



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

ДСТУ 8829:2019

# ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІСТЬ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Номенклатура показників  
і методи їхнього визначення  
Класифікація

*Видання офіційне*

Київ  
ДП «УкрНДНЦ»  
2020

## ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет стандартизації «Пожежна безпека та протипожежна техніка (ТК 25)
- 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») від 27 лютого 2019 р. № 38 з 2020–01–01
- 3 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленними в національній стандартизації України
- 4 НА ЗАМІНУ ДСТУ Б В.2.7-19–95 (ГОСТ 30244–94) (ЗІ СКАСУВАННЯМ В УКРАЇНІ ГОСТ 12.1.044–89)

---

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

**ЗМІСТ**

	С.
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання .....	1
3 Терміни та визначення понять .....	2
4 Позначки та скорочення .....	2
5 Загальні положення .....	2
6 Номенклатура показників пожежовибухонебезпечності та класифікація речовин і матеріалів.....	4
7 Методи визначення показників пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів .....	8
Додаток А (довідковий) Форми протоколів визначення показників пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів .....	52
Додаток Б (довідковий) Обчислювальні методи визначення показників пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів.....	57
Додаток В (довідковий) Токсичні речовини, що виділяються під час горіння матеріалів різної хімічної природи, та приклад обчислення показника токсичності .....	72



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІСТЬ  
РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ**

**Номенклатура показників і методи їхнього визначення  
Класифікація**

**FIRE AND EXPLOSION HAZARD  
OF SUBSTANCES AND MATERIALS**

**Nomenclature of indices and methods of their determination  
Classification**

Чинний від 2020-01-01

**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

Цей стандарт поширюється на речовини, хімічні сполуки та їхні суміші в різних агрегатних станах і комбінаціях і матеріали (далі — речовини і матеріали).

Стандарт не поширюється на вибухові та радіоактивні речовини і матеріали.

Стандарт установлює номенклатуру показників пожежовибухонебезпечності речовин та матеріалів, методи їхнього визначення, а також їхню пожежну класифікацію, зокрема будівельних матеріалів (матеріалів будівельного призначення).

**2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість  
ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) Матеріали будівельні. Метод випробування на розповсюдження полум'я

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

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

ДСТУ 4047-2001 Гази вуглеводневі скраплені паливні для комунально-побутового споживання.

Технічні умови

ДСТУ EN ISO 1182:2016 (EN ISO 1182:2010, IDT) Випробування виробів щодо реакції на вогонь.

Випробування на негорючість

ДСТУ ISO 13344:2018 (ISO 13344:2015, IDT) Визначення потенціалу летальної токсичності летких продуктів згоряння

ДСТУ EN 13821:2017 (EN 13821:2002, IDT) Потенційно вибухонебезпечні середовища. Запобігання та захист від вибуху. Визначення мінімальної енергії займання пилоповітряних сумішей

ДСТУ EN 14034-4:2017 (EN 14034-4:2004 + A1:2011, IDT) Визначення характеристик вибухонебезпечних пилових хмар. Частина 4. Визначення граничної концентрації кисню LOC пилових хмар

ДСТУ EN 14522:2017 (EN 14522:2005, IDT) Визначення температури самозаймання газів і випарів

ДСТУ Б EN ISO 1716:2011 Випробування виробів щодо реакції на вогонь. Визначення вищої (нижчої) теплоти згоряння (EN ISO 1716:2010, IDT)

ДСТУ EN 1839:2017 (EN 1839:2017, IDT) Визначення границь вибуховості та граничної концентрації кисню (LOC) для займистих газів і парів

ДСТУ EN ISO 2592:2017 (EN ISO 2592:2001, IDT; ISO 2592:2000, IDT) Визначення температур спалаху і займання. Метод із застосуванням приладу Клівленда з відкритим тиглем

ДСТУ ISO 2719:2006 Визначення температури спалаху горючих речовин методом Пенського-Мартенса в закритому тиглі (ISO 2719:2002, IDT)

ДСТУ EN ISO 4589-2:2018 (EN ISO 4589-2:2017 IDT; ISO 4589-2:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 2. Випробування за температури навколишнього середовища

ДСТУ EN ISO 4589-3:2018 (EN ISO 4589-3:2017, IDT; ISO 4589-3:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 3. Випробування за підвищеної температури.

### 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті вжито терміни, наведені в ДСТУ 2272 та ДСТУ 2273.

### 4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цьому стандарті вжито такі позначки та скорочення:

$KI$	— кисневий індекс, % об.;
$KI_D$	— допустимий кисневий індекс за нормальної температури, % об.;
$R$	— відтворюваність методу визначення показника пожежної небезпеки за довірчої ймовірності 95 %;
$t_{без}$	— безпечна температура, °С;
$t_{сп,д}$	— допустима температура спалаху, °С;
$t_{сп (з.т.)}$	— температура спалаху в закритому тиглі, °С;
$t_c$	— мінімальна температура середовища, під час якої спостерігається самозаймання зразка, °С;
$t_{тл}$	— температура тління, °С;
$W_{без}$	— безпечна енергія запалювання, Дж;
$W_{мін}$	— мінімальна енергія запалювання, Дж;
$\varphi_V$	— верхня концентраційна межа поширення полум'я по суміші горючої речовини з повітрям, % об. ( $г \cdot м^{-3}$ );
$\varphi_{г, без}$	— безпечна концентрація горючої речовини, % об. ( $г \cdot м^{-3}$ );
$\varphi_H$	— нижня концентраційна межа поширення полум'я по суміші горючої речовини з повітрям, % об. ( $г \cdot м^{-3}$ );
$\varphi_{O_2}$	— мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню в горючій суміші, % об.;
$\varphi_{O_2, без}$	— безпечна концентрація кисню в горючій суміші, % об.;
$\varphi_V$	— мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора, % об.;
$\varphi_{V, без}$	— безпечна флегматизувальна концентрація флегматизатора, % об.;
$N_{CL50}$	— показник токсичності продуктів згоряння матеріалу, $г \cdot м^{-3}$ ;
КПЩТП	— критична поверхнева щільність теплового потоку, $кВт/м^2$ .

### 5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

**5.1** Показники пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів визначають з метою отримання даних для розробки систем забезпечення пожежної безпеки і вибухобезпеки, державних будівельних норм, нормативних документів і нормативно-правових актів та оцінювання відповідності речовин і матеріалів.

**5.2** Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

**5.3** Під час визначення пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів розрізняють: гази, рідини, тверді речовини та матеріали, пил.

**5.4** Номенклатуру показників та їхнього застосування для характеристики пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

№ з/п	Показник	Агрегатний стан речовин і матеріалів			
		гази	рідини	тверді	пил
1	Група горючості	+	+	+	+
2	Температура спалаху	—	+	—	—
3	Температура займання	—	+	+	+
4	Температура самозаймання	+	+	+	+
5	Концентраційні межі поширення полум'я (займання)	+	+	—	+
6	Температурні межі поширення полум'я (займання)	—	+	—	—
7	Температура тління	—	—	+	+
8	Умови теплового самозаймання	—	—	+	+
9	Мінімальна енергія запалювання	+	+	—	+
10	Кисневий індекс	—	—	+	—
11	Здатність вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами	+	+	+	+
12	Нормальна швидкість поширення полум'я	+	+	—	—
13	Швидкість вигорання	—	+	—	—
14	Коефіцієнт димоутворення	—	—	+	—
15	Індекс поширення полум'я	—	—	+	—
16	Показник токсичності продуктів горіння полімерних, синтетичних та інших матеріалів	—	—	+	—
17	Група займистості			+	
18	Група поширення полум'я			+	
19	Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню	+	+	—	+
20	Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора	+	+	—	+
21	Максимальний тиск вибуху	+	+	—	+
22	Швидкість наростання тиску вибуху	+	+	—	+

**Примітка 1.** Знак «+» означає застосованість, знак «—» — незастосованість показника.

**Примітка 2.** Окрім наведених у таблиці 1 допустимо використовувати інші показники, що детальніше характеризують пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів.

**5.5** Перелік показників, необхідних і достатніх для характеристики пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів в умовах виробництва, перероблення, транспортування та зберігання, визначає розробник системи забезпечення пожежовибухонебезпечності об'єкта чи розробник нормативних документів на речовину (матеріал).

**5.6** Для випробування може бути використано інші засоби вимірювальної техніки з метрологічними характеристиками не гіршими, ніж ті, які наведено в методах випробувань, зазначених у цьому стандарті.

**5.7** На засоби вимірювальної техніки мають бути чинні свідоцтва про перевірку та/або калібрування. Випробувальне обладнання має бути каліброване (верифіковане).

**5.8** Умови у приміщенні лабораторії мають відповідати таким параметрам:

- температура повітря ( $25 \pm 10$ ) °C;
- атмосферний тиск (630—800) мм рт. ст. або (84,0—106,7) кПа;
- відносна вологість повітря (45—80) %.

**5.9** Під час проведення випробування необхідно дотримуватися вимог щодо безпеки праці.

## 6 НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖОВИБУХО-НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів — сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух.

### 6.1 Група горючості

**6.1.1** Група горючості — класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до горіння.

**6.1.2** За горючістю речовини і матеріали поділяють на три групи:

— негорючі — речовини і матеріали, не здатні до горіння в повітрі. Негорючі речовини можуть бути пожежовибухонебезпечними (наприклад, окисники або речовини, що виділяють горючі продукти під час взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним);

— важкогорючі — речовини і матеріали, здатні горіти в повітрі під час дії джерела запалювання, але не здатні самостійно горіти після його видалення;

— горючі — речовини і матеріали, здатні самозайматися, а також займатися під час дії джерела запалювання і самостійно горіти після його видалення. Горючі рідини з температурою спалаху не більше ніж 61 °C у закритому тиглі або 66 °C у відкритому тиглі, зафлегматизованих сумішей, що не мають спалаху в закритому тиглі, належать до легкозаймистих. Особливо небезпечними називають легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше ніж 28 °C у закритому тиглі.

Горючі речовини і матеріали залежно від результатів випробувань поділяють на: важкозаймисті, середньої займистості, легкозаймисті.

**6.1.3** Горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи горючості Г1, Г2, Г3, Г4 відповідно до таблиці 2. Матеріали потрібно відносити до певної групи горючості за умови відповідності всіх значень параметрів, що встановлені таблицею 2 для цієї групи.

Таблиця 2

Група горючості матеріалів	Параметри горючості			
	Температура газоподібних продуктів горіння $T$ , °C	Ступінь пошкодження за довжиною $S_L$ , %	Ступінь пошкодження за масою $S_m$ , %	Тривалість самостійного горіння $t_f$ , с
Низької горючості (група Г1)	$\leq 135$	$\leq 65$	$\leq 20$	0
Помірної горючості (група Г2)	$\leq 235$	$\leq 85$	$\leq 50$	$\leq 30$
Середньої горючості (група Г3)	$\leq 450$	$> 85$	$\leq 50$	$\leq 300$
Підвищеної горючості (група Г4)	$> 450$	$> 85$	$> 50$	$> 300$

**Примітка.** Для матеріалів груп горючості Г1—Г3 не допускається утворення краплин розплаву та/або фрагментів, що горять під час випробування. Для матеріалів груп горючості Г1 не допустимо утворення розплаву та/або краплин розплаву під час випробування.

### 6.2 Температура спалаху

**6.2.1** Температура спалаху — найменша температура конденсованої речовини, за якої в умовах спеціальних випробувань над її поверхнею утворюються випари, здатні спалахувати в повітрі від дже-



рела запалювання; стійке горіння при цьому не виникає. Спалах — швидке згоряння газопароповітряної суміші над поверхнею горючої речовини, що супроводжується короткочасним видимим світінням.

### **6.3 Температура займання**

**6.3.1** Температура займання — найменша температура речовини (матеріалу), за якої в умовах спеціальних випробувань речовина виділяє горючі випари і гази з такою швидкістю, що під час дії на них джерела запалювання спостерігається займання. Займання — виникнення полум'я горіння речовини (матеріалу), що ініційоване джерелом запалювання і триває після його видалення.

### **6.4 Температура самозаймання**

**6.4.1** Температура самозаймання — найменша температура довкілля, за якої в умовах спеціальних випробувань спостерігається самозаймання речовини (матеріалу). Самозаймання — різке збільшення швидкості екзотермічних об'ємних реакцій, що супроводжується полум'яним горінням і/або вибухом.

### **6.5 Концентраційні межі поширення полум'я (займання)**

**6.5.1** Нижня (верхня) концентраційна межа поширення полум'я — мінімальний (максимальний) вміст горючої речовини в однорідній суміші з окислювальним середовищем, під час якого можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

### **6.6 Температурні межі поширення полум'я (займання)**

**6.6.1** Температурні межі поширення полум'я — такі значення температури речовини, за яких його насичена пара утворює в окислювальному середовищі концентрації, рівні відповідно до нижньої (нижня температурна межа) та верхньої (верхня температурна межа) концентраційних меж поширення полум'я.

### **6.7 Температура тління**

**6.7.1** Температура тління — температура речовини (матеріалу), за якої відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій окислення, що призводять до тління. Тління — горіння без видимого світлового випромінювання.

### **6.8 Умови теплового самозаймання**

**6.8.1** Умови теплового самозаймання — експериментально виявлена залежність між температурою довкілля, кількістю речовини (матеріалу) і часом до моменту її самозаймання. Самозаймання — різке збільшення швидкості екзотермічних процесів у речовині (матеріалі), що призводить до виникнення осередку горіння.

### **6.9 Мінімальна енергія запалювання**

**6.9.1** Мінімальна енергія запалювання — найменша енергія електричного розряду, здатна запалити найбільш легкозаймисту суміш горючої речовини з повітрям.

### **6.10 Кисневий індекс**

**6.10.1** Кисневий індекс — мінімальний вміст кисню в киснево-азотній суміші, за якого можливе свічкоподібне горіння матеріалу в умовах спеціальних випробувань.

**6.11 Здатність вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітрям та іншими речовинами (взаємний контакт речовин)**

**6.11.1** Здатність вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами — це якісний показник, що характеризує особливу пожежну небезпеку деяких речовин (матеріалів).

### **6.12 Нормальна швидкість поширення полум'я**

**6.12.1** Нормальна швидкість поширення полум'я — швидкість переміщення фронту полум'я відносно газу, що не згорів, у напрямку, перпендикулярному до його поверхні.

