення середньої енергії продуктів вибуху при температурі 7/ зі значенням енергії вибуху:



Внутрішню енергію продуктів вибуху при температурі T1і Т2 визначають за формулою:



де *Unгі(2)* - внутрішня енергія і-го компонента продуктів згоряння при температурі Т1і Т2 відповідно, кДж/моль;

n*пгі* - кількість молів і-го компонента продуктів згоряння, моль/моль.

**Приклад 6.1:**

Визначити максимальний тиск при вибуху парів метилацетату (С3H602), якщо початкова температура суміші 20 °С, а тиск становить 100 кПа. Теплота утворення метилацетату за табл. 4.3, 

**Вирішення:**

Складаємо рівняння реакції горіння метилацетату:



Визначаємо теоретичне число молів продуктів горіння:

n*nгі* = 3 + 3 + 3,5x3,76 = 19,16 моль/моль.

Визначаємо теоретичне число молів початкової суміші:

nnc= 1 + 3,5x4,76 = 17,66 моль/моль.

Визначаємо нижчу теплоту згоряння метилацетату:



Визначаємо різницю між числом молів продуктів горіння та початкової суміші:



Визначаємо внутрішню енергію вибуху горючої суміші:



Визначаємо середню енергію продуктів вибуху *Uвиб*:



Орієнтуючись на внутрішню енергію нітрогену, визначаємо температуру вибуху у першому наближенні за (Табл 6.1):

Т1 = 3000 К.

Визначаємо внутрішню енергію вибуху при температурі вибуху Т1.



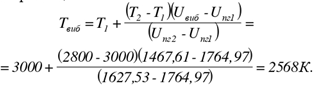
Визначаємо температуру вибуху у другому наближенні Т2. Враховуючи те, що внутрішня енергія продуктів вибуху при температурі Т1 виявилася більшою за енергію початкової суміші, то температура Т2 повинна бути меншою за Т1. Отже:

Т2 = 2800 К.

Визначаємо внутрішню енергію продуктів вибуху при температурі Т2:



Визначаємо температуру вибуху за допомогою методу лінійної інтерполяції:



Визначаємо максимальний тиск вибуху метилацетату:



Відповідь: максимальний тиск вибуху парів метилацетату при початковій температурі суміші 20 °С та тискові 100 кПа становить 950,9 кПа.

**Завдання.** Практична робота № 6. Визначити максимальний тиск при вибуху парів речовини при заданих умовах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варіанту | Найменування речовини | | Т емпература суміші, °С | Тиск,  кПа |
| і | 2 | | 3 | 4 |
| 1 | Амілацетат, С7Н1402 | Циклопентанол, С^НюО | 15 | 102 |
| 2 | Гексилметилкетон, СхНібО | Фенілетиловий етер, СхНюО | 10 | 105 |
| 3 | Діоксан, С4Н8О2 | Ундеканол, С11Н24О | 20 | 103 |
| 4 | Бутанол, С4Н10О | Тетрагідрофуран, С4Н80 | 25 | 100 |
| 5 | Етилформіат, СзНбОг | Пропіонова кислота, СзНбОг | 15 | 104 |
| 6 | Пропілформіат, С4Н8О2 | Оцтова кислота, С2Н4О2 | 12 | 105 |
| 7 | Бутилметилкетон, СбНпО | Ноніловий спирт, С9Н20О | 20 | 102 |
| 8 | Метилформіат, С2Н4О2 | Метоксиетилацетат, С5Н10О3 | 25 | 100 |
| 9 | Бутаналь, С4Н80 | Пропіленгліколь, СзН802 | 15 | 106 |
| 10 | Валеріановий альдегід, С5Н10О | Мурашина кислота, СН2О2 | 17 | 105 |
| 11 | Оцтовий ангідрид, С4Н6О3 | Метилформіат, С2Н4О2 | 20 | 102 |
| 12 | Метоксиетилацетат, С5Н10О3 | Пентанол-2, С5Н12О | 27 | 100 |
| 13 | Акролеїн, С3Н4О | Нонілацетат, С11Н22О2 | 15 | 101 |

Література: [1], [5].

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 14 | Метилпропілкетон, С^НюО | Метилпропілкетон, С5Н10О | 10 | 105 |
| 15 | Пропанол-3, СзНхО | Крезол, С7Н8О | 20 | 102 |
| 16 | Бутанон, СДІяО | Пропілбутират, С7Н14О2 | 27 | 103 |
| 17 | Метилбутират, С5Н10О2 | Метилпропіонат, С4Нх02 | 15 | 101 |
| 18 | Гексиловий спирт, СбНнО | Пропаналь, СзНбО | 12 | 105 |
| 19 | Бутилформіат, С5Н10О2 | Метилциклогексилстеарат,  С25Н48О2, | 20 | 102 |
| 20 | Ацетон, СзНбО | Пропілетилкетон, СбНігО | 25 | 100 |

**Практичне заняття № 7**

**Тема:** **Визначення параметрів розвитку пожежі та необхідних витрат вогнегасних речовин**

*Мета*: ознайомити студентів з порядком визначення параметрів розвитку та припинення пожежі в результаті чого вони мають:

*Знати* - основні параметри розвитку пожеж та порядок їх визначення; поняття вогнегасних речовин, їх класифікації і механізму впливу на горіння.

*Вміти* - визначати параметри пожеж на певних періодах їх розвитку; питому витрату та теоретично необхідну інтенсивність подачі води та мінімальну флегматизуючу концентрацію вогнегасних речовин.

**7.1 Основні параметри розвитку пожеж та їх визначення**

Пожежа - позарегламентний процес знищування або пошкоджування вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля.

Особливості процесу займання речовин і матеріалів, що є перевісником пожежі, обумовлюються, перш за все, їх фізико- хімічними властивостями (параметрами пожежної небезпеки), властивостями джерел запалювання та умовами оточуючого середовища (наявністю достанього припливу повітря і перевагою теплонадходжень над тепловтратами). У створенні умов для горіння окремих речовин та матеріалів і розвитку цього процесу шляхом переходу на оточуючі горючі предмкти закладена головна особливість виникнення пожежі.