### **6.13 Швидкість вигорання**

**6.13.1** Швидкість вигорання — кількість рідини, що згоряє за одиницю часу з одиниці площі. Швидкість вигорання характеризується інтенсивністю горіння рідини.

### 6.14 Коефіцієнт димоутворення

**6.14.1** Коефіцієнт димоутворення — показник, що характеризує оптичну густину диму, що утворюється під час тління та полуменевого горіння певної кількості твердої речовини (матеріалу) в умовах спеціальних випробувань.

**6.14.2** Значення коефіцієнта димоутворення потрібно застосовувати для класифікації матеріалів за димоутворювальною здатністю. Розрізняють такі три групи матеріалів, які наведено в таблиці 3:

Таблиця 3

Група за димоутворювальною здатністю матеріалу	Коефіцієнт димоутворення, $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$
З малою (низькою) димоутворювальною здатністю (група Д1)	до 50 включ.
З помірною димоутворювальною здатністю (група Д2)	більше ніж 50 до 500 включ.
З високою димоутворювальною здатністю (група Д3)	більше ніж 500

### 6.15 Індекс поширення полум'я

**6.15.1** Індекс поширення полум'я — умовний безрозмірний показник, що характеризує здатність речовин (матеріалів) займатися, поширювати полум'я по поверхні та виділяти тепло.

**6.15.2** Значення індексу поширення полум'я потрібно застосовувати для класифікації матеріалів. Розрізняють такі три групи матеріалів, які наведено в таблиці 4:

Таблиця 4

Група за індексом поширення полум'я матеріалу	Індекс поширення полум'я
Не поширюють полум'я по поверхні (група І1)	0
Повільно поширюють полум'я по поверхні (група І2)	більше 0 до 20 включ.
Швидко поширюють полум'я по поверхні (група І3)	більше ніж 20

### 6.16 Показник токсичності продуктів горіння матеріалів

**6.16.1** Показник токсичності продуктів горіння — відношення кількості матеріалу до одиниці об'єму замкнутого простору, в якому газоподібні продукти, які утворюються під час горіння матеріалу, спричиняють загибель 50 % піддослідних тварин.

**6.16.2** Значення токсичності продуктів горіння матеріалів потрібно застосовувати для класифікації матеріалів. Розрізняють такі чотири групи матеріалів, які наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Клас небезпеки	$\text{H}_{\text{CL}50}$ , $\text{г}/\text{м}^3$ , за час експозиції, хв			
	5	15	30	60
Надзвичайно небезпечні (група Т4)	До 25	До 17	До 13	До 10
Високонебезпечні (група Т3)	25—70	17—50	13—40	10—30
Помірнонебезпечні (група Т2)	70—210	50—150	40—120	30—90
Малонебезпечні (група Т1)	Більше ніж 210	Більше ніж 150	Більше ніж 120	Більше ніж 90

### 6.17 Група займистості

**6.17.1** Група займистості — класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до спалахування. Спалахування — початок полуменевого горіння під дією джерела запалювання під час стандартного випробування, що характеризується стійким полуменевим горінням.

**6.17.2** Горючі будівельні матеріали залежно від критичної поверхневої щільності теплового потоку (КПЩТП) поділяють на три групи, які наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Група займистості матеріалу	КПЩТП, кВт/м <sup>2</sup>
Важкозаймисті (група В1)	$35 \leq \text{КПЩТП}$
Помірнозаймисті (група В2)	$20 \leq \text{КПЩТП} < 35$
Легкозаймисті (група В3)	$\text{КПЩТП} < 20$

### 6.18 Група поширення полум'я

**6.18.1** Група поширення полум'я — класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів поширювати полум'я по поверхні. Поширення полум'я — поширення полуменевого горіння по поверхні внаслідок впливу променистого теплового потоку та полум'я.

**6.18.2** Горючі будівельні матеріали залежно від критичної поверхневої щільності теплового потоку (КПЩТП) поділяють на чотири групи, які наведено в таблиці 7.

Таблиця 7

Група поширення полум'я	КПЩТП, кВт/м <sup>2</sup>
Не поширюють полум'я (група РП1)	11,0 та більше
Локально поширюють полум'я (група РП2)	від 8,0, але менше ніж 11,0
Помірно поширюють полум'я (група РП3)	від 5,0, але менше ніж 8,0
Значно поширюють полум'я (група РП4)	менше ніж 5,0

### 6.19 Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора

**6.19.1** Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора — найменша об'ємна концентрація певного флегматизатора, достатня для флегматизування газових сумішей певної горючої речовини з певним окисником за будь-якого співвідношення цих двох компонентів в умовах спеціальних випробувань.

### 6.20 Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню

**6.20.1** Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню — це така концентрація кисню в горючій суміші, що складається з горючої речовини, повітря і флегматизатора, менше якої поширення полум'я в суміші стає неможливим за будь-якої концентрації пального в суміші, розбавленій цим флегматизатором.

### 6.21 Максимальний тиск вибуху

**6.21.1** Максимальний тиск вибуху — найбільший надмірний тиск, що виникає під час детонаційного згоряння газо-, паро- або пилоповітряної суміші в замкненій посудині за початкового тиску суміші 101,3 кПа.

### 6.22 Швидкість наростання тиску вибуху

**6.22.1** Швидкість наростання тиску вибуху — похідна тиску вибуху за часом на висхідній ділянці залежності тиску вибуху горючої суміші в замкненій посудині від часу.

## 7 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖОВИБУХО-НЕБЕЗПЕЧНОСТІ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Експериментальні методи визначення є пріоритетними та обов'язковими, якщо відсутні відповідні обчислювальні методи, а також якщо точність або сфера застосування обчислювальних методів не задовільна.

### 7.1 Експериментальне визначення групи негорючих матеріалів

Для експериментального визначення групи негорючих матеріалів застосовують методи, які наведено в ДСТУ Б EN ISO 1716 та ДСТУ EN ISO 1182.

Матеріал відноситься до групи негорючих матеріалів (група НГ), якщо одночасно виконуються такі умови:

а) під час випробування згідно з вимогами ДСТУ Б EN ISO 1716:

значення вищої теплоти згоряння  $Q_{PCS}$  матеріалу не перевищує 2,0 МДж/кг ( $Q_{PCS} \leq 2,0$  МДж/кг);

б) під час випробування згідно з вимогами ДСТУ EN ISO 1182:

значення підвищення температури  $\Delta T = T_{max} - T_f$  для кожного з п'яти зразків, зареєстроване термопарою, встановленою в печі, не перевищує 30 °С ( $\Delta T \leq 30$  °С);

значення втрати маси у відсотках  $\Delta m$  для кожного з п'яти зразків не перевищує 50 % ( $\Delta m \leq 50$  %);

відсутність стійкого полум'я для кожного з п'яти зразків ( $t_f = 0$  с).

### 7.2 Непряме визначення групи горючості газів і рідин за іншими експериментально визначеними показниками пожежовибухонебезпечності

#### 7.2.1 Газу

За наявності концентраційних меж поширення полум'я газ відносять до горючих; за відсутності концентраційних меж поширення полум'я та наявності температури самозаймання газ відносять до важкогорючих; за відсутності концентраційних меж поширення полум'я і температури самозаймання газ відносять до негорючих.

#### 7.2.2 Рідини

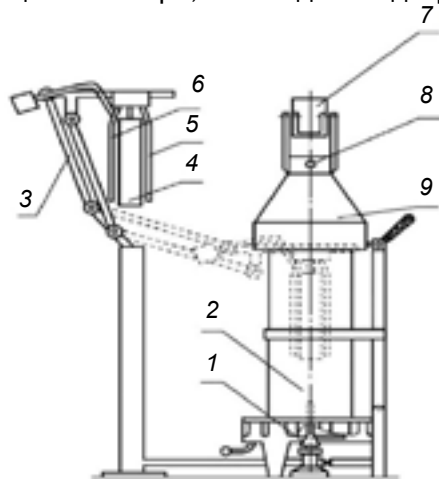
За наявності температури займання рідину відносять до горючих; за відсутності температури займання і наявності температури самозаймання рідину відносять до важкогорючих. За відсутності температур спалаху, займання, самозаймання, температурних і концентраційних меж поширення полум'я рідину відносять до групи негорючих.

### 7.3 Метод експериментального визначення групи важкогорючих і горючих твердих речовин і матеріалів

Метод застосовують для оцінювання горючості неметалевих матеріалів, що містять у своєму складі більше 3 % мас. органічних речовин. Метод не застосовують для випробування матеріалів, що мають одностороннє вогнезахисне або негорюче покриття.

#### 7.3.1 Обладнання для випробування

7.3.1.1 Установка (рисунок 1) складається з керамічної реакційної камери прямокутної форми висотою  $(295 \pm 2)$  мм, яка має в перерізі квадрат зі стороною  $(88 \pm 2)$  мм, встановленою на металеву підставку; газового пальника внутрішнім діаметром  $(7,0 \pm 0,1)$  мм; механізму введення зразка з тримачем, який фіксує положення зразка в центрі реакційної камери; зонту з ручкою, яка встановлена на верхню крайку реакційної камери, та оглядового дзеркала для спостереження за зразком у реакційній камері.



Умовні позначки:

- 1 — газовий пальник;
- 2 — керамічна реакційна камера;
- 3 — механізм введення зразка;
- 4 — зразок;
- 5, 6 — тримач зразка;
- 7 — дзеркало;
- 8 — термопара;
- 9 — зонт.

Рисунок 1 — Загальний вигляд установки

**7.3.1.2** Для вимірювання температури газоподібних продуктів горіння використовують термопару діаметром електродів 0,5 мм, з діапазоном вимірювання від 0 °С до 1 000 °С, робочий спай якої розташовують у центрі зонти на відстані  $(15 \pm 2)$  мм від його верхньої крайки.

**7.3.1.3** Прилад реєстрації та запису температури з діапазоном виміру від 0 °С до 1 000 °С та з похибкою вимірювань  $\pm 1$  °С. Вимірювання та запис значень температури потрібно проводити безперервно протягом усього часу випробувань з інтервалом, що не перевищує 1 с.

**7.3.1.4** Секундомір з похибкою вимірювання не більше ніж  $\pm 1$  с.

**7.3.1.5** Ваги лабораторні з похибкою вимірювання не більше  $\pm 0,1$  г.

**7.3.1.6** Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі, у вільному отворі якої швидкість руху повітря не більше ніж  $1,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

### **7.3.2 Підготовка до випробування**

**7.3.2.1** Для випробування виготовляють три зразки матеріалу завширшки  $(60 \pm 1)$  мм, заввишки  $(150 \pm 3)$  мм і фактичною товщиною, але не більше ніж 30 мм. Для сипких речовин готують три кошики прямокутної форми завдовжки  $(60 \pm 1)$  мм, завширшки  $(10 \pm 1)$  мм, заввишки  $(150 \pm 3)$  мм, в які поміщають  $(90 \pm 1) \text{ см}^3$  речовини. Кошики має бути виконано із сітки з розмірами чарунок не більше ніж 1,0 мм; матеріал сітки — дріт із жаростійкої сталі діаметром 0,55 мм. Матеріали, які здатні під час нагрівання плавитися, поміщають у мішечки прямокутної форми завдовжки  $(65 \pm 1)$  мм, завширшки  $(10 \pm 1)$  мм, заввишки  $(160 \pm 1)$  мм. Мішечки виготовляють зі склотканини завтовшки  $(0,10\text{—}0,15)$  мм, шви зшивають негорючими нитками або металевими скріпками.

Для листових та плівкових матеріалів підбирають відповідну кількість шарів, що забезпечує масу зразка не менше ніж 6 г.

**7.3.2.2** Підготовлені зразки витримують у вентиляованій сушильній шафі за температури  $(60 \pm 5)$  °С не менше ніж 20 год, потім охолоджують до температури доквілля, не виймаючи їх з шафи.

**7.3.2.3** Після кондиціювання зразки зважують з похибкою не більше ніж  $\pm 0,1$  г. Сипкі та плавкі речовини зважують окремо від кошиків (мішечків). Зразки одного матеріалу (речовини) не повинні відрізнятись за масою більше ніж на 2 %.

**7.3.2.4** Внутрішню поверхню реакційної камери перед випробуванням покривають двома шарами алюмінієвої фольги завтовшки не більше 0,2 мм, яку по мірі прогорання або забруднення продуктами горіння замінюють на нову.

**7.3.2.5** Придатність установки до роботи перевіряють за температурою, яка фіксується термопарою в зонті установки.

### **7.3.3 Проведення випробування**

**7.3.3.1** Зразок досліджуваного матеріалу закріплюють у тримачі та за допомогою шаблона перевіряють положення зразка відносно його вертикальної осі.

**7.3.3.2** Вмикають прилад для реєстрації температури, запалюють газовий пальник і регулюють витрату газу так, щоб контрольована впродовж 3 хв температура газоподібних продуктів горіння становила  $(200 \pm 5)$  °С.

**7.3.3.3** Тримач зі зразком вводять у камеру за час не більше ніж 5 с і випробовують протягом  $(300 \pm 2)$  с або до досягнення максимальної температури газоподібних продуктів горіння матеріалу, що виділяється, при цьому реєструють час її досягнення. Якщо під час випробування максимальна температура не перевищує 260 °С, то тривалість випробування складає  $(300 \pm 2)$  с. Після цього пальник вимикають. Зразок витримують у камері до повного охолодження (кімнатної температури). Охолоджений зразок виймають із камери та зважують. Якщо під час випробування максимальна температура перевищила 260 °С, то тривалість випробування визначається часом досягнення максимальної температури. Пальник вимикають, зразок виймають із камери та після охолодження зважують.

**7.3.3.4** Після отримання даних згідно з 7.3.3.3 проводять два аналогічні випробування з новими зразками.

**7.3.3.5** Після кожного випробування необхідно очистити від сажі робочий спай термопар.

### **7.3.4 Оцінювання результатів**

**7.3.4.1** Максимальний приріст температури ( $\Delta t_{\text{max}}$ ) обчислюють за формулою:

$$\Delta t_{\text{max}} = t_{\text{max}} - t_0, \quad (1)$$

де  $t_{\max}$  — максимальна температура газоподібних продуктів горіння досліджуваного матеріалу, °С;  
 $t_0$  — початкова температура випробування, яка дорівнює  $(200 \pm 5)$  °С.

**7.3.4.2** Втрату маси зразка ( $\Delta m$ ) у відсотках обчислюють за формулою:

$$\delta_f = \left| \left( \frac{f_A}{f_E} - 1 \right) \cdot 100 \right|. \quad (2)$$

де  $m_n$  — маса зразка до випробування, г;  
 $m_k$  — маса зразка після випробування, г.

**7.3.4.3** За значенням максимального приросту температури  $\Delta t_{\max}$  та втрати маси  $\Delta m$  матеріали класифікують так:

важкогорючі —  $\Delta t_{\max} < 60$  °С та  $\Delta m < 60$  %;

горючі —  $\Delta t_{\max} \geq 60$  °С або/та  $\Delta m \geq 60$  %.

Горючі матеріали залежно від часу ( $\tau$ ) досягнення  $\Delta t_{\max}$  поділяють на:

важкозаймисті —  $\tau > 240$  с;

середньої займистості —  $30 \text{ с} \leq \tau \leq 240 \text{ с}$ ;

легкозаймисті —  $\tau < 30$  с.

**7.3.4.4** Якщо за результатами випробування трьох зразків в одному з них буде перевищено будь-яке з класифікаційних значень у встановлюваній групі горючості, то проводять додаткові випробування на трьох зразках. Якщо в додаткових випробуваннях буде перевищено одне з класифікаційних значень, то матеріал відносять до найближчої (небезпечнішої) за горючістю групи.

**7.3.4.5** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

## 7.4 Метод експериментального визначення групи горючості будівельних матеріалів

**7.4.1** Метод застосовують до всіх однорідних і шаруватих горючих будівельних матеріалів, зокрема таких, що застосовуються як оздоблювальні та облицювальні, а також до лакофарбових покриттів.

### 7.4.2 Зразки для випробування

**7.4.2.1** Для кожного випробування виготовляють 12 зразків завдовжки 1 000 мм, завширшки 190 мм. Товщина зразків має відповідати товщині матеріалу, що застосовується в реальних умовах. Якщо товщина матеріалу становить понад 70 мм, товщина зразків має бути 70 мм.

**7.4.2.2** Під час виготовлення зразків поверхня, що експонується, не повинна піддаватися обробленню.

**7.4.2.3** Зразки для стандартного випробування матеріалів, які застосовуються тільки як оздоблювальні й облицювальні, а також для випробування лакофарбових покриттів, виготовляють у сполученні з негорючою основою. Спосіб кріплення має забезпечувати щільний контакт поверхонь матеріалу та основи. Як негорючу основу потрібно використовувати азбестоцементні, фіброцементні або кальцієво-силікатні плити завтовшки  $(10 \pm 2)$  мм. У тих випадках, коли в конкретній технічній документації не забезпечуються умови для стандартного випробування, зразки мають виготовлятися з основою і кріпленням, які зазначені в технічній документації.

**7.4.2.4** Товщина лакофарбових покриттів має відповідати прийнятій в технічній документації.

**7.4.2.5** Для матеріалів, що застосовуються як самостійно (наприклад, для конструкцій), так і як оздоблювальні й облицювальні, зразки має бути виготовлено відповідно до 7.4.2.1 (один комплект) і 7.4.2.3 (один комплект).

У цьому разі випробування має бути проведено окремо для матеріалу та окремо із застосуванням його як оздоблень та облицювань з визначенням груп горючості для всіх випадків.

**7.4.2.6** Для несиметричних шаруватих матеріалів із різними поверхнями виготовляють два комплекти зразків (за 7.4.2.1) для експонування обох поверхонь. Групу горючості матеріалу визначають за гіршим результатом.

**7.4.2.7** Перед випробуванням зразки кондиціонують за температури повітря  $(23 \pm 2)$  °С та відносної вологості повітря  $(50 \pm 5)$  % протягом 48 год.

### 7.4.3 Обладнання для випробування

**7.4.3.1** Установка для випробування складається з камери спалювання, системи подавання повітря в камеру спалювання, газовідвідної труби, вентиляційної системи для видалення продуктів згорання (рисунки 2).

**7.4.3.2** Конструкція стінок камери спалювання має забезпечувати стабільність температурного режиму випробування, встановленого цим стандартом. З цією метою рекомендується використати такі матеріали:

- для внутрішньої і зовнішньої поверхонь стінок — листову сталь завтовшки 1,5 мм;
- для теплоізоляційного шару — мінеральні плити густиною не менше ніж  $100 \text{ кг/м}^3$ , теплопровідністю не більше ніж  $0,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$ , завтовшки не менше ніж 40 мм.

**7.4.3.3** У камері спалювання встановлюють тримач зразків, джерело запалювання, діафрагму. Передню стінку камери спалювання обладнують дверцятами із заксленими прорізами. У центрі бічної стінки рекомендовано передбачити отвір із заглушкою для введення термопар під час калібрування установки.

**7.4.3.4** Тримач зразка складається із чотирьох прямокутних рам, розташованих по периметру джерела запалювання (рисунок 2), і має забезпечувати зображене на рисунку 3 положення зразка відносно джерела запалювання, стабільність положення кожного з чотирьох зразків до закінчення випробування. Тримач зразка треба встановлювати на опорній рамі, яка забезпечує його вільне переміщення в горизонтальній площині. Тримач зразка і деталі кріплення не повинні перекирвати бічні сторони поверхні, що експонується, більше ніж на 5 мм.

**7.4.3.5** Джерелом запалювання є газовий пальник, схему якого наведено на рисунку 3. Газовий пальник приєднують гнучким шлангом через пристрій регулювання витрати газу до газового балона зі зрідженим газом згідно з ДСТУ 4047. Розташування пальника відносно зразка під час випробування зображено на рисунку 3.

**7.4.3.6** Система подавання повітря складається з вентилятора, ротаметра та діафрагми і має забезпечувати надходження в нижню частину камери спалювання рівномірно розподіленого по її перерізу потоку повітря в кількості  $(10 \pm 2,0) \text{ м}^3/\text{хв}$  із температурою не менше ніж  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ .

**7.4.3.7** Діафрагму виготовляють із перфорованого сталевго листа завтовшки 1,5 мм з отворами діаметрами  $(20 \pm 0,2) \text{ мм}$  та  $(25 \pm 0,2) \text{ мм}$  та розташованої над ним на відстані  $(10 \pm 2) \text{ мм}$  металевої сітки із дроту діаметром не більше ніж 1,2 мм із розміром чарунок не більше ніж  $1,5 \text{ мм} \times 1,5 \text{ мм}$ . Відстань між діафрагмою і верхньою площиною пальника має становити не менше ніж 250 мм.

**7.4.3.8** Газовідвідну трубу з поперечним перерізом  $(0,25 \pm 0,025) \text{ м}^2$  і довжиною не менше ніж 750 мм розташовують у верхній частині камери спалювання. У газовідвідній трубі встановлюють чотири термопари для вимірювання температури газів, що відходять (рисунок 2).

**7.4.3.9** Вентиляційна система для видалення продуктів згоряння складається із зонта, який встановлюється над газовідвідною трубою, повітроводу та вентиляційного насоса.

**7.4.3.10** Для вимірювання температури під час випробування необхідно використовувати термопари з діаметром дроту не більше ніж 1,5 мм типу ТХА та відповідні реєструвальні прилади.

#### **7.4.4 Підготовка до випробування**

**7.4.4.1** Підготовка до випробування складається з проведення калібрування з метою встановлення витрати газу (л/хв), який забезпечує в камері спалювання температурний режим випробування, що визначається цим стандартом (таблиця 8).

**Таблиця 8** — Режим випробування

Відстань від нижньої крайки калібрувального зразка	Температура, $^\circ\text{C}$	
	максимальна	мінімальна
300	350	220
500	220	150
1 000	140	100
1 600	105	90

**7.4.4.2** Калібрування установки проводять на чотирьох зразках зі сталі з розмірами  $1\ 000 \text{ мм} \times 190 \text{ мм} \times 1,5 \text{ мм}$  кожний.

**Примітка.** Для надання жорсткості калібрувальні зразки із листової сталі рекомендовано виготовляти з відбортовкою.

**7.4.4.3** Контроль температурного режиму під час калібрування здійснюють за показаннями термопар (10 шт.), які установлюють на калібрувальних зразках (6 шт.), та термопар (4 шт.), що постійно установлені в газовідвідній трубі (7.4.3.8).

**7.4.4.4** Шість термопар установлюють на центральній осі будь-яких двох протилежних калібрувальних зразків на рівнях, зазначених у таблиці 8. Гарячий спай термопар має знаходитися на відстані 10 мм від поверхні зразка, що експонується. Термопари не повинні торкатися калібрувального зразка. Для ізоляції термопар рекомендовано використовувати керамічні ізолятори. Чотири термопари, що постійно знаходяться у газовій трубі, розташовані над калібрувальними зразками.

**7.4.4.5** Калібрування шахтної печі проводять через кожні 30 випробувань і в разі зміни складу газу (газового балона), що подається у джерело запалювання.

**7.4.4.6** Послідовність операцій під час калібрування:

- установити калібрувальний зразок у тримач;
- установити термопари на калібрувальних зразках відповідно до 7.4.4.4;
- увести тримач зі зразком у камеру спалювання, увімкнути вимірювальні прилади, подавання повітря, витягну вентиляцію, джерело запалювання, закрити дверцята, зафіксувати показання термопар через 10 хв після увімкнення джерела запалювання.

Якщо температурний режим у камері спалювання не відповідає вимогам таблиці 8, повторити калібрування з іншими витратами газу та подачі повітря.

Установлену під час калібрування витрату газу потрібно використовувати під час випробування до проведення наступного калібрування.

#### **7.4.5 Проведення випробування**

**7.4.5.1** Для кожного матеріалу потрібно проводити три випробування. Кожне з трьох випробувань складається з одночасного випробування чотирьох зразків матеріалу.

**7.4.5.2** Перевірити систему вимірювання температури газоподібних продуктів горіння, для чого увімкнути вимірювальні прилади і подавання повітря. Цю процедуру здійснюють за умови зачинених дверцят камери спалювання та непрацюючого джерела запалювання. Відхилення показань кожної з чотирьох термопар від їхнього середнього арифметичного значення має становити не більше ніж 5 °С.

**7.4.5.3** Зважити чотири зразки, помістити їх у тримач, увести його в камеру спалювання. Зважування зразків проводять без негорючої основи. Якщо це зробити неможливо (наприклад, для лакофарбових матеріалів, плівок, штукатурок та інші), то зразки зважують із негорючою основою.

**7.4.5.4** Увімкнути вимірювальні прилади, подавання повітря, витягну вентиляцію, джерело запалювання, зачинити дверцята камери.

**7.4.5.5** Тривалість дії на зразок полум'я від джерела запалювання має складати 10 хв. У процесі проведення випробування проводять постійний запис значень температури згідно з 7.4.3.10 за показаннями всіх чотирьох термопар, установлених у газовідвідній трубі. Після закінчення 10 хв джерело запалювання вимикають. За наявності полум'я чи ознак тління фіксують тривалість самостійного горіння (тління). Випробування вважають закінченим після охолодження зразків до температури довкілля.

**7.4.5.6** Після закінчення випробування вимкнути подавання повітря, витягну вентиляцію, вимірювальні прилади, витягнути зразки з камери спалювання.

**7.4.5.7** Для кожного випробування визначають такі показники:

- температуру газоподібних продуктів горіння;
- тривалість самостійного горіння та/або тління;
- довжину пошкодження зразка;
- масу зразка до і після випробування.

**7.4.5.8** У процесі проведення випробування реєструють температуру газоподібних продуктів горіння не менше двох разів на хвилину за показаннями всіх чотирьох термопар, установлених в газовідвідній трубі, і фіксують тривалість самостійного горіння зразків (за наявності полум'я чи ознак тління).

**7.4.5.9** Під час випробування фіксують також такі спостереження:

- час досягнення максимальної температури газоподібних продуктів горіння;



— утворення краплин розплаву та/або фрагментів, що горять під час випробування.

**Примітка.** Якщо під час випробування середнє арифметичне значення температури димових газів становить більше ніж 450 °С упродовж дії на зразки полум'я газового пальника менше ніж 10 хв, джерело запалювання вимикають. Випробування вважають закінченим. Наступні випробування двох комплектів зразків не проводять. Час завершення дії джерела запалювання, максимальну температуру димових газів, тривалість самостійного полум'яного горіння та/або тління зразків і параметри згідно з 7.4.5.9 реєструють у протоколі випробування та наводять висновок щодо приналежності матеріалу до групи горючості Г4 (підвищеної горючості).

#### **7.4.6 Оброблення результатів випробування**

**7.4.6.1** Після закінчення випробування вимірюють довжину відрізків неушкодженої частини зразків (згідно з рисунком 4) та визначають остаточну масу ( $m_0$ , г) зразків.

Неушкодженою вважають ту частину зразка, яка не згоріла і не обвуглилася ні на поверхні, ні всередині. Осідання сажі, зміну кольору зразка, місцеві відколи, спікання, оплавлення, спучування, усадку, жолоблення, зміну форми зразка і шорсткість поверхні не вважають ушкодженнями.

Зважують неушкоджену частину зразків, що залишилася на тримачі. Похибка зважування має становити не більше ніж 1 % від початкової маси зразка.

##### **7.4.6.2 Оброблення результатів одного випробування (чотирьох зразків).**

**7.4.6.2.1** Температуру газоподібних продуктів горіння  $T_i$  вважають рівною середньому арифметичному значенню максимальних температурних показань, які реєструються одночасно, всіх чотирьох термопар, що установлені в газовідвідній трубі.

**7.4.6.2.2** Довжину ушкодження одного зразка визначають різницею між номінальною довжиною до випробування і середньою арифметичною довжиною неушкодженої частини зразка, яку визначають із довжини її відрізків, що вимірюються відповідно до рисунка 4.

Вимірювання значень довжини відрізків потрібно округляти до 1 см.

**7.4.6.2.3** Довжину ушкодження зразків під час випробування визначають як середню арифметичну величину з довжин ушкодження кожного з чотирьох випробуваних зразків.

**7.4.6.2.4** Ушкодження за масою кожного зразка визначають різницею між масою зразка до випробування і його остаточною масою після випробування.

**7.4.6.2.5** Ушкодження за масою зразків визначають середньою арифметичною величиною цього ушкодження для чотирьох випробуваних зразків.