Пожежа є складним фізико-хімічним процесом, що включає крім горіння явища масо- і теплообміну, що розвивається в часі і просторі. Ці явища взаємозв'язані і характеризуються параметрами пожежі: швидкістю вигоряння, температурою і т.д. і визначаються поряд умов, багато з яких носить випадковий характер.

Таким чином, на пожежах відбуваються різні явища, взаємопов'язані одне з одним. Вони протікають на основі загальних фізико-хімічних і соціально-економічних законів, характеризуються відповідними параметрами, знання яких дозволяє визначити кількісні характеристики кожного явища, необхідні для якісної оцінки обстановки на пожежі та ухвалення оптимального рішення на його гасіння.

Особливості розвитку пожежі визначаються основними факторами: кількістю теплоти, що виділяється при пожежі і величиною тепловтрат. Перший фактор переважно залежить від кількості повітря, що поступає в зону горіння, а при його достатній кількості - від кількості, властивостей, характеру розподілу горючих речовин та матеріалів. Другий фактор в основному визначається конструкцією будівлі і особливостями гасіння пожежі і мало залежить від пожежного навантаження (загального теплового потенціалу, що враховує кількість горючих речовин і матеріалів, що припадають на 1 м2 площі підлоги приміщення або споруди). Пожежною характеристикою конструкції будівлі (без урахування властивостей матеріалів і їх конструктивних особливостей) є:

- розмір і форма будівлі;

-розмір і форма вікон та дверей;

- вид і конструктивні особливості систем вентиляції.

Для того, щоб пожежу описати і порівняти з іншими, необхідні певні параметри, за якими пожежі можна було б характеризувати. Розглянемо найбільш інформативні з них.

Тривалістю пожежі  (хв.) називають час із моменту її виникнення до повного припинення горіння.

Площею пожежі Sn(м2 ) називають площу проекції зони горіння на горизонтальну або вертикальну площину. У більшості випадків зону горіння проектують на горизонтальну площину. Проекцію на вертикальну площину використовують при горінні газових фонтанів, тонких вертикальних об’єктів (перегородок, стендів) тощо. У багатоповерхових будинках площу пожежі визначають як суму площ пожеж на окремих поверхах.

Температура пожежі Тn (К) або tn (°С) в огородженні - це середня об’ємна температура у приміщенні, тобто температура, до якої нагріваються продукти горіння всередині приміщення. Температура пожежі на відкритому просторі - це температура полум'я. Температура на відкритому просторі в загальному випадку більша за температуру пожежі в огородженні.

Лінійна швидкість поширення полум’я Vл - це швидкість поширення полум’я по поверхні горючого матеріалу, тобто відстань, яку проходить фронт горіння за одиницю часу. Залежить цей параметр від природи горючої речовини і ступеня її подрібненості, початкової температури, умов газообміну. Під час навіть однієї пожежі лінійна швидкість поширення полум'я не лишається постійною, тому користуються приблизними середніми значеннями. Найбільшою швидкість поширення полум’я є для газів, які не вимагають великої, підготовки до горіння. У рідинах вона трохи менша, оскільки їх треба підігріти до температури кипіння і випарувати. Найменша швидкість поширення полум’я спостерігається у твердих речовинах: їх перед горінням треба нагріти, розплавити або розкласти і випарувати.

Теплота пожежі Qn (кДж/м2с) характеризує кількість тепла, що виділяється в зоні горіння за одиницю часу:

 (7.1)

де βхн - коефіцієнт хімічного недопалу;

Vм - зведення масова швидкість вигоряння, кг/м.с;

Sn - площа пожежі, м2;

Qn- нижча теплота згоряння, кДж/кг.

Питома теплота пожежі Qn(кДж./м2с) показує, яка кількість тепла виділяється за одиницю часу з одиниці площі пожежі:

 (7.2)

Коефіцієнт хімічного недопалу визначається залежно від кількості повітря, необхідного для повного спалювання маси горючого матеріалу:

|  |  |
| --- | --- |
| Vn м3/кг | βхн |
| >10 | 0,80-0,90 |
| 5-10 | 0,90-0,95 |
| <5 | 0,95-0,99 |

Параметр “теплота пожежі” характеризує розміри пожежі. Питома теплота пожежі характеризує інтенсивність виділення тепла одиницею площі даної пожежі. Близький до останнього ще один

параметр - теплонапруженість. Він характеризує потужність горіння в зоні пожежі і показує, яка кількість тепла виділяється за одиницю часу одиницею об’єму пожежі:

 (7.3)

*Інтенсивністю газообміну* *Іг* (кг/м2с) називається кількість повітря, що надходить за одиницю часу до одиниці площі пожежі. Розрізняють потрібну *Ігпотр* і *Ігф* фактичну, інтенсивність газообміну. Потрібна - показує, яка кількість повітря повинна подаватися за одиницю часу до одиниці площі пожежі для забезпечення повного спалювання матеріалу. В умовах пожежі повне згоряння ніколи не досягається, навіть тоді, коли є надлишок повітря. Тому цей параметр є теоретичним, свого роду точка відліку. Фактична інтенсивність газообміну відбиває фактичну доставку повітря до пожежі. Цей параметр визначає повноту згоряння, густину задимлення, інтенсивність розповсюдження пожежі та ін. Обидва параметри інтенсивності газообміну мають сенс тільки при застосуванні до пожеж в огородженнях (до внутрішніх пожеж), коли доступ повітря можна оцінити за розмірами отворів. У випадку пожежі на відкритому просторі оцінити приток повітря неможливо.

*Інтенсивність, або густина, задимлення* *z* (г/м3) характеризує погіршення видимості і ступінь токсичності атмосферного повітря в зоні задимлення. Він визначається за товщиною шару диму, крізь який вже не видно світла еталонної лампи, або за кількістю твердих частинок, яка міститься в одиниці об’єму.

Крім тих параметрів пожеж, що перелічені, користуються ще такими, ж: периметр пожежі, фронт поширення горіння, висота полум’я, інтенсивність випромінювання та ін. Значення кожного з них зрозуміле з назви параметра.

Кожен із параметрів пожежі не є таким, що існує сам по собі. Кожен із них залежить від інших і, у свою чергу, впливає на інші. Наприклад, температура пожежі залежить і від типу матеріалу, і від умов газообміну. Умови газообміну не в останню чергу залежать від розмірів пожежі та кількості горючої речовини, яка ще не згоріла. Остання залежить від швидкості вигоряння матеріалу і величини пожежного навантаження. Швидкість же вигоряння залежить від швидкості хімічної реакції окислення, яка, у свою чергу, експоненціально залежить від температури, і т. д.