##### **7.4.6.3 Оброблення результатів трьох випробувань (визначення параметрів горючості).**

**7.4.6.3.1** Під час оброблення результатів трьох випробувань обчислюють такі параметри горючості будівельного матеріалу:

- температуру газоподібних продуктів горіння;
- тривалість самостійного горіння;
- ступінь ушкодження за довжиною;
- ступінь ушкодження за масою.

**7.4.6.3.2** Температуру газоподібних продуктів горіння ( $T$ , °С) і тривалість самостійного горіння ( $t_{f,r}$ , с) визначають як середнє арифметичне значення результатів трьох випробувань.

**7.4.6.3.3** Ступінь ушкодження за довжиною ( $S_L$ , %) визначають процентним відношенням довжини ушкодження зразків до їхньої номінальної довжини і обчислюють як середнє арифметичне значення цього відношення з результатів кожного випробування.

**7.4.6.3.4** Ступінь ушкодження за масою ( $S_m$ , %) визначають процентним відношенням маси ушкодженої частини зразків до початкової (за результатами одного випробування) і обчислюють як середнє арифметичне значення цього відношення з результатів кожного випробування.

**7.4.6.3.5** Одержані результати округляють до цілих чисел.

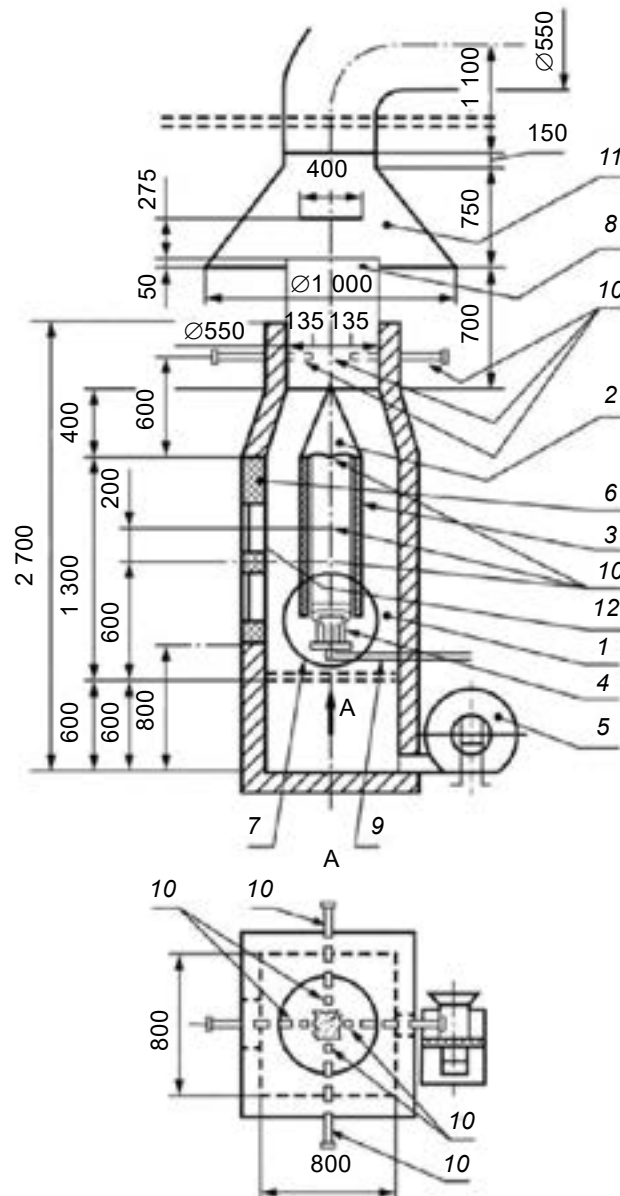
**7.4.6.3.6** Матеріал потрібно відносити до групи горючості відповідно до таблиці 2.

#### **7.4.7 Протокол випробування**

**7.4.7.1** У протоколі випробування наводять такі дані:

- дату випробування;
- найменування лабораторії, що проводить випробування;
- найменування замовника;
- найменування матеріалу;
- шифр технічної документації на матеріал;
- опис матеріалу із зазначенням складу, способу виготовлення та інших характеристик;

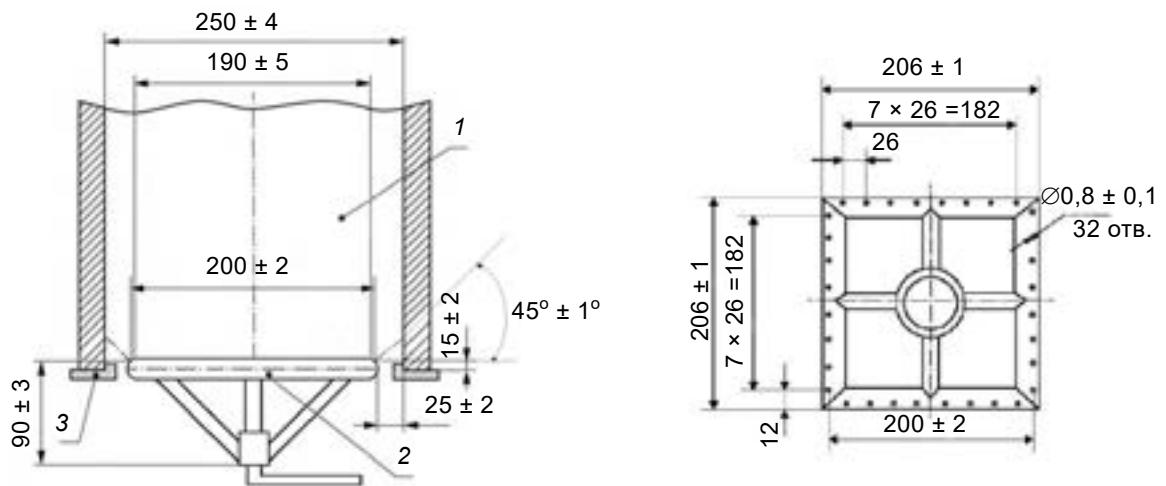
- найменування кожного матеріалу, що є складовою частиною шаруватого матеріалу, із зазначенням товщини шару;
- спосіб виготовлення зразка із зазначенням матеріалу основи і способу кріплення;
- спостереження під час випробування;
- характеристики поверхні, що експонується;
- результати випробувань (параметри горючості);
- висновок за результатами випробувань про групу горючості матеріалу. Для матеріалів, що випробовуються згідно з 7.4.2.3 і 7.4.2.5, зазначають групи горючості для всіх випадків, які установлені цими пунктами.



Умовні позначки:

- |                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1 — камера спалювання;            | 7 — діафрагма;          |
| 2 — тримач зразка;                | 8 — вентиляційна труба; |
| 3 — зразок;                       | 9 — газопровід;         |
| 4 — газовий пальник;              | 10 — термомпери;        |
| 5 — вентилятор подавання повітря; | 11 — витяжний зонтик;   |
| 6 — двері камери спалювання;      | 12 — оглядове вікно.    |

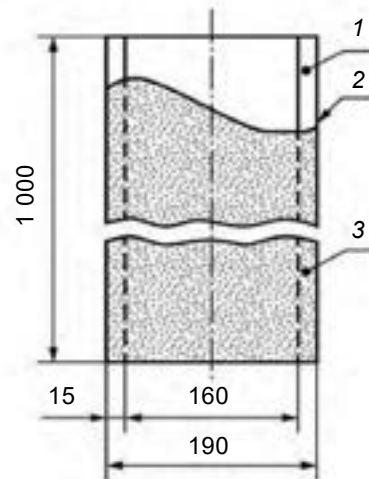
Рисунок 2 — Загальний вигляд установки



Умовні позначки:

- 1 — зразок;
- 2 — газовий пальник;
- 3 — основа тримача (опора зразка).

Рисунок 3 — Схема пальника



Умовні позначки:

- 1 — неушкоджена поверхня;
- 2 — межа ушкодженої та неушкодженої поверхні;
- 3 — ушкоджена поверхня.

Рисунок 4 — Схема визначення довжини ушкодження зразка

### 7.5 Метод експериментального визначення температури спалаху рідини в закритому тиглі

Для експериментального визначення температури спалаху рідини в закритому тиглі застосовують метод, який наведено в ДСТУ ISO 2719.

Метод реалізують у діапазоні температур від мінус 15 °С до 360 °С і він не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються під час нагрівання, та рідин, що гідролізуються і швидко окислюються.

#### 7.5.1 Обладнання для випробування

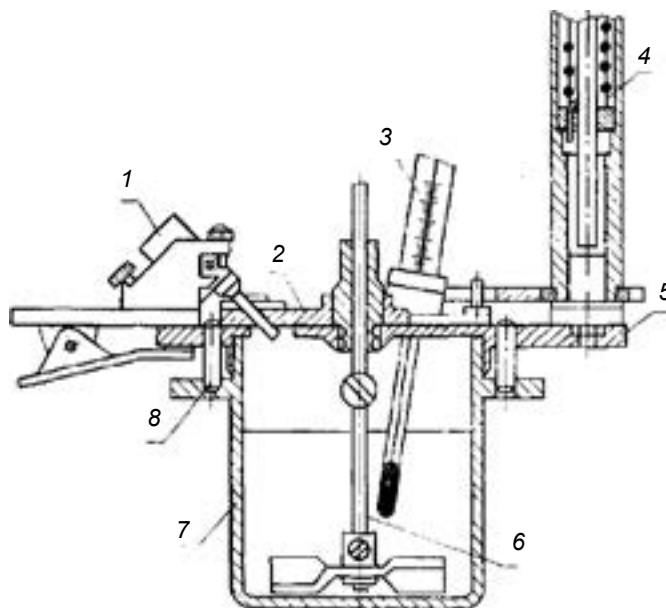
Установка для визначення температури спалаху в закритому тиглі (див. рисунок 5) повинна мати такі елементи.

**7.5.1.1** Тигель (рисунок 5) заввишки (55,9 ± 0,1) мм, із внутрішнім діаметром 50,8 мм, виконаний з корозійностійкого металу, має показчик рівня заповнення на глибині 21,8 мм від верхнього краю тигля. Тигель забезпечений кришкою та змішувачем, заслінкою, що відкривається, та пальником. Джерелом полум'я в пальнику може бути будь-який горючий газ.

**7.5.1.2** Пристрій для нагрівання тигля з досліджуваною рідиною, що забезпечує швидкість нагрівання від 5 °С/хв до 6 °С/хв.

Нагрівання тигля з в'язкою рідиною типу лаків, фарб, емалей, нафтових та аналогічних продуктів (далі — лаків) можна проводити із застосуванням нагрівальної ванни — посудини з рідиною достатньої теплоємності, що дає змогу регулювати швидкість нагрівання в заданому режимі. Також можна використовувати технічні способи, які забезпечують зазначену швидкість нагрівання.

Для проведення випробування за температури проби, нижчої від температури довкілля, тигель охолоджують. Крім технічних способів охолодження можна використовувати посудину, яка містить суміш льоду з хлористим натрієм, або ацетону чи етанолу з сухим льодом, або гексану з рідким азотом. Тигель має бути занурений у цю посудину до рівня випробувальної проби всередині тигля.



Умовні позначки:

- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 1 — пальник;            | 5 — кришка;                |
| 2 — заслінка;           | 6 — змішувач;              |
| 3 — термометр;          | 7 — тигель;                |
| 4 — пружинний механізм; | 8 — штифт-фіксатор кришки. |

Рисунок 5 — Загальний вигляд установки

**7.5.1.3** Термометри з поділкою шкали не більше ніж 1 °С чи інші засоби вимірювання температури з похибкою не більше ніж ±1 °С.

**7.5.1.4** Секундомір з похибкою не більше ніж ±1 с для контролю швидкості нагрівання рідини.

**7.5.1.5** Установку необхідно встановити у витяжній шафі.

### **7.5.2 Підготовка до випробування**

**7.5.2.1** Зразок рідини, що має температуру спалаху нижче ніж 50 °С, охолоджують до температури, яка не менше ніж на 17 °С нижча від передбачуваної температури спалаху. Зразки в'язких рідин перед випробуванням нагрівають до достатньої текучості.

**7.5.2.2** Досліджувану рідину наливають у чистий сухий тигель до мітки, не допускаючи при цьому змочування стінок тигля вище вказаної мітки.

**7.5.2.3** Тигель закривають кришкою та встановлюють у нагрівальну ванну, вставляють термометр і запалюють пальник, регулюючи полум'я так, щоб воно мало форму сфери діаметром  $(4,0 \pm 0,5)$  мм.

**Примітка.** Температуру нагрівальної ванни для визначення температури спалаху лаків встановлюють приблизно на 5 °С нижче від передбачуваної температури спалаху.

**7.5.2.4** Придатність установки до роботи перевіряють за стандартними зразками, значення температури спалаху яких наведено в таблиці 9.

**7.5.2.5** Допустимо застосовувати автоматизовані установки для визначення температури спалаху, що дає змогу економити час експерименту і використовувати меншу кількість проб. Під час використання цих автоматизованих установок необхідно суворо дотримувати всі інструкції виробника.

**Таблиця 9**

Стандартний зразок	Температура спалаху, °С	Похибка, °С
Декан	53	±2,0
Ундекан	68	±2,0
Додекан	84	±2,0
Тетрадекан	109	±2,0
Гексадекан	134	±5,0

### **7.5.3 Проведення випробування**

**7.5.3.1** Вмикають перемішувальний пристрій, забезпечуючи частоту обертання від  $1,5 \text{ с}^{-1}$  до  $2,0 \text{ с}^{-1}$ . Під час випробування лаків не обмежують частоту обертання змішувача.

**7.5.3.2** Вмикають установку та нагрівають досліджувану рідину зі швидкістю  $(5\text{—}6) \text{ }^\circ\text{С/хв}$ . Під час випробування лаків швидкість нагрівання має становити не більше ніж  $1 \text{ }^\circ\text{С}$  за 3 хв. У разі використання нагрівальної ванни нагрівання ведуть з такою швидкістю, щоб різниця між температурами рідини у ванні та досліджуваного зразка в закритому тиглі не перевищувала  $2 \text{ }^\circ\text{С}$ .

**7.5.3.3** Випробування на спалах починають проводити за температури зразка на  $17 \text{ }^\circ\text{С}$  нижче передбачуваної температури спалаху і повторюють через кожний  $1 \text{ }^\circ\text{С}$  підвищення температури для рідин з температурою спалаху до  $104 \text{ }^\circ\text{С}$  та через кожні  $2 \text{ }^\circ\text{С}$  — для рідин із температурою спалаху більше ніж  $104 \text{ }^\circ\text{С}$ .

Випробування на спалах для лаків починають проводити на  $5 \text{ }^\circ\text{С}$  більше від передбачуваної температури спалаху і повторюють через кожні  $0,5 \text{ }^\circ\text{С}$  підвищення температури.

**7.5.3.4** У момент випробування на спалах перемішування припиняють. Повертанням пружинного механізму відкривають заслінку на кришці та опускають полум'я пальника всередину тигля, залишаючи пальник у нижньому положенні на 1 с, та повертають у початкове положення. Стежать за полум'ям під час відкривання і закривання заслінки.

**7.5.3.5** За температуру спалаху вважають показники термометра в момент появи першого полум'я над поверхнею рідини. Спалах пари досліджуваної рідини над поверхнею кришки тигля не враховують. Випробування на спалах (у разі її відсутності) припиняють, коли досягнуто температури кипіння досліджуваної рідини.

**7.5.3.6** Якщо полум'я пальника згасло в момент відкривання кришки, результати цієї спроби не враховують.

**7.5.3.7** Якщо випробуванням піддають рідину з невідомою температурою спалаху, то проводять попереднє випробування згідно з 7.5.2.3—7.5.3.6. Цей результат не враховують, якщо розбіжність між попереднім і подальшим випробуванням перевищує величину, наведену в 7.5.4.2.

**Примітка.** Для лаків, що містять леткі компоненти, загальний час випробування не повинен перевищувати 1 год.

**7.5.4 Оцінювання результатів**

**7.5.4.1** За температуру спалаху досліджуваної рідини вважають середнє арифметичне значень температури спалаху, отриманих на двох зразках під час випробування лаків і на трьох зразках під час випробування інших рідин, з поправкою на атмосферний тиск. Поправку ( $\Delta t$ ) на атмосферний тиск в  $^{\circ}\text{C}$  обчислюють за формулою:

$$\Delta t = 0,27(101,3 - p_a), \tag{3}$$

де  $p_a$  — атмосферний тиск, кПа.

**7.5.4.2** Збіжність і відтворюваність методу відповідають значенням, наведеним у таблиці 10.

**Таблиця 10**

Речовина	Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	Допустимі розбіжності, $^{\circ}\text{C}$	
		збіжність	відтворюваність
Хімічні органічні речовини та нафтопродукти	До 104	2,0	3,5
	Більше ніж 104	5,5	8,0
Лаки, фарби, емалі та аналогічні продукти	—	2,0	3,0

**7.5.4.3** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

**7.6 Метод експериментального визначення температури спалаху рідин у відкритому тиглі**

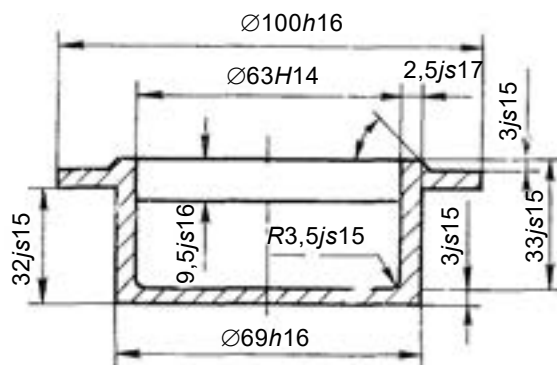
Для експериментального визначення температури спалаху рідини у відкритому тиглі застосовують метод, наведений у ДСТУ EN ISO 2592.

Метод реалізують у діапазоні температур від мінус  $15^{\circ}\text{C}$  до  $360^{\circ}\text{C}$  і він не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються під час нагрівання, та рідин, що гідролізуються і швидко окислюються.

**7.6.1 Обладнання для випробування**

Установка для визначення температури спалаху у відкритому тиглі охоплює такі елементи.

**7.6.1.1** Тигель із внутрішнім покажчиком рівня заповнення (рисунок 6), виконано з корозійностійкого матеріалу (фарфору або металу).

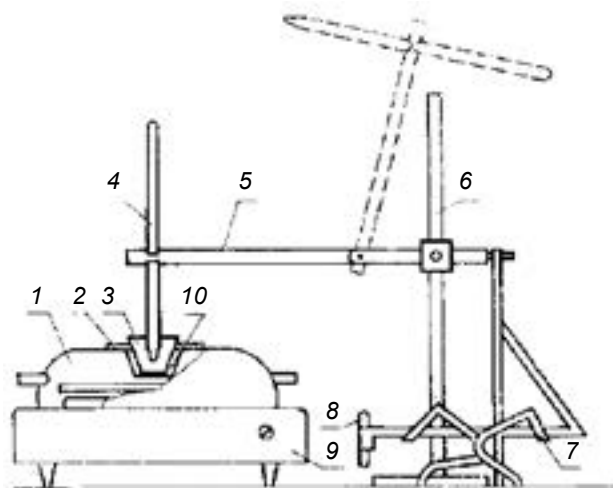


**Рисунок 6** — Схема тигля

**7.6.1.2** Пристрій для нагрівання тигля, що забезпечує швидкість нагрівання до  $17^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ .

Нагрівання тигля з в'язкою рідиною типу лаків, фарб, емалей, нафтових та аналогічних продуктів (далі — лаків) можна проводити із застосуванням нагрівальної ванни — посудини з рідиною достатньої теплоємності, що дає змогу регулювати швидкість нагрівання в заданому режимі. Також можна використовувати технічні способи, які забезпечують зазначену швидкість нагрівання.

Для проведення випробування за температури проби, нижчої від температури довкілля, тигель охолоджують. Крім технічних способів охолодження можна використовувати посудину, яка містить суміш льоду з хлористим натрієм, або ацетону або етанолу з сухим льодом, або гексану з рідким азотом. Тигель має бути занурений в цю посудину до рівня випробувальної проби всередині тигля.



Умовні позначки:

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| 1 — нагрівальна ванна; | 6 — штатив;                 |
| 2 — кільце з пароніту; | 7 — підставка для пальника; |
| 3 — тигель;            | 8 — газовий пальник;        |
| 4 — термометр;         | 9 — нагрівальний пристрій;  |
| 5 — тримач термометра; | 10 — азбестова прокладка.   |

**Рисунок 7** — Загальний вигляд установки

**7.6.1.3** Термометри з поділкою шкали не більше ніж  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  чи інші засоби вимірювання температури з похибкою не більше зазначеної.

**7.6.1.4** Секундомір із похибкою не більше ніж 1 с для контролю швидкості нагрівання рідини.

**7.6.1.5** Тристоронній екран із шириною сторони 460 мм та висотою 610 мм для захисту тигля від потоків повітря.

**7.6.1.6** Газовий пальник, що має полум'я в формі сфери діаметром  $(4,0 \pm 0,5)$  мм.

**7.6.1.7** Допустимо застосовувати автоматизовані установки для визначення температури спалаху, що дає змогу економити час експерименту та використовувати меншу кількість проб. У разі використання цих автоматизованих установок потрібно суворо дотримувати всі інструкції виробника.

### 7.6.2 Підготовка до випробувань

**7.6.2.1** Зразок рідини, що має температуру спалаху нижче ніж  $79\text{ }^{\circ}\text{C}$ , охолоджують до температури, яка не менше ніж на  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  нижче від передбачуваної температури спалаху. Зразки в'язких рідин перед випробуванням нагрівають до достатньої текучості, але не більше ніж до температури, яка на  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  нижче від передбачуваної температури спалаху.

**7.6.2.2** Прилад встановлюють на рівній стійкій поверхні в такому місці, де немає помітного руху повітря, і світло настільки затемнене, що спалах добре видно.

**7.6.2.3** Досліджувану рідину наливають у чистий сухий тигель до мітки, не допускаючи змочування стінок тигля вище вказаної мітки.

**Примітка.** У разі використання установки досліджувану рідину наливають до рівня на 12 мм нижче краю тигля.

**7.6.2.4** Тигель встановлюють на нагрівальну пластину установки для визначення температури спалаху у відкритому тиглі; у тигель опускають термометр на відстань 6 мм від дна, поміщаючи його в точку, що лежить посередині між центром і стінкою тигля. Запалюють газовий пальник.

**7.6.2.5** Придатність установки до роботи перевіряють за стандартними зразками, значення температури спалаху яких наведено в таблиці 11.

**Таблиця 11**

Стандартний зразок	Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	Похибка, $^{\circ}\text{C}$
Тетрадекан	116	$\pm 3$
Гексадекан	139	$\pm 3$

### 7.6.3 Проведення випробування

**7.6.3.1** Вмикають установку. Під час випробування рідин з передбачуваною температурою спалаху вище ніж 79 °С швидкість нагрівання має бути (14—17) °С/хв. За 56 °С до передбачуваної температури спалаху нагрівання зменшують настільки, щоб швидкість підвищення температури за останні 28 °С до температури спалаху дорівнювала (5—6) °С/хв.

Під час випробування рідин з передбачуваною температурою спалаху нижче ніж 79 °С швидкість підвищення температури має становити (5—6) °С/хв.

**Примітка.** Під час випробування в'язких рідин типу лаків нагрівання за 5 °С до передбачуваної температури спалаху потрібно проводити зі швидкістю не більше ніж 1 °С за 3 хв.

**7.6.3.2** Випробування на спалах починають проводити, коли досягнуто температури зразка на 28 °С (5 °С для лаків) нижче передбачуваної температури спалаху, і повторюють через кожні 2 °С (1 °С для лаків) підвищення температури. Перед випробуванням лаків на спалах перемішують зразок впродовж (3—4) с за допомогою скляної палички, занурюючи її на глибину (12—15) мм. Потім паличку виймають і проводять випробування на спалах.

**7.6.3.3** Під час випробування на спалах полум'я газового пальника проводять за рівномірного безперервного руху від однієї сторони тигля до іншої в горизонтальній площині не більше ніж на 2 мм вище за верхній край тигля і тільки в одному напрямку. Кожного наступного разу полум'я переміщують у протилежному напрямку, витрачаючи на його переміщення приблизно 1 с.

**7.6.3.4** За температуру спалаху у відкритому тиглі вважають температуру, що показує термометр, під час якої з'являється короткочасне (менше 5 с) загоряння випарів над частиною чи над усією поверхнею рідини, коли за температури попереднього випробування поява полум'я не відбувається. Спалах не потрібно плутати з блакитним ореолом, що іноді оточує випробувальне полум'я.

**7.6.3.5** Якщо випробовують рідину з невідомою температурою спалаху, то проводять попереднє випробування відповідно до 7.6.2.4—7.6.3.4, нагріваючи зразок з постійною швидкістю (5—6) °С/хв.

**7.6.3.6** У разі відсутності температури спалаху (під час випробування індивідуальної рідини) нагрівання і випробування зразка припиняють, досягши температури кипіння.

**Примітка.** Під час випробування сумішей, що містять легкокиплячі негорючі або важкогорючі компоненти, нагрівання ведуть до википання названих компонентів. Особливості проведення такого випробування зазначають в протоколі.

### 7.6.4 Оцінювання результатів

**7.6.4.1** За температуру спалаху досліджуваної рідини вважають середнє арифметичне значення температури спалаху, отримане на трьох зразках із поправкою на атмосферний тиск, що обчислюють за формулою (3).

**7.6.4.2** Збіжність методу за довірчої імовірності 95 % не перевищує 8 °С.

**7.6.4.3** Відтворюваність методу за довірчої імовірності 95 % не перевищує 16 °С.

**7.6.4.4** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

### 7.7 Метод експериментального визначення температури займання рідин

Для експериментального визначення температури займання рідини у відкритому тиглі застосовують метод, наведений у ДСТУ EN ISO 2592.

Метод реалізують у діапазоні температур від мінус 15 °С до 360 °С і він не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються під час нагрівання, та рідин, що гідролізуються і швидко окислюються.

#### 7.7.1 Обладнання для випробування

Для визначення температури використовують установку, яку застосовують для визначення температури спалаху у відкритому тиглі (див. 7.6.1).

#### 7.7.2 Підготовку до випробування здійснюють відповідно до 7.6.2.

#### 7.7.3 Проведення випробування

**7.7.3.1** Метод визначення температури займання може застосовуватись як самостійний метод чи одночасно з визначенням температури спалаху на тому самому зразку. Після настання спалаху згідно з 7.6.3.4 зразок продовжують нагрівати в тому самому режимі, що й під час визначення температури спалаху. Випробування на займання проводять через кожні 2 °С підвищення температури.

**7.7.3.2** За температуру займання вважають температуру, за якої випари, що утворюються над поверхнею рідини, займаються від полум'я газового пальника і продовжують горіти не менше ніж 5 с після його видалення.



#### 7.7.4 Оцінювання результатів

**7.7.4.1** За температуру займання досліджуваної рідини вважають середнє арифметичне значень температури займання, отриманих на трьох зразках з поправкою на атмосферний тиск, що обчислюють за формулою (3).

**7.7.4.2** Збіжність методу за довірчої імовірності 95 % не перевищує 8 °С.

**7.7.4.3** Відтворюваність методу за довірчої імовірності 95 % не перевищує 16 °С.

**7.7.4.4** Умови і результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

#### 7.8 Метод експериментального визначення температури займання твердих речовин і матеріалів

Метод реалізують у діапазоні температур від 25 °С до 600 °С та він незастосовний до випробування металевих порошків.

##### 7.8.1 Обладнання для випробування

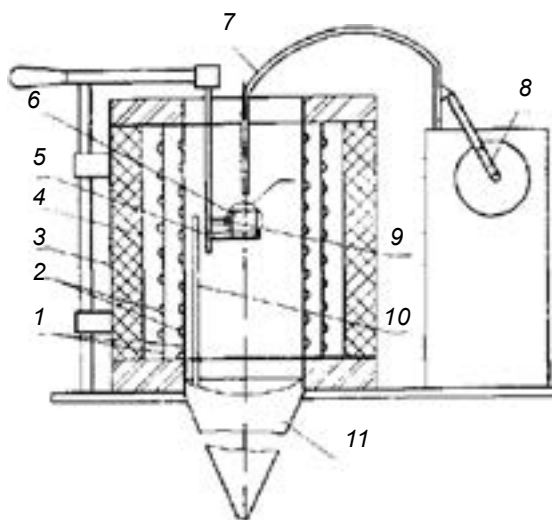
Схему установки для визначення температури займання наведено на рисунку 8.