Крім того, що параметри пожежі взаємопов'язані, вони під час пожежі ще й не лишаються постійними, вони динамічні. Під динамікою пожежі розуміють зміну основних параметрів пожежі в часі і просторі.

Одним із основних параметрів, є площа пожежі *Sn*. Площа пожежі залежить від місця виникнення та форми пожежі. Розрізняють кругову, прямокутну та кутову форми пожежі (рис. 7.1). Якщо пожежа виникає у центрі будівлі, то спочатку набуває кругової форми, а досягнувши однієї із стін будівлі, перетворюється на прямокутну. В процесі горіння площа пожежі збільшується. Для визначення площі пожежі в певний момент часу необхідно враховувати відстань R, на яку розповсюджується горіння до цього моменту часу.

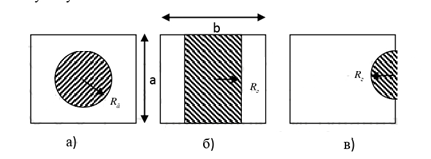
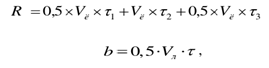


Рисунок 7.1. Можливі форми розвитку пожежі

Дані для розрахунку параметрів пожежі (площа, периметр, фронт)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Форма площі пожежі | | |
| кругова | кутова | прямокутна |
| Площа пожежі |  |  |  |
| Периметр  пожежі |  |  |  |
| Фронт пожежі |  |  |  |
| Лінійна  швидкість  поширення  горіння |  | |  |
| Швидкість наростання площі пожежі |  | | |
|  |  |  |
| Швидкість  наростання  периметру  пожежі |  | |  |
|  |  |
| Швидкість наростання фронту пожежі |  | | Не змінюється |
|  |  |
| Площа горіння |  | | |

де R, b - відповідно приведені радіус і довжина площі пожежі, визначають за допомогою вимірювань або при тривалості пожежі від початку гасіння до моменту локалізації пожежі за формулами:



де Vл -лінійна швидкість поширення полум’я, м/хв.

(обчислюють за даними оцінки обстановки пожежі або визначають за довідниковими даними - табл. 7.1);

 - тривалість розповсюдження горіння у перші 10 хв.;

 - тривалість розповсюдження горіння від 10 хв. до моменту початку гасіння;

 - тривалість розповсюдження горіння від початку гасіння до моменту локалізації пожежі.

α- кут, всередині якого відбувається розвиток пожежі, рад (1рад~57,29°);

n - кількість напрямків розвитку пожежі в горизонтальній проекції;

 - коефіцієнт горючого завантаження чи забудови, який менший за 1 (приймається за даними характеристики об’єкту).

Таблиця 7.1

Лінійна швидкість поширення горіння під час пожеж на різних об’єктах

|  |  |
| --- | --- |
| Назва об'єкта | Швидкість, м/хв. |
| Адміністративні будівлі | 1,0- 1,5 |
| Бібліотеки, книгосховища, архіви | 0,5- 1,0 |
| Деревообробні підприємства:  -лісопильні цехи (будівлі І-ІІІ ступенів вогнестійкості)  -ці ж будівлі IV і V ступенів вогнестійкості  -сушарки  -заготівельні цехи  -виробництво фанери | 1,0-3,0  2,0-5,0  2,0-2,5  1,0-1,5  0,8- 1,5 |
| Житлові будинки (І-ІУ ступенів вогнестійкості) | 0,5 - 0,8 |
| Коридори і галереї | 4,0-5,0 |
| Кабельні споруди | 0,8- 1,1 |
| Музеї і виставки  Театри, Палаци культури (сцена) | 1,5  3,0 |
| Об’єкти транспорту:  -гаражі, трамвайні і тролейбусні депо;  -ремонтні зали ангарів | 0,5- 1,0  1,0- 1,5 |
| Підприємства текстильної промисловості:  -приміщення текстильного виробництва;  -те ж саме за наявності на конструкціях шару пилу;  -волокнисті матеріали у зрихленому стані. | 0,5- 1,0  1,0-2,0  7,0-8,0 |

**Приклад 7.1:**

Визначити геометричні параметри пожежі на t= 3; 5 та 10 хв. розвитку пожежі в приміщенні довжиною 20 м і шириною 25 м, якщо лінійна швидкість 1,2 м/хв. Пожежа виникла біля стіни та розвивається в безмежно довгий простір.

Вирішення.

Визначаємо радіус розвитку пожежі на 3-й хвилині:

R = 0,5 х Vл х t = 0,5 х 1,2 х 3 = 1,8 м.

Визначаємо площу пожежі на 3-й хвилині:

Виходячи з прийнятого раніше місця виникнення пожежі, приймемо подальшу форму розвитку пожежі у вигляді півкола.



Радіус розвитку пожежі на 5-й хвилині:

R = 0,5 х Vл х t = 0,5 х 1,2 х 5 = Зм.

Визначаємо площу пожежі на 5-й хвилині:

Виходячи з того, що радіус розвитку пожежі менший значення довжини або ширини приміщення, форма пожежі залишається пів круглою.



Визначаємо радіус розвитку пожежі на 10-й хвилині:

R = 0,5х Vл х t =0,5 х 1,2 х 10 = 6м.

Визначаємо площу пожежі на 10-й хвилині:



Відповідь: радіус пожежі на 3, 5, 10 хвилинах становить 1,8; 3 та 6 м відповідно, а площа пожежі - 5,09; 14,13 та 56,52 м2.