**7.8.1.1** Установка являє собою вертикальну електропіч з двома коаксіально розташованими циліндрами, виконаними з кварцового скла. Один із циліндрів із внутрішнім діаметром  $(80 \pm 3)$  мм, заввишки 240 мм є реакційною камерою; другий циліндр з такою самою висотою має внутрішній діаметр  $(101 \pm 3)$  мм. На циліндри намотано спіральні електронагрівачі загальною потужністю не менше ніж 2 кВт, що дає змогу створювати температуру робочої зони 600 °С за час не більше ніж 40 хв.

**7.8.1.2** Для розміщення зразка досліджуваної речовини (матеріалу) застосовують контейнер діаметром  $(45 \pm 1)$  мм, висотою  $(18,0_{-0,4})$  мм, виконаний зі сталеві сітки або сталеві листа товщиною не більше ніж 0,5 мм. Контейнер встановлюють у кільце тримача діаметром  $(49,0 \pm 0,6)$  мм. Тримач є металевою трубкою з жаростійкої сталі з привареним у нижній частині кільцем для розміщення контейнера.

**7.8.1.3** Газовий пальник для запалювання зразка, що є трубкою з внутрішнім діаметром  $(6 \pm 1)$  мм, виконано з жаростійкої сталі, запаяний знизу і має на бічній поверхні отвір діаметром  $(0,8 \pm 0,1)$  мм на відстані  $(5,0 \pm 0,3)$  мм від запаяного кінця.

**7.8.1.4** Ламінатор виконано з листові жаростійкої сталі у формі конуса з верхнім діаметром не більше ніж 78 мм, нижнім діаметром не більше ніж 11 мм і довжиною  $(500 \pm 5)$  мм, що слугує для подання природного потоку повітря в реакційну камеру.



Умовні позначки:

- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 — керамічні циліндри;         | 6 — контейнер;              |
| 2 — спіральні електронагрівачі; | 7 — газовий пальник;        |
| 3 — теплоізоляційний матеріал;  | 8 — електропривод пальника; |
| 4 — сталевий екран;             | 9, 10 — термопари;          |
| 5 — тримач зразка;              | 11 — ламінатор.             |

Рисунок 8 — Схема установки

**7.8.1.5** Термопари діаметром термоелектродів не більше ніж 0,5 мм. Термопару 9 призначено для вимірювання температури зразка і розташовано так, щоб забезпечувався контакт із дном і стінкою контейнера (рисунок 8). Термопару 10 призначено для контролювання і регулювання температури в печі та розташовано в середині реакційної камери на відстані  $(140 \pm 5)$  мм від верхнього краю камери та  $(5 \pm 1)$  мм від стінки камери. Похибка вимірювання приладів, які регулюють і реєструють температуру, не повинна перевищувати 0,5 %.

**7.8.1.6** Дзеркало для спостереження за зразком усередині камери.

**7.8.1.7** Секундомір з похибкою вимірювання не більше ніж  $\pm 1$  с.

**7.8.1.8** Шаблони для визначення відстані від нижнього краю пальника до поверхні зразка та для центрування контейнера усередині камери.

**7.8.1.9** Джерело стисненого повітря для пальника з витратою до  $40 \text{ л} \cdot \text{год}^{-1}$ , яка встановлюється за показами ротаметра.

## **7.2 Підготовка до випробування**

**7.8.2.1** Для випробування готують 10—15 зразків досліджуваної речовини (матеріалу) масою по  $(3,0 \pm 0,1)$  г. Зразки матеріалів повинні мати циліндричну форму діаметром  $(45 \pm 1)$  мм. Плівкові та листові матеріали набирають у стопку діаметром  $(45 \pm 1)$  мм, накладаючи шари один на одного до досягнення вказаної маси.

**7.8.2.2** Перед випробуванням зразки витримують у вентиляційній сушильній шафі за температури  $(60 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  не менше ніж 20 год, потім охолоджують до температури довкілля, не виймаючи їх з шафи.

**7.8.2.3** Залежно від об'єму зразка визначають за допомогою шаблонів і фіксують положення контейнера усередині камери та відстань між газовим пальником і поверхнею зразка.

**7.8.2.4** Придатність установки до роботи перевіряють по стандартній речовині — поліметилметакрилату (органічному склу), температура займання якого дорівнює  $(260 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$ .

## **7.3 Проведення випробування**

**7.8.3.1** Нагрівають реакційну камеру до температури початку розкладання досліджуваної речовини (матеріалу) або до  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**7.8.3.2** Регулюючи подавання газу і повітря в пальник, формують полум'я газового пальника висотою  $(10 \pm 2)$  мм.

**7.8.3.3** Витягають з камери тримач з контейнером. У контейнер поміщують зразок за час не більше ніж 15 с і вводять його в реакційну камеру. Електропривод газового пальника вмикають у заданий режим роботи. Періодичність підведення газового пальника до зразка на відстань  $(10 \pm 1)$  мм від його поверхні має становити  $(10 \pm 2)$  с. Спостерігають за зразком у робочій камері за допомогою дзеркала.

**7.8.3.4** Якщо за температури випробування відбувається займання зразка, то випробування припиняють, пальник зупиняють у положенні «поза піччю», контейнер зі зразком витягають із камери. Зазначають у протоколі температуру займання і наступне випробування проводять із новим зразком за меншої температури (наприклад, на  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  менше).

Якщо впродовж 20 хв зразок не загориться або раніше цього часу повністю припиниться виділення диму, то випробування припиняють і в протоколі зазначають відмову.

За температуру випробування вважають показання термopари, що вимірює температуру зразка.

**7.8.3.5** Методом послідовних наближень, використовуючи нові зразки і змінюючи температуру випробування, визначають мінімальну температуру зразка, за якої під час витримки в печі не більше ніж 20 хв відбувається займання зразка і подальше його горіння більше ніж 5 с після видалення пальника, а за температури на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  менше займання відсутнє.

## **7.4 Оцінювання результатів**

**7.8.4.1** За температуру займання досліджуваної речовини (матеріалу) вважають середнє арифметичне значення двох температур, що відрізняються не більше ніж на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , за одної з яких спостерігається займання трьох зразків, а за іншої — три відмови. Отримане значення температури округлюють із точністю до  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**7.8.4.2** Збіжність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує  $7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**7.8.4.3** Відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**7.8.4.4** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

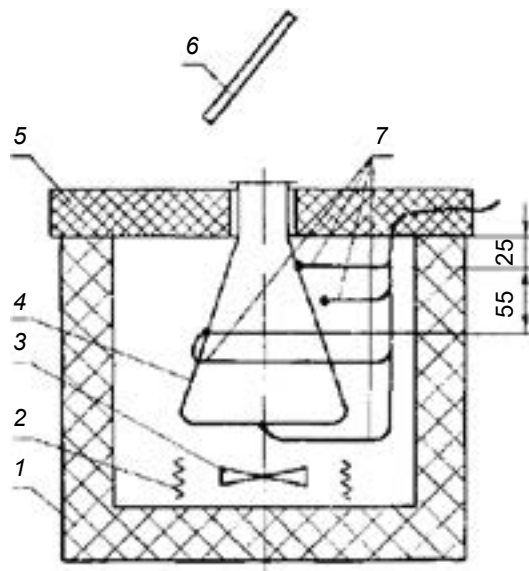
### 7.9 Метод експериментального визначення температури самозаймання газів і рідин

Експериментальне визначення температури самозаймання газів проводять згідно з ДСТУ EN 14522, а рідин — за методом, який наведено нижче.

Метод експериментального визначення температури самозаймання рідин реалізують у діапазоні температур від 25 °С до 600 °С.

#### 7.9.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення температури самозаймання рідин (рисунок 9) має містити такі елементи.



Умовні позначки:

- |                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1 — корпус термостата;            | 5 — кришка термостата; |
| 2 — електрична спіраль нагрівача; | 6 — дзеркало;          |
| 3 — крильчатка вентилятора;       | 7 — термопари.         |
| 4 — реакційна посудина;           |                        |

Рисунок 9 — Загальний вигляд установки

**7.9.1.1** Реакційна посудина у вигляді конічної термостійкої скляної колби об'ємом 200 см<sup>3</sup>. Хімічно чиста колба має використовуватися для випробування кожної речовини і проведення основної серії випробувань.

**Примітка.** Якщо температура самозаймання досліджуваної речовини перевищує температуру розм'якшення скла колби, допустимо застосовувати аналогічні колби з металу (це потрібно зазначати в протоколі випробування).

**7.9.1.2** Повітряний термостат, що забезпечує рівномірне нагрівання колби до заданої температури. Колбу треба вважати рівномірно нагрітою і стан проведення випробування задовільним, якщо отримані значення температур самозаймання відповідні даним таблиці 12 з допустимими відхиленнями згідно з 7.9.3.2.

Таблиця 12

Речовина	Температура самозаймання, °С
н-Гептан	220
Етилен	435
Бензол	560

**Примітка.** Речовини, використовувані для перевірки роботи термостата, повинні мати чистоту не менше ніж 99,9 %.

**7.9.1.3** Для вимірювання температури колби використовують термопари (одну або кілька) із максимальним діаметром робочого спаю не більше ніж 0,8 мм. Термопари розташовують у вибраних точках в тісному контакті із зовнішньою поверхнею колби. Під час використання кількох термопар

за температуру випробування вважають середнє арифметичне значення найменшої та найбільшої температур за показанням термопар. Розбіжності між показаннями термопар не повинні перевищувати 1 %.

**7.9.1.4** Для дозування досліджуваних речовин застосовують шприци та піпетки.

Для дозованого подавання рідин використовують:

а) шприц об'ємом від 0,25 см<sup>3</sup> до 1 см<sup>3</sup> (ціна поділки не більше ніж 0,01 см<sup>3</sup>) із голкою з нержавкої сталі та максимальним діаметром 0,15 мм;

б) піпетку об'ємом 1 см<sup>3</sup>, що забезпечує подання 1 см<sup>3</sup> дистильованої води в 35—40 крапель.

Для дозованого подавання паст, готових фарб, мастик та інших речовин готують декілька проб, що відрізняються одна від одної на (0,05—0,10) г, з похибкою не більше ніж  $\pm 0,01$  г.

**Примітка.** Допустимо використовувати інші дозувальні засоби, що забезпечують необхідні параметри.

**7.9.1.5** Секундомір із похибкою вимірювань не більше ніж  $\pm 1$  с для визначення періоду індукції.

**7.9.1.6** Спостереження за реакцією в колбі здійснюють давачем виявлення полум'я або за допомогою дзеркала, яке встановлюють на висоті  $(250 \pm 10)$  мм над колбою.

**7.9.1.7** Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі.

## 7.9.2 Проведення випробування

**7.9.2.1** Температуру всередині термостата заздалегідь регулюють так, щоб було забезпечено рівномірне нагрівання колби до необхідного значення температури.

### 7.9.2.2 Введення проби в колбу

Рекомендований об'єм проби для попереднього випробування рідин 0,07 см<sup>3</sup>, паст, мастик тощо 0,2 г.

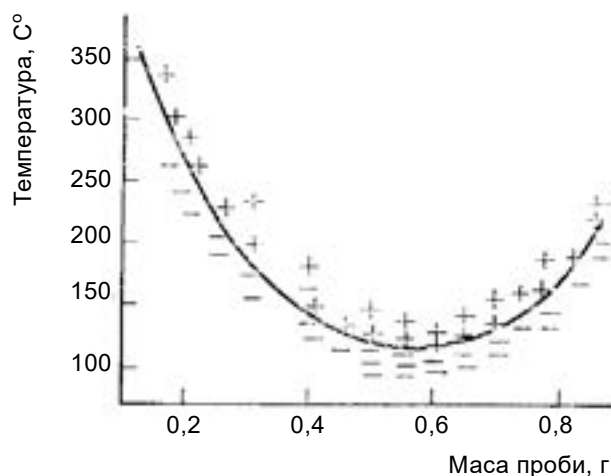
Пробу досліджуваної речовини вводять у центр колби за час не більше ніж 2 с. Після введення проби дозувальний пристрій швидко відводять. Під час подання рідини потрібно уникати її попадання на стінки колби. Наважку паст, мастик та інших в'язких речовин треба вносити в колбу на алюмінієвій фользі завтовшки не більше ніж 0,1 мм.

**Примітка.** Під час випробування речовин за температури кипіння, близької чи рівної кімнатній температурі, потрібно вжити відповідні заходи, щоб не сталася зміна агрегатного стану речовини перед введенням її в колбу (наприклад, охолодити).

**7.9.2.3** У момент закінчення введення проби в колбу вмикають секундомір і спостерігають за змістом колби до появи полум'я та/або вибуху. У цей момент секундомір зупиняють і реєструють період індукції самозаймання. Якщо полум'я та/або вибух не спостерігаються, секундомір зупиняють через 5 хв і випробування припиняють.

**7.9.2.4** Після кожного випробування колбу продувають сухим повітрям, після чого вона має набути необхідної температури випробування. У разі забруднення колби твердими продуктами згоряння її очищають або замінюють чистою.

**7.9.2.5** Випробування повторюють за різних температур і з різними об'ємами проб до досягнення мінімальної температури самозаймання (що визначають відповідно залежності температури самозаймання від маси проби, див. рисунок 10).



**Рисунок 10** — Графік залежності температури самозаймання від маси проби

**7.9.2.6** Основну серію випробувань проводять з найменшою кількістю речовини, яка має найменшу температуру самозаймання, через інтервал температури 2 °С, доки не буде визначено найменшу температуру, за якої спостерігається самозаймання зразка, а за температури на 2 °С нижче у разі п'ятикратного повторення випробування самозаймання не відбувається.

### **7.9.3 Оцінювання результатів**

**7.9.3.1** За температуру самозаймання досліджуваної речовини вважають найменшу температуру випробування, за якої спостерігалось самозаймання зразка в умовах, наведених у 7.9.2.6.

**7.9.3.2** Збіжність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 2 %.

**7.9.3.3** Відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 5 %.

**7.9.3.4** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

## **7.10 Метод експериментального визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів**

Метод реалізують у діапазоні температур від 25 °С до 600 °С і він незастосовний для випробування металевих порошків.

### **7.10.1 Обладнання для випробування**

Установка для визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів відповідає установці, призначеній для визначення температури займання і наведеної у 7.8.1.

Газовий палик під час визначення температури самозаймання не використовують, він знаходиться в положенні «поза піччю».