**Завдання Практична робота № 7.**

Визначити геометричні параметри розвитку пожежі на х, у та z (хв.) в будівлі розмірами: довжина, а, ширина, b. Характеристика будівлі та місце виникнення пожежі вказано у таблиці.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варіанту | | Характеристика будівлі | | Розміри,м | | Час, хв. | | | Місце  виникнення  пожежі |
| Довжина,  а | Ширина,  b | X | У | Z |  |
| і | | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | | Адміністративна будівля | | 18 | 6 | 5 | 10 | 15 | центр |
| 2 | | Бібліотека | | 18 | 12 | 8 | 12 | 20 | кут |
| 3 | | Лісопильний цех (будівля II ступеню вогнестійкості) | | 24 | 12 | 5 | 10 | 20 | середина  ширини |
| 4 | | Сушарка пиломатеріалів | | 12 | 6 | 5 | 10 | 15 | кут |
| 5 | | Житловий будинок (будівля III ступеню вогнестійкості) | 10 | 10 | 5 | 10 | 15 | центр |
| 6 | | Музей | зо | 24 | 5 | 10 | 20 | центр |
| 7 | | Театр | 24 | 12 | 8 | 12 | 20 | середина  ширини |
| 8 | | Тролейбусне депо | 36 | 18 | 5 | 10 | 15 | центр |
| 9 | | Приміщення текстильного виробництва | 42 | 24 | 8 | 15 | 25 | кут |
| 10 | | Склад текстильних виробів | 36 | 12 | 7 | 12 | 20 | кут |
| 11 | | Склад гумовотехнічних виробів у будівлі | 24 | 18 | 5 | 10 | 15 | центр |
| 12 | | Склад матеріальних цінностей | 24 | 18 | 5 | 10 | 20 | середина  довжини |
| 13 | | Школа (будівля II ступеню вогнестійкості) | 54 | 18 | 7 | 12 | 20 | кут |
| 14 | | Лікарня(будівля IV ступеню вогнестійкості) | 36 | 12 | 7 | 15 | 25 | центр |
| 15 | | Цех виробництва фанери | 24 | 18 | 5 | 10 | 15 | середина  ширини |
| 16 | | Автомобільні гаражі | 54 | 12 | 5 | 10 | 20 | центр |
| 17 | | Склад льоноволокна | 30 | 24 | 5 | 12 | 20 | кут |
| 18 | | Лікарня(будівля І ступеню вогнестійкості) | 60 | 18 | 7 | 15 | 25 | Середина  довжини |

**7.2 Критичні параметри процесів горіння та способи їх** **припинення**

Пожежогасіння - це дії, спрямовані на припинення горіння у вогнищі пожежі, обмеження впливу небезпечних чинників пожежі та усунення умов для її самочинного повторення.

Під поняттям гасіння пожежі перш за все розуміють припинення горіння у всіх його видах і формах, та створення умов для попередження повторного відновлення горіння. Тобто, гасіння вогню - це фізична та (або) хімічна дія на вогонь задля припинення горіння.

Критичні умови та параметри горіння це ті за межами яких процеси горіння не можуть виникнути та існувати. Таких умов є багато але виділимо головні:

Концентраційні межі спалахування та поширення полум’я;

Температурні межі спалахування горючих рідин та твердих матеріалів;

Межі по тиску;

Критичні значення енергії запалювання;

Граничні швидкості поширення полум’я;

Граничні значення масової швидкості вигорання;

Граничні значення температур зони горіння.

Найбільший практичний інтерес представляють ті напрямки та

характеристики, які найдоступніші нашій дії і управлінню.

Це перш за все:

- концентраційні межі поширення полум’я;

- швидкість поширення полум’я;

- межі по теплоті згорання;

- температурні межі горіння.

Всі ці параметри тісно пов'язані один з одним. Дія на один з них автоматично тягне за собою зміну інших.

Отже, з точки зору теплової теорії погасання припинення горіння можна досягнути наступним чином:



Рис. 8.2 Способи припинення горіння

Звичайно, в реальних процесах пожежогасіння спрацьовують одночасно декілька механізмів, які доповнюють один одного. Конкретно дію кожного із цих механізмів, розрахунки граничних параметрів горіння та застосування різних вогнегасних засобів розглянемо нижче.

Отже, щоб загасити або попередити пожежу необхідно створити умови коли горіння стає неможливим у даній точці або даному місці. Для цього потрібно подіяти на одну із складових процесу горіння: горючу речовину, окисник або джерело запалювання (трикутник горіння).

Універсальним методом зниження передачі енергії є зниження температури горіння до значення, нижчого ніж температура погасання. Досягається це на основі чотирьох відомих *принципів припинення горіння*.

- охолодження зони горіння або речовини, що горить до певних температур;

-розбавлення речовин - учасників реакції горіння, тобто зниження їх концентрації (ж горючої речовини, так і окисника);

- ізоляція реагуючих речовин (горючого або окисника) від зони горіння;

- хімічне гальмування (інгібування) швидкості хімічних реакцій горіння;

- механічний зрив полум’я сильним струменем газу або води;

- створення умов вогнеиерешкодження, тобто таких умов, при яких полум'я розповсюджується через вузькі канали і при зменшенні перетину останніх до встановленої величини розповсюдження полум'я припиняється.

*Вогнегасна речовина* - це речовина або однорідна суміш, за своїми фізико-хімічними властивостями придатна до застосування в технічних засобах задля припинення горіння.

Разом з тим, для гасіння пожеж застосовують не всі речовини, а лише ті, що відповідають певним вимогам:

- володіти високим ефектом гасіння при порівняно малій витраті;

- бути доступними, дешевими і простими у застосуванні;

- не проявляти шкідливого впливу на людей, матеріали та довкілля.

У якості вогнегасник речовин застосовують: воду, що подають розпиленими або суцільними струменями; воду з добавками (змочувачі, добавки проти замерзання тощо); піну (хімічну, повітряно-механічну різної кратності); інертні газові розріджувачі (діоксид вуглецю), азот, аргон, відпрацьовані гази двигунів, водяна пара); галогенопохідні вуглеводнів (хладони 13В1, 12В1, 114В2); порошки; комбіновані склади.

Класифікують вогнегасні речовини за двома ознаками: за агрегатним станом і за механізмом дії.

За агрегатним станом розрізняють газоподібні, рідкі та тверді вогнегасні речовини.

До газоподібних відносяться: азот, аргон, діоксид вуглецю, а також відпрацьовані гази двигунів, найчастіше списаних двигунів літаків.

До рідких - вода та її розчини, а також хімічна і повітряно- механічна піна.

Тверді вогнегасні засоби - це природні сипучі матеріали (пісок, глина, земля), а також спеціальні порошкові суміші (ПС). До твердих можна віднести і снігоподібну вуглекислоту - заморожений до (-78,5) °С діоксид вуглецю.

За механізмом припинення горіння вогнегасні речовини відносять до тієї чи іншої групи:

- охолоджуючої дії - ті, що охолоджують зону реакції або горючі речовини (в основному вода і її розчини);

- розбавляючої дії - ті, що розбавляють речовини у зоні реакції горіння (інертні гази, відпрацьовані гази, водяний пар і ін.);

- ізолюючої дії - ті, що ізолюють речовини (горючі або окислюючі) від зони горіння (хімічна і повітряно-механічна піна, негорючі сипучі матеріали, листові матеріали і т.п.);

- інгібуючої дії - ті, що гальмують реакцію горіння, хімічно дезактивуючи активні радикали і йони (хладони, вогнегасні порошки і т. п.).

Класифікація вогнегасних засобів за механізмом припинення горіння є у деякій мірі умовною: кожен із таких засобів у певній мірі проявляє усі чотири ефекти - і охолодження, і розведення, і ізоляції, і хімічного інгібування. Чітко виділити частку дії, сказати, наприклад, що пісок проявляє на 64% охолоджуючий ефект, на 24% ізолюючий, на 7% ефект розведення і на 5% хімічного гальмування - неможливо. Але, як правило, один з ефектів для кожної речовини виражений набагато виразніше, ніж інші, тобто є домінуючим (створюються умови для досягнення абсолютної межі згасання, а решта сприяють цьому і комплексно забезпечують ефективність процесу ліквідації горіння).

Залежно від умов, одна і та ж вогнегасна речовина може виявляти різну вогнегасну дію. Так, при гасінні металів порошки виявляють ізолюючу дію, а при гасінні вуглеводних горючих - інгібуючу. У ряді випадків вогнегасні речовини несумісні з речовинами, що горять(вода реагує з вибухом з лужними металами, деякими металоорганічними сполуками тощо).

Усі способи пожежогасіння підрозділяють на поверхневе гасіння (подача вогнегасннх речовин безпосередньо у вогнище пожежі) і об’ємне (створення в осередку пожежі газового середовища, що не підтримує горіння). Для поверхневого гасіння застосовують, які можна подавати у вогнище пожежі на відстані (рідини, піни, порошки). Об’ємне гасіння можна застосовувати у обмеженому просторі (приміщеннях, відсіках, галереях, підвалах тощо) і для цього необхідні такі вогнегасні речовини, що можуть розподілитися у оточуючому середовищі об’єму (інертні газові розріджувачі, хладони, порошки, комбіновані склади). Об’ємне гасіння, крім того, застосовується для попередження утворення вибухонебезпечних сумішей шляхом розведення середовища в об’ємі, що захищається, до такого вмісту в ній розріджувача (флегматизатора), при жому це середовище буде поза областю займання незалежно від концентрації горючої речовини (газу чи суспензії).

**7.3 Охолоджуючі вогнегасні речовини і механізм припинення ними горіння**

Основний механізм припинення горіння вогнегасними

речовинами охолоджуючої дії полягає в охолодженні зони хімічної реакції, і як наслідок зменшення швидкості реакції та зниження тепловиділення. Охолодження зони реакції спостерігається при будь-якому механізмі припинення горіння.

Найбільш повноцінно охолоджуюча вогнегасна речовина використовується при безпосередньому охолодженні зони горіння, зони хімічної реакції. Охолодження учасників реакції - горючої речовини і окисника (повітря) має менше значення. Разом з тим, охолодження горючих речовин (твердих та рідких) призводить до попередження утворення та виходу горючих парів. Дія окисника від температури практично не залежить, так ж зміна тепловмісту повітря на фоні теплового ефекту реакції горіння практично непомітна. Охолодження газоподібних речовин недоцільне, оскільки горючі гази горять при будь-якій початковій температурі.

Деякий сенс має охолодження рідин. Але не тому, що змінює їх тепловміст, а тому, що зниження температури викликає зниження тиску насиченої пари рідини і, відповідно, зниження концентрації парів у повітрі. Охолодивши рідину до температури, нижчої НТМПП, можна досягти згасання полум'я по причині відсутності у зоні горіння достатньої кількості парів.

Те ж саме стосується охолодження перед фронтом полум’я поверхні твердого горючого матеріалу. Завджи зниження температури в зоні горіння - уповільнюється нагрів цього матеріалу до температури піролізу (розкладу) і, отже, попереджається вихід у зону горіння газоподібних горючих речовин. У випадку ж гетерогенного горіння, охолодження поверхні взагалі співпадає з охолодженням зони горіння, так ж при гетерогенному процесі горіння, поверхня горючого матеріалу і є зоною, де протікає хімічна реакція окислення.

У найбільшій мірі механізму гасіння охолодженням відповідають вода і її розчини. Застосуванню води, ж засобу гасіння пожеж сприяють її властивості і поширеність. Основною перевагою води є велике значення теплоти її випаровування - більше 2200 кДж/кг. Випаровуючись, кожен 1 кг води забирає від зони горіння або від матеріалу, що охолоджується більше 2200 кДж тепла. Крім того, навіть просто нагріваючись до певної температури, вода забирає помітну кількість тепла. Теплоємність води складає 4,187 кДж/кгхград. Це означає, що кожен кілограм води при нагріванні лише на 1 °С забирає більше 4 кДж теплоти. Крім охолоджуючого ефекту, вода діє, і ж флегматизуючий засіб: 1 кг рідкої води займає об’єм 1 л, а 1 кг водяної пари - 1700 л.

*Переваги води*, як вогнегасної речовини:

- має велику теплоту випаровування і відносно велику теплоємність, у результаті чого, відводить тепло швидше і з більшою ефективністю, ніж будь-який інший засіб;

- широко розповсюджена і має порівняно невелику вартість;

-при транспортуванні не вимагає якихось запобіжних заходів захисту: випадкові виливи води ні до жих негативних наслідків не призводять;

- у вигляді струменю може подаватися на досить великі відстані, не вимагаючи обов’язкового наближення персоналу до зони горіння. Має задовільну проникаючу здатність у місця, які важкодоступні для інших засобів, наприклад для порошків;

- не отруйна і у більшості випадків хімічно нейтральна. Дає змогу за допомогою насосів великого тиску передавати на значні відстані енергію для руйнування певних конструкцій із метою

забезпечення доступу до осередку горіння;

- змочування водою, зволоження поверхонь і ділянок перед фронтом полум’я дозволяє затримати, а іноді і повністю попередити, поширення полум’я.