**7.10.2** Підготовка до випробувань — відповідно до 7.8.2.

**7.10.2.1** Установку потрібно розміщувати у витяжній шафі.

### **7.10.3 Проведення випробувань**

**7.10.3.1** Нагрівають робочу камеру до температури, що перевищує на 200 °С температуру початку розкладання досліджуваної речовини (матеріалу), або до 500 °С.

**7.10.3.2** Після встановлення в робочій камері стаціонарного температурного режиму, визначеного за показниками двох термопар, виймають з камери контейнер, заповнюють його зразком протягом не більше ніж 15 с та опускають всередину камери. Спостерігають за зразком за допомогою дзеркала.

**7.10.3.3** Якщо за заданої температури випробування спостерігається самозаймання, то наступне випробування проводять за меншої температури (наприклад, на 50 °С).

Якщо впродовж 20 хв або до моменту повного припинення димоутворення самозаймання не спостерігається, випробування припиняють і в протоколі зазначають відмову.

**7.10.3.4** Методом послідовних наближень визначають мінімальну температуру робочої камери, під час якої зразок займається і горить більше ніж 5 с, а за температури на 10 °С меншої спостерігається відмова.

### **7.10.4 Оцінювання результатів**

**7.10.4.1** За температуру самозаймання досліджуваної речовини (матеріалу) вважають середнє арифметичне двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10 °С, за однієї з яких спостерігається самозаймання трьох зразків, а за іншої — три відмови. Отримане значення температури самозаймання округлюють з точністю до 5 °С.

**7.10.4.2** Збіжність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 5 °С.

**7.10.4.3** Відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 17 °С.

**7.10.4.4** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

## **7.11 Метод експериментального визначення концентраційних меж поширення полум'я по газо- і пароповітряних сумішах**

Експериментальне визначення температури концентраційних меж поширення полум'я по газо- і пароповітряних сумішах проводять відповідно до ДСТУ EN 1839.

**7.12 Метод експериментального визначення властивості, що характеризує вибухонебезпечність пилоповітряних сумішей — максимального тиску вибуху, нижньої концентраційної межі поширення полум'я, мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню і мінімальної флегматизувальної концентрації флегматизатора**

Експериментальне визначення показників вибуху пилоповітряних сумішей — максимального тиску вибуху, нижньої концентраційної межі поширення полум'я, мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню і мінімальної флегматизувальної концентрації флегматизатора проводять відповідно до ДСТУ EN 14034-4.

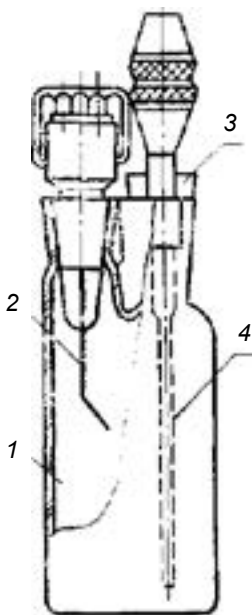
### 7.13 Метод експериментального визначення температурних меж поширення полум'я по пароповітряних сумішах

Метод реалізують за температури від мінус 50 °С до 300 °С і він не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються під час нагрівання, гідролізуються та швидко окислюються, а також сумішей, що містять більше ніж 40 % води.

#### 7.13.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення температурних меж поширення полум'я охоплює такі елементи.

**7.13.1.1** Реакційна посудина (рисунок 11) з трьома горловинами з термостійкого скла із зовнішнім діаметром ( $65 \pm 2$ ) мм і висотою до горловин ( $125 \pm 5$ ) мм.



Умовні позначки:

- 1 — реакційна посудина;
- 2 — запалювальний пристрій;
- 3 — скидний клапан;
- 4 — термопара.

**Рисунок 11** — Загальний вигляд реакційної посудини

**7.13.1.2** Запалювальний пристрій, що виробляє іскру потужністю ( $6 \pm 1$ ) Дж за 1 с за розрядного проміжка між електродами ( $5 \pm 1$ ) мм. Електроди пристрою, що запалюється, виконано у вигляді конуса і розташовано в центрі пароповітряного простору.

**Примітка.** Для речовин, які не запалюються від іскрового джерела запалювання, застосовують спіраль з ніхромового дроту діаметром 0,3 мм і довжиною 300 мм; внутрішній діаметр спіралі ( $5 \pm 1$ ) мм. Температура розжареної спіралі — (1 000—1 200) °С, час виходу на робочу температуру — не більше ніж 4 с.

**7.13.1.3** Термопари з максимальним діаметром робочого спаю не більше ніж 1 мм для вимірювання температури досліджуваної рідини та пароповітряної суміші.

**7.13.1.4** Термостат, що забезпечує робочу температуру від мінус 50 °С до 300 °С.

**7.13.1.5** Пристрій для продування реакційної посудини повітрям.

**7.13.1.6** Установку потрібно розміщувати у витяжній шафі.

#### 7.13.2 Підготовка до випробування

**7.13.2.1** Визначають відповідність досліджуваної рідини паспортним даним.

**7.13.2.2** Заздалегідь обчислюють температурні межі поширення полум'я відповідно до формул, наведених у додатку Б.

**7.13.2.3** Залежно від обчислювальних значень температурних меж, вибирають робочу температуру для термостатування реакційної посудини з досліджуваною рідиною. Для першого випробування в термостаті встановлюють температуру, яка має бути під час визначення нижньої межі менше його обчислювального значення або значення температури спалаху в закритому тиглі на (5—10) °С, а в разі визначення верхньої межі — більше його обчислювального значення на (10—15) °С.

**7.13.2.4** У чисту суху реакційну посудину поміщають (70 ± 2) см<sup>3</sup> досліджуваної рідини. В одну з горловин встановлюють іскрове джерело запалювання, іскровий проміжок якого має знаходитися в центрі пароповітряного простору. У другу горловину встановлюють дві термопари так, щоб робочий спай одного з них знаходився в центрі шару рідини, а робочий спай другого — у центрі пароповітряного простору. Третя горловина слугує для скидання надмірного тиску через клапан, маса якого становить не більше ніж 6 г. Потім реакційну посудину поміщають у термостат.

**7.13.2.5** Придатність установки до роботи перевіряють за додеканом (чистотою не менше ніж 99,9 %), температурні межі якого дорівнюють: нижній (79 ± 5) °С, верхній (119 ± 5) °С.

### **7.13.3 Проведення випробування**

**7.13.3.1** За вибраної температури випробування реакційну посудину з досліджуваною рідиною термостатують впродовж (12—15) хв для встановлення термодинамічної рівноваги між рідкою та паровою фазами. Температури рідкої та парової фаз мають стабілізуватися, а їхня різниця не повинна перевищувати 1 °С.

За температуру випробування вважають температуру рідкої фази.

**7.13.3.2** Проводять випробування на займання, зокрема джерела запалювання, на 1 с.

**7.13.3.3** Результати випробування на поширення полум'я оцінюють візуально або за допомогою давача.

За займання вважають поширення полум'я по пароповітряній суміші від джерела запалювання до верхньої частини реакційної посудини.

**7.13.3.4** Якщо під час першого випробування на займання отриманий негативний результат, то наступне випробування проводять за температури, збільшеної не більше ніж на 5 °С для нижньої межі та зменшеної не більше ніж на 5 °С для верхньої межі.

**7.13.3.5** Якщо під час першого випробування на займання отримано позитивний результат, то наступне випробування проводять за температури, зменшеної не менше ніж на 5 °С для нижньої межі та збільшеної не менше ніж на 5 °С для верхньої межі.

Змінюючи температуру досліджуваної рідини, знаходять два такі значення температури з різницею не більше ніж 2 °С, під час одного з яких відбувається займання, а в іншому — відмова.

**7.13.3.6** Після кожного випробування на займання незалежно від його результатів реакційну посудину продувають повітрям, забезпечуючи кратність обміну повітря в пароповітряному просторі не менше трьох.

**7.13.3.7** Якщо досліджувана рідина змінює свої фізичні властивості чи зовнішній вигляд, то подальші випробування потрібно проводити з новим зразком.

### **7.13.4 Оцінювання результатів**

**7.13.4.1** За температурну межу поширення полум'я вважають середнє арифметичне не менше трьох пар визначень на займання і відмову, отримані на трьох зразках досліджуваної рідини.

**7.13.4.2** Збіжність і відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищують значень, наведених у таблиці 13.

**Таблиця 13**

Речовина	Допустимі розбіжності, °С	
	збіжність	відтворюваність
Хімічні органічні речовини та нафтопродукти	7	15
Технічні суміші та реакційні маси	9	20

**7.13.4.3** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

### **7.14 Метод експериментального визначення температури тління твердих речовин і матеріалів**

Метод реалізують за температури від 25 °С до 600 °С і він не застосовний для випробування металевих порошків.

#### **7.14.1 Обладнання для випробування**

Для визначення температури тління застосовують установку, наведену в 7.8.1.

#### **7.14.2 Підготовка до випробування**

**7.14.2.1** Для випробування готують 10—15 зразків досліджуваної речовини (матеріалу) масою  $(3,0 \pm 0,1)$  г. Зразки матеріалів повинні мати циліндричну форму діаметром  $(45 \pm 1)$  мм; у зразку роблять наскрізний отвір діаметром  $(20 \pm 1)$  мм зі зміщенням від центра на  $(3,5 \pm 0,2)$  мм для введення пальника.

Плівкові та листові матеріали набирають в стопку діаметром  $(45 \pm 1)$  мм, накладаючи шари один на одний до досягнення зазначеної маси.

**7.14.2.2** Перед випробуванням зразки витримують у вентилязованій сушильній шафі за температури  $(60 \pm 5)$  °С не менше ніж 20 год, потім охолоджують до температури довкілля, не виймаючи їх з шафи.

**7.14.2.3** Залежно від об'єму зразка визначають за допомогою шаблонів і фіксують положення контейнера всередині камери та відстань між газовим пальником і поверхнею зразка.

**7.14.2.4** Газовий пальник у цьому методі використовують як магістраль для примусового подавання повітря на зразок. Для цього необхідно ввімкнути мікрокомпресор, що забезпечує витрату повітря  $0,7 \text{ л} \cdot \text{хв}^{-1}$  та повністю відкрити вентиль витрати повітря.

#### **7.14.3 Проведення випробування**

**7.14.3.1** Нагрівають реакційну камеру до температури початку розкладання досліджуваної речовини (матеріалу) або до 300 °С.

**7.14.3.2** Витягають з реакційної камери тримач із контейнером. За час не більше ніж 15 с поміщають зразок у контейнер і вводять його в реакційну камеру. Опускають усередину реакційної камери пальник.

**7.14.3.3** Якщо за температури випробування зразок тліє (спостерігається світіння) більше ніж 5 с, то випробування припиняють, контейнер витягають з камери і звільняють від продуктів згорання. Наступне випробування з новим зразком проводять за меншої температури (наприклад, на 50 °С менше).

Якщо впродовж 20 хв зразок не тліє, випробування припиняють і в протоколі зазначають відмову. Методом послідовних наближень визначають мінімальну температуру, під час якої за час витримування в печі не більше ніж 20 хв спостерігається тління зразка, а за температури на 10 °С менше тління відсутнє.

#### **7.14.4 Оцінювання результатів**

**7.14.4.1** За температуру тління вважають середнє арифметичне значення двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10 °С, під час однієї з яких спостерігається тління трьох зразків, а за іншої — три відмови. Отримане значення температури округлюють із точністю до 5 °С.

**7.14.4.2** Збіжність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 7 °С.

**7.14.4.3** Відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 20 °С.

**7.14.4.4** Умови і результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

### **7.15 Метод експериментального визначення кисневого індексу пластмас**

Експериментальне визначення кисневого індексу пластмас проводять згідно з ДСТУ EN ISO 4589-2 та ДСТУ EN ISO 4589-3.

### **7.16 Метод експериментального визначення здатності речовин і матеріалів вибухати й горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами**

#### **7.16.1 Обладнання для випробування**

Установка, яку застосовують для визначення здатності речовин вибухати й горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря та одної з одною охоплює такі елементи.

**7.16.1.1** Термостат (електрична сушильна шафа) об'ємом не менше ніж 2 дм<sup>3</sup> із терморегулятором, що дає змогу підтримувати постійну температуру робочої зони в діапазоні (25—100) °С з похибкою не більше ніж 1 °С. Термостат потрібно встановлювати у витяжній шафі.

**7.16.1.2** Термопари.

**7.16.1.3** Реакційні посудини з корозійностійкого матеріалу (наприклад, фарфорові тиглі діаметром 50 мм).



### 7.16.2 Проведення випробування

**7.16.2.1** Установлюють відповідність досліджуваних речовин паспортним даним.

**7.16.2.2** Попередні випробування речовин на здатність вибухати й горіти під час взаємодії одна з одною проводять за допомогою контакту краплі, кристала або невеликої кількості порошкоподібної речовини з такою самою кількістю іншої речовини або подаванням кількох крапель однієї речовини на надлишок (до 1 см<sup>3</sup>) іншої речовини.

Якщо відбувається енергійна взаємодія (вибух або самозаймання) речовин, то такі речовини є несумісними.

**7.16.2.3** Якщо під час контакту малих кількостей речовин не відбувається активної взаємодії, то в подальших випробуваннях досліджують двокомпонентні суміші випробовуваних речовин у співвідношенні 10:10, 2:18 та 18:2 см<sup>3</sup> (загальним об'ємом 20 см<sup>3</sup>).

**7.16.2.4** Зразки досліджуваних речовин поміщають в окремі реакційні посудини, встановлюють їх у термостат із заданою температурою випробування і витримують упродовж (40 ± 10) хв до вирівнювання температур досліджуваних речовин і робочої зони термостата (оцінюють за показами терморпар: два з яких вимірюють температури в центрі зразків досліджуваних речовин, третій — температуру робочої зони термостата).

**7.16.2.5** За температуру випробування вважають покази терморпари, що вимірює температуру робочої зони термостата.

**7.16.2.6** Після вирівнювання температур зразків і робочої зони термостата, різниця між якими не повинна перевищувати 3 °С, змішують досліджувані речовини в одній з реакційних посудин.

**7.16.2.7** Випробування речовин на здатність вибухати й горіти під час взаємодії одна з одною триває не менше ніж 2 год.