*Недоліки:*

- не гасить пожежі рідких легколетючих сполук, температура кипіння яких нижча за 80 - 90 °С;

- існують речовини, які змішуючись з водою реагують з виділенням великої кількості тепла (лужні метали, сірчистий ангідрид і ін.).

- має досить високу температуру застигання (0 °С), а пожежі доводиться гасити і зимою. Поки вода тече з певною швидкістю, вона при даній мінусовій температурі не застигає, Але варто на кілька хвилин зупинити насос, припинити подачу, ж утворюється льодяна кірка, а потім і льодяний корок. При застиганні, вода, на відміну від органічних рідин, збільшує об’єм на 9%, Тиск, що розвивається при цьому, розриває не тільки гумові і лляні чи синтетичні рукави, а навіть металеві труби та корпуси;

^- деревина, папір, тканина і деякі інші волокнисті матеріали адсорбують і утримують велику кількість води, у результаті чого стають дуже важкими. Це не тільки псує речі, а може викликати небезпечний обвал конструктивних елементів будівлі;

- має високий поверхневий натяг - 72,8 1 О-3 Дж/м2 (тверді та особливо пористі матеріали, бавовна, льон, промаслені поверхні, поверхні пилу гуми, пилу бурого вугілля та інші погано змочуються водою і погано пропускають її всередину).

Повністю забороняється використовувати воду для гасіння:

- легких металів, задля небезпеки утворення гримучого газу (суміш кисню з воднем, який утворюється в наслідок взаємодії металу з водою);

- карбідів металів, внаслідок небезпеки утворення ацетилену;

- металоорганічних сполук, внаслідок утворення горючих вуглеводнів;

- розпечених до білого кольору металів і вугілля, так, як вода при таких умовах може розкластися на водень і кисень, жі можуть утворити гримучий газ, або кисень може утворити з карбоном чадний газ.

Надзвичайно обережно необхідно підходити при використанні води для гасіння:

- рідин, що мають питому густину, меншу за питому густину води - ці рідини водою розносяться на більшу площу, продовжуючи горіти, (гасити їх можна лише тонкорозпиленою водою);

- пожеж пилоподібних матеріалів (їх теж можна гасити лише тонкорозпиленою водою, так ж суцільний струмінь може підняти аерогель у повітря, перетворивши його на аерозоль і викликати вибух);

-тліючих мас у закритих приміщеннях (внаслідок раптового випаровування великої кількості води і утворення великої кількості водяної пари можна отримати опіки);

- рідин у резервуарах (суцільний струмінь води, потрапивши у розпечене середовище, випаровується з вибухом);

- особливо обережно слід підходити до гасіння водою електричних мереж і електрообладнання. Краще всього їх знеструмити або вимкнути їх живлення. Лише при неможливості відключення живлення і відсутності інших засобів гасіння, виконуючи певні правила, для гасіння пожеж під напругою можна застосовувати воду. Необхідно враховувати, що чим довший струмінь води і чим менший його діаметр, тим більший його електричний опір, тобто тим менша його електропровідність. Тому, чим більший діаметр насадки ствола, тим більшою буде і безпечна відстань з жої можна гасити пожежу. Наприклад, при напрузі у мережі 110 В, застосовуючи ствол з насадкою діаметром 7 мм - гасити пожежу водою можна з відстані 0,5 м; для ствола з насадкою 30 мм - відстань має бути не менше 2 м. При напрузі 220 В і тих же діаметрах насадок - ці відстані збільшуються відповідно до 0,6 м і 2,6 м; а при напрузі у 6000 В (6 кВ) - до 2,5 і 12 м. Разом з тим, у будь-якому випадку пожежний ствол має бути заземленим.

Для модифікації тих чи інших вогнегасних та фізичних властивостей води, для покращання того чи іншого показника готуються водні розчини.

Для збільшення морозостійкості до води додають солі або органічні речовини, наприклад спирти. Найчастіше в якості добавок використовуються поташ (К2С03), магній хлорид (МgС12), кальцій хлорид (СаС12), етиленгліколь (НОСН2СН2ОН). Зниження точки замерзання водного розчину залежить від природи добавки та її кількості.

Температура замерзання розчинів натрій хлориду (харчової солі, NаСІ) становить: (-2) °С для 3% -ного; (-3) °С для 5% -ного; (-4) °С для 7% -ного і (-21) °С для 22% -ного розчину.

Температура замерзання розчинів кальцій хлориду (СаСl2): (-2) °С для 5% -ного; (-15) °С для 20% -ного і до (-51) °С для 30% -ного розчину.

Температура замерзання сумішей води з етиловим спиртом:

- -4 °С для 1 0% - ного;

- -8 °С для 17% - ного;

- -25 °С для 36% - ного;

- -30°для 40% -ного;

- -37 °С для 50% - ного;

- -49 °С для 60% - ного вмісту спирту.

Температура замерзання сумішей води з етиленгліколем (1,2- етан-діолом):

- -4 °С для 10% -ного;

- -10 °С для 26%-ного;

- -20 °С для 36%-ного;

- -30 °С для 46% -ного;

- -50 °С для 58% -ного;

- -60 °С для 63% -ного вмісту.

Застосування солей має і позитивні негативні наслідки. Добавка невеликих кількостей деяких солей (1 - 5%) за рахунок додаткового інгібуючого ефекту викликає зниження часу гасіння у два - три рази. Подальше збільшення концентрації солі ефекту не дає. Підвищення вогнегасної дії за рахунок добавок солей пояснюється їх інгібуючою дією (скоріше всього каталітичним впливом на реакцію обриву ланцюга при реалізації ланцюгового механізму горіння). З іншого боку, добавки солей і неіоногенних речовин підвищують вартість води як вогнегасного засобу. Крім того, більшість із цих добавок викликає корозію ємrостей при зберіганні розчинів і обладнання.

Для збільшення проникання води, для того, щоб вона затримувалася на поверхнях, а не витікала з них без всякої користі до води додають змочувачі. Змочувачі - це речовини, які відносяться до поверхнево-активних. Найважливіша їх особливість - зниження поверхневого натягу води. Найпростіші змочувачі - поверхнево-активні речовини (ПАР) - сульфонали, сульфоноли НП- 1, НГІ-3, змочувачі ДБ, НБ, ОП-7, ОП-10, мило, пральні порошки і піноутворювачі (ПО). Крім того, використовують полімерні нейоногенні сполуки, переважно поліетиленгліколі (поліоксиетилени) різного ступеню полімеризації. Застосування змочувачів ефективне тоді, коли розчин досягає поверхні, що горить. У зоні полум’я вода з розчину випаровується, тому при подачі розчину безпосередньо у полум'я - ніякого додаткового афекту від змочувана не спостерігається. Найбільший ефект досягається при гасінні бавовни в кіпах, сіна та соломи в стіжках, паперу і деревної тирси. Звичайна концентрація змочувача становить 0,5 - 2%.

Для зменшення розтікання у воду добавляють добавки, що підвищують її в'язкість (натрійкарбоксіметилцелюлоза).

Добавки змочувачів, як і добавки антифризів, збільшують вартість вогнегасних засобів. Більшість із них сприяє корозії, а деякі мають і токсичні властивості. Окрім того, вода зі змочувачами викликає великі опори в пожежних рукавах; з неї не можна отримати дрібно розпилені струмені; поверхні стають слизькими і утруднюється їх прибирання.

Механізм припинення горіння водою і водними розчинами, здебільшого полягає у зниженні в осередку горіння температури до такої, при якій подальше поширення горіння стає неможливим, тобто до 600-700 °С.

**7.4 Ізолюючі вогнегасні речовини і механізм припинення ними горіння**

Механізм припинення горіння за допомогою ізолюючі вогнегасник речовин базується на створенні ізолюючого шару між зоною горіння і горючим матеріалом, або між зоною горіння і повітрям. До вогнегасник речовин які діють за ізолюючим механізмом, відносяіь рідкі вогнегасні речовини (піни, вода та її розчини), негорючі сипучі матеріали (вогнегасні порошки, пісок, тальк, флюси, графіт і т.п.), газоподібні вогнегасні речовини (продукти вибуху), тверді листові матеріали (азбестові, брезентові покривала, негорючі тканини, щити, листове залізо тощо). Основним засобом ізолюючої дії є хімічна та повітряно-механічна піна. Істотну роль відіграє також охолоджуюча дія вогнегасник пін, яка властива пінам, що містять велику кількість рідини (піни низької кратності).

Піни являють собою системи, які складаються з водних розчинів піноутворювачів і бульбашок карбон діоксиду або повітря.

Карбон діоксид здебільшого наповнює хімічні піни, а повітря - повітряно-механічні.

*Хімічні піни* - одержуються з двох розчинів чи розчину і порошку, або з двох порошків у потоці води. Одним із вихідних компонентів такої піни є водний розчин кислоти (іноді порошковий алюміній сульфат), другим - порошок бікарбонату або карбонату натрію. До кислого компоненту додають поверхнево-активну речовину (піноутворювач). При взаємодії між собою кислий і карбонатний компонент виділяють карбон діоксид, а у присутності поверхнево- активної речовини і води утворюється велика кількість піни.

Пожежні підрозділи застосовують повітряно-механічні піни, які отримують у повітряно-пінних стволах або генераторах піни. При цьому концентрат піноутворювача дозують у потік води інжекційним способом. Повітря ж або засмоктується крізь спеціальні отвори в пожежних стволах, або подається примусово, у стисненому вигляді.

Першим способом головним чином одержують *піни низької* (до 10) та *середньої кратності* (10 - 200). Тобто з відносно невеликим співвідношенням об’єму піни до об’єму розчину, з якого вона отримується. Існують піни з кратністю більше 200 - піни високої кратності. Піни низької кратності застосовують для гасіння нафтопродуктів, середньої кратності - для гасіння легкозаймистих рідин, а *високої кратності* - для гасіння легкозаймистих рідин великих площ та об’ємів (застосовують рідко через малу стійкість і складність подачі).

Для отримання повітряно-механічних пін застосовують, спеціальні піноутворювачі потужні генератори і примусове нагнітання повітря. Таке нагнітання можна організувати або від компресора або з балону зі стисненим повітрям. Балонний спосіб у наш час використовується у ручних вогнегасниках та пересувних повітряно-пінних генераторах.

В якості піноутворювачів застосовують речовини однієї з двох іруп: або біжові природні або синтетичні.

Домінуючим ефектом гасіння пожеж є ізолююча дія піни. Але крім того, піна досить помітно і охолоджує зону горіння.

*Переваги пін*, як вогнегасних речовин:

1.Піна діє на поверхню горіння і дозволяє покривати цю поверхню поступово, по дільницях, не вимагаючи одночасного перекриття всієї площі горіння, здатна захищати поверхню більш- менш тривалий час.

2.Піна, порівняно з водою, має набагато кращу змочувальну здатність. Вода, що входить до складу піни, розподіляється рівномірно і використовується саме там, де необхідно.

**7.5 Припинення горіння засобами розбавляючої дії**

Припинення горіння шляхом введення в зону реакції негорючих речовин застосовуються такі вогнегасні речовини (флегматизатори), які здатні розбавити або горючу речовину до негорючих концентрацій, або знизити вміст кисню повітря до концентрацій, що не підгримують горіння.

Флегматизуючі засоби знижують концентрацію реагуючих речовин в об’ємі, тобто діють на весь об’єм одночасно.

Об’ємне гасіння являється одним з найбільш ефективних способів пожежного захисту, так як з доступом швидкого гасіння об’єму апаратів інертним газом забезпечує попередження вибухів в апаратах і приміщеннях при створенні пожежонебезпечних концентрацій речовин.

Найпоширенішими флегматизаторами при цьому способі є інертні компоненти -діоксин вуглецю, азот, аргон, водяна пара, розпилена вода, а також димові та вихлопні гази двигунів. При гасінні водорозчинних рідин - кетонів, спиртів та етерів часто використовується їх розчинення водою до негорючих концентрацій.

Діоксид вуглецю - безбарвний газ без запаху і смаку. Температура замерзання

-56,6 °С. Критична температура -31 °С. Твердий снігоподібний діоксид вуглецю застосовують для гасіння відкритих пожеж. Випаровуючись, він охолоджує об’єкт, що горить, і знижує концентрацію кисню в повітрі. Ефект гасіння пожежі наступає при концентрації діоксиду вуглецю за об’ємом 12 - 25 %. Основним способом пожежогасіння діоксину вуглецю є розведення паро-, газоповітряної суміші горючої пари і газів з повітрям, а додатковим - охолодження (твердий діоксин вуглецю).

Метод флегматизації широко використовується для припинення горіння в автоматичних системах пожежогасіння та самозаймання в закритих технологічних апаратах - реакторах. Так приготування каталітичного комплексу при синтезі каучуку захист апаратів проводиться заповненням пароповітряного простору азотом.

Знижуючи концентрацію реагуючих речовин, ці засоби зменшують швидкість реакції горіння, а отже, і швидкість виділення тепла. Коли швидкість виділення тепла стає меншою за швидкість тепловідведення - горіння припиняється.

Горіння більшості речовин припиняється при зниженні вмісту кисню повітря у оточуючому середовищі до 12 - 15 % об., а для речовин з широкими межами займання (водень, ацетилен), деяких металів (калій, натрій), тліючих матеріалів, гідридів металів і металоорганічних сполук - до 5 % об. і нижче. Винятком є речовини, у складі яких міститься така кількість оксигену, яка є достатньою для підтримання горіння навіть без доступу повітря (наприклад, бавовна).

**7.6** **Вогнегасні речовини хімічного гальмування реакції горіння (інгібування)**

Суть припинення горіння хімічним гальмуванням реакції горіння полягає в тому, що в повітря, або безпосередньо в зону горіння вводяться такі вогнегасні речовини, які вступають у взаємодію з активними центрами реакції окислення, утворюючи з ними негорючі, або менш активні сполуки, обриваючи, тим самим, ланцюгову реакцію горіння. До таких речовин належать галогенопохідні вуглеводнів (брометан, дибромметан, хладони: дибромдифторрметан, иффлюорхлорбромметан,

тетрафлюордиброметан, трифлюорброммметан), а також вогнегасні порошки.

Хладони - це товарне найменування насичених галогенопохідних вуглеводнів, у молекулах яких обов'язково є атоми фтору, а також можуть бутим всі інші галогени (раніше називались фреонами).

Для пожежогасіння застосовують бромовмісні, а також бромхлорвмісні хладони.

Основу хладонів, що застосовуються для гасіння пожеж складають алкани з числом атомів карбону від 1 до 3. За прийнятою в Україні номенклатурою хладони позначають наступним чином: перша цифра - число атомів карбону мінус одиниця; друга - число атомів гідрогену плюс одиниця; третя - число атомів фтору; бром (а також йод) позначають буквою Вг (чи J) і цифрою, що відповідає числу атомів Вг (чи J); число атомів хлору визначається за числом зв'язків у молекулі, що лишилися незаповненими (вільними).

Наприклад, дифторхлорбромметан (СF2С1Вг) позначається як хладон 12В1.

Хладони використовують переважно в установках об’ємного гасіння і флегматизації, а також у ручних вогнегасниках. Основний спосіб впливу хладонів на горіння - інгібування, додатковий - розведення.

Порівняно з вогнегасними речовинами охолоджуючої, розбавляючої та ізолюючої дії, які є пасивними і не впливають на кінетику та хімізм реакції у полум’ї, вогнегасні речовини інгібуючої дії є більш перспективними.

Оскільки ці речовини діють безпосередньо на зону реакції, в якій реагуючі речовини знаходяться в пароповітряній фазі, вони мають відповідати наступним специфічним вимогам:

- мати низьку температуру кипіння, щоб при малих температурах розкладатися, легко переходити у пароподібний стан;

- мати низьку термічну стійкість, тобто при малих температурах розкладатися на атоми і радикали, що їх складають;

- продукти термічного розкладу вогнегасних речовин повинні активно вступати в реакцію з активними центрами горіння.

Цим вимогам відповідають вуглеводні - особливо активні речовини, що чинять інгібуючу дію, тобто гальмують хімічну реакцію горіння. Проте, відносно цих речовин слід нагадати загальні вимоги і особливо такі, як токсичність.

*Вогнегасні порошки* - це подрібнені мінеральні солі з різними добавками. Додатковий ефект впливу на горіння порошків - розведення парів горючої речовини та створення умов вогнеприпинення, охолодження. Суть гасіння порошками полягає у розриві ланцюгової реакції горіння, розведенні парів горючих речовин порошковою хмарою та газоподібними продуктами її розкладання. Крім того, плавлячись, на горючих поверхнях порошки можуть утворювати негорючу плівку і цим ізолювати речовину від доступу повітря (окисника).

Вогнегасні порошки поділяють на порошки загального і спеціального призначення і позначають символом класу пожежі, які призначені для гасіння пожеж відповідних класів (ВС, АВСЕ, D, АВСDЕ - універсальні). Порошки загального призначення застосовують для гасіння пожеж класів А, В, С і електроустаткування під напругою (за винятком ПСБ-3, що не призначений для гасіння пожеж класу А). Вогнегасні порошки спеціального призначення застосовують для гасіння пожеж металів способом ізоляції горючої поверхні від доступу окисника.

Література: [2], [4], [5].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. - Чинний від 2007-07-01. – Київ : Держспоживстандарт україни, 2007. – 32 с.

2. ДСТУ 4578:2006. Системи пожежогасіння діоксидом вуглецю. Проектування та монтаж. Загальні вимоги (130 6183:1990). – Чинний від 2007-01-01. - Київ : Д**ержспоживстандарт україни, 2006. – 45 с.**

3. Лавренюк О.І. Теорія розвитку та припинення горіння : навч. посіб. / О.І. Лавренюк, В.М. Баланюк. - Львів, 2007. - 126 с.

4. Основи теорії розвитку і припинення горіння / Г.І. Єлагін, М.Г. Шкарабура, М.А. Кришталь, О.М. Тищенко. – Черкаси : ЧІПБ, 2001. – 448 с.

5. Степаненко С.Г. Дослідження пожеж : довідково-метод. посіб. / С.Г. Степаненко, Я.М. Яник, Ю.Т.Тимощук. – Київ : УкрНДШБ МВС України, 1997. - 211 с.