**7.16.2.8** Для кожної суміші проводять по три випробування за кожної з температур: 25 °С, 50 °С і 100 °С.

Температура випробування не повинна дорівнювати температурі зміни агрегатного стану речовини.

### 7.16.3 Оцінювання результатів

**7.16.3.1** Якщо за час не менше ніж 2 год температура суміші в кожному випробуванні збільшиться не більше ніж на 5 °С, то речовини вважають сумісними з точки зору пожежної безпеки і допустимо їхнє спільне зберігання.

**7.16.3.2** Якщо температура суміші твердих речовин хоча б в одному випробуванні збільшиться більш ніж на 5 °С, то для остаточного висновку про сумісність речовин визначають умови теплового самозаймання цієї суміші.

У разі виявлення здатності цієї суміші до теплового самозаймання вважають неприпустимим спільне зберігання досліджуваних речовин.

**7.16.3.3** Умови й результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

### 7.17 Метод експериментального визначення швидкості вигорання рідин

Метод не застосовний для випробування рідин з кінематичною в'язкістю більше ніж  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$  за 20 °С, тиском насиченої пари більше 19,9 кПа за 20 °С, а також рідин, що утворюють на поверхні під час горіння тверді продукти реакції.

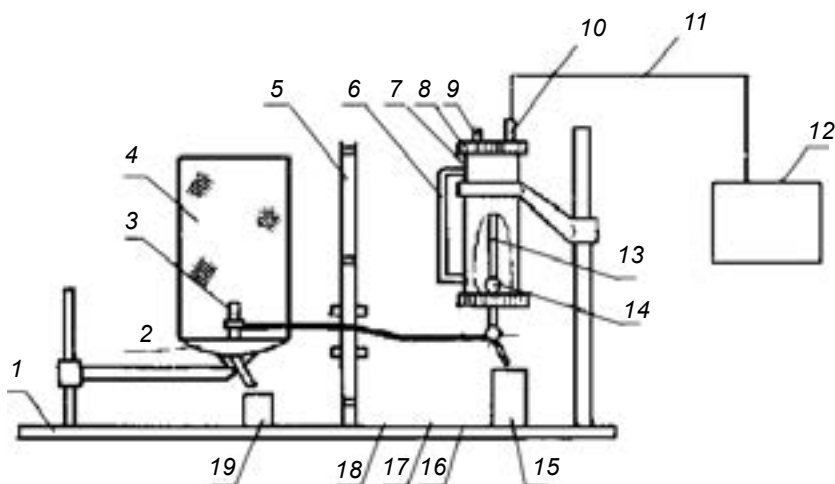
#### 7.17.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення масової швидкості вигорання рідин (рисунок 12) охоплює такі елементи.

**7.17.1.1** Набір пальників із внутрішнім діаметром 10,0<sup>+0,1</sup>, 15,0<sup>+0,1</sup>, 18,00<sup>+0,15</sup>, 20,00<sup>+0,15</sup>, 25,0<sup>+0,2</sup>, 30,00<sup>+0,25</sup>, 40,00<sup>+0,25</sup>, 50,00<sup>+0,25</sup>, 60,0<sup>+0,3</sup> мм, висотою (50,0 ± 0,5) мм, товщиною стінки 0,5<sub>-0,1</sub> мм, виготовлених із нержавкої сталі.

**7.17.1.2** Блок пальників, що слугує для закріплення пальника в робочому положенні, збирання пролітої рідини в склянку та установки сітчастого огороження.

**7.17.1.3** Сітчасте огороження висотою (300 ± 2) мм і діаметром (200 ± 2) мм, виготовлене з металевої сітки з розміром чарунок від 0,25 мм до 0,50 мм, призначене для унеможливлення впливу потоків повітря припливно-витяжної вентиляції на процес горіння.



Умовні позначки:

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 — основа;   | 10 — штуцер;             |
| 2 — блок пальників;                                 | 11, 18 — гнучкі шланги;  |
| 3 — пальник;  | 12 — вимірювальний блок; |
| 4 — сітчасте огороження;                            | 13 — трубка;             |
| 5 — теплоізолювальний екран з пересувними шторками; | 14 — оглядове вікно;     |
| 6 — рівнемір;                                       | 15, 19 — стакани;        |
| 7 — заправна місткість;                             | 16 — триходовий кран;    |
| 8 — верхня кришка;                                  | 17 — нижня кришка.       |
| 9 — гвинт;  |                          |

Рисунок 12 — Загальний вигляд установки

**7.17.1.4** Заправна місткість висотою 250 мм, внутрішнім діаметром 45 мм, герметично закрита торцевими кришками, виконана з нержавкої сталі та слугує для підтримання постійного рівня досліджуваної рідини в пальнику. Заповнення місткості рідиною виконують через отвір у верхній кришці. Заправну місткість сполучено з вимірювальним блоком гнучким шлангом. По вмонтованій у верхню кришку трубці в заправну посудину надходить повітря з атмосфери. Контроль за роботою установки здійснюють візуально через оглядове вікно після надходження бульбашок повітря в заправну посудину.

**Примітка.** Допустимо в якості заправної місткості застосовувати скляну посудину таких самих розмірів.

**7.17.1.5** Подвійний теплоізолювальний екран заввишки 460 мм, завширшки 230 мм, розташований між блоком пальників і заправною посудиною, забезпечений пересувними шторками, що закривають отвір, через який проходить сполучний шланг від нижньої кришки заправної місткості до пальника.

**7.17.1.6** Вимірювальний блок для перетворення зміни тиску у верхній частині заправної місткості, пропорційного масі рідини, що вигоріла, в електричний сигнал. Запис сигналу здійснюють електронним вимірювальним приладом. Вимірювальний блок має фіксувати втрату маси ( $2 \cdot 10^{-6}$ — $1,5 \cdot 10^{-4}$ ) кг · с<sup>-1</sup> і мати градувальний коефіцієнт із максимальною чутливістю не нижче ніж 8,5 мм · г<sup>-1</sup>.

**7.17.1.7** Установку потрібно вважати підготовленою до роботи і стан проведення випробування задовільним, якщо отримане значення масової швидкості вигорання стандартної речовини етилацетату на пальнику діаметром 30 мм становить  $(296 \pm 25) \cdot 10^{-4}$  кг · м<sup>-2</sup> · с<sup>-1</sup>.

**7.17.1.8** Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі.

### 7.17.2 Проведення випробування

**7.17.2.1** Установлюють відповідність досліджуваної рідини паспортним даним. Перед початком випробування рідина повинна мати температуру  $(20 \pm 3)$  °С.

**7.17.2.2** Перевіряють герметичність установки, для чого заповнюють заправну місткість і сполучений з нею пальник дистильованою водою, закривають наливний отвір гвинтом і вмикають вимірювальну систему. На діаграмі має фіксуватися пряма лінія, паралельна напрямку осі часу. Відхилення діаграми від цієї лінії вказує на недостатню герметичність установки, яку потрібно усунути.

**7.17.2.3** Відповідно до інструкції з експлуатації установки визначають градувальний коефіцієнт  $R$  вимірювальної системи, який є відношенням відхилення показань вимірювального приладу до втрати маси рідини, що відповідає йому, у пальнику.

**7.17.2.4** Заповнюють заправну місткість досліджуваною рідиною та перевіряють роботу відповідно до 7.17.2.2. Якщо досліджувана рідина має тиск пари вище за допустимий, спостерігаються явища, подібні до випадку порушення герметичності заправної ємності.

**7.17.2.5** Визначають масову швидкість вигорання рідини, для чого з'єднують заправну ємність з пальником, встановивши рівень рідини в пальнику на висоті її зрізу. Залежно від прийнятого методу визначення швидкості вигорання (7.18.2 або 7.18.3) проводять експерименти на одному пальнику або послідовно на пальниках різного діаметра. Запалюють рідину в пальнику відкритим полум'ям або електричною спіраллю. Встановлюють сітчасте огороження і вмикають реєструвальний прилад.

**7.17.2.6** Якщо під час горіння рідина закипає або, розширюючись, переливається через край пальника, то необхідно зробити плавне коригування рівня рідини в пальнику, знизивши його на мінімальну відстань, що дає змогу усунути перераховані вище ефекти.

**7.17.2.7** У протоколі випробування фіксують ламінарний або перехідний режим горіння рідини. Ламінарне горіння зазвичай спостерігається в пальниках діаметром менше ніж 20 мм і характеризується відсутністю коливань і закручування полум'я. Пульсувальне горіння потрібно кваліфікувати як перехідне.

**7.17.2.8** Випробування припиняють після того, як реєструвальний прилад зафіксує прямолінійну ділянку довжиною не менше ніж  $1/3$  довжини шкали показань реєструвального приладу.

**7.17.2.9** Проводять ще два паралельні випробування на тому самому пальнику згідно з 7.17.2.4—7.17.2.8.

### 7.17.3 Оцінювання результатів

**7.17.3.1** Масову швидкість вигорання під час випробування ( $m_i$ ) в  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  обчислюють за формулою:

$$m_i = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot w \cdot \Delta l}{\pi d^2 \cdot R \cdot \Delta t} \quad (4)$$

де  $w$  — час опитування приладу,  $\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\Delta l$  — проекція прямолінійної ділянки діаграми на вісь абсцис,  $\text{мм}$ ;

$d$  — внутрішній діаметр пальника,  $\text{мм}$ ;

$R$  — градувальний коефіцієнт,  $\text{мм} \cdot \text{г}^{-1}$ ;

$\Delta t$  — проекція прямолінійної ділянки діаграми на вісь ординат,  $\text{мм}$ . Обчислення проводять з точністю до 4-го знака після коми.

**7.17.3.2** Обчислюють середнє арифметичне значення швидкості вигорання ( $\bar{m}_i$ ) за результатами, отриманими під час випробування досліджуваної рідини на пальнику цього діаметра.

**7.17.3.3** За швидкість вигорання досліджуваної рідини вважають швидкість вигорання в турбулентному режимі, що обчислюють за формулою (15).

**7.17.3.4** Збіжність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 15 %.

**7.17.3.5** Відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 23 %.

**7.17.3.6** Умови та результати випробування реєструють в протоколі, форму якого наведено в додатку А.

### 7.18 Методи обчислення швидкості вигорання рідин

**7.18.1** Якщо відомі параметри стану досліджуваної рідини, що входять у формули (5)—(14), то залежно від наявних даних швидкість вигорання ( $m$ ) у будь-якому режимі горіння можна вчислити, не проводячи експериментальних досліджень, за формулами:

$$m = \frac{M_{\mu}}{d}, \quad (5)$$

$$m = \frac{M_{\rho v}}{d}, \quad (6)$$

$$m = \frac{11,795 M_v M_F}{dT_K}, \quad (7)$$

- де  $M$  — безрозмірна швидкість вигорання;  
 $\mu$  — динамічна в'язкість парів рідини за температури кипіння,  $\text{Н} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-2}$ ;  
 $\rho$  — густина парів рідини за температури кипіння,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  
 $\nu$  — кінематична в'язкість парів рідини за температури кипіння,  $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ; якщо величина  $\nu$  не відома, то її обчислюють за формулою:

$$\nu = 33,5 \cdot 10^{-8} \left( \frac{T_k}{M_F} \right)^{1,5}, \quad (8)$$

- де  $M_F$  — молекулярна маса рідини,  $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;  
 $d$  — характерний розмір дзеркала горіння рідини, м. Визначають як корінь квадратний із площі поверхні горіння; якщо площа горіння має форму кола, то характерний розмір дорівнює її діаметру. Під час обчислення швидкості турбулентного горіння можна взяти  $d = 10$  м;  
 $T_k$  — температура кипіння рідини, К.  
 Порядок обчислення такий.

**7.18.1.1** Визначають режим горіння за величиною числа Галілея  $Ga$ , яке обчислюють за формулою:

$$Ga = g d^3 / \nu^2, \quad (9)$$

- де  $g$  — прискорення вільного падіння,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ .

**7.18.1.2** Залежно від режиму горіння обчислюють безрозмірну швидкість вигорання  $M$ . Для ламінарного режиму горіння:

$$Ga < 3 \cdot 10^6; M = 10,87 AB. \quad (10)$$

Для перехідного режиму горіння:

$$\text{якщо } 3 \cdot 10^6 \leq Ga < 4,8 \cdot 10^8, \text{ то } M = ABGa^{0,16}, \quad (11)$$

$$\text{якщо } 4,8 \cdot 10^8 \leq Ga < 3 \cdot 10^{12}, \text{ то } M = 1,67 \cdot 10^{-3} ABGa^{0,48}. \quad (12)$$

Для турбулентного режиму горіння:

$$Ga \geq 3 \cdot 10^{12}; M = 0,114 AB \sqrt[3]{Ga}, \quad (13)$$

$$A = 0,570 + 0,773s; s = \frac{M_0^2 n_0}{M_F^2 n_F},$$

- де  $M_0$  — молекулярна маса кисню,  $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;  
 $n_0$  — стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння;  
 $n_F$  — стехіометричний коефіцієнт рідини в реакції горіння.  
**Примітка.** У разі  $Ga < 4,8 \cdot 10^8$  для ароматичних вуглеводородів  $A = 1,45$  за  $s \leq 0,9$  і  $A = 3,40s - 1,56$  у разі  $s > 0,9$ .

$B$  — безрозмірний параметр, який характеризує інтенсивність масопереносу, що обчислюють за формулою:

$$B = \frac{(0,232Q / r) - c(T_k - T_0)}{H + c_e(T_k - T_0)}, \quad (14)$$

- де  $Q$  — нижча теплота згорання рідини,  $\text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ;  
 $r = \frac{M_0 n_0}{M_F n_F}$  — безрозмірне значення маси кисню, необхідне для згорання 1 кг рідини;  
 $c$  — ізобарна теплоємність продуктів горіння (вважається рівною теплоємності повітря  $c = 1$ ),  $\text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ ;  
 $T_0$  — температура довкілля, яка вважається рівною 293 К;  
 $H$  — теплота пароутворення рідини за температури кипіння,  $\text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ;  
 $c_e$  — середня ізобарна теплоємність рідини в інтервалі від  $T_0$  до  $T_k$ .

**7.18.2** Якщо відомі кінематична в'язкість пари або молекулярна маса і температура кипіння досліджуваної рідини, то швидкість турбулентного горіння обчислюють з використанням експериментальних даних за формулою:

$$m = 0,168m_n \frac{d_n^{0,52}}{\sqrt{0,34}}, \tag{15}$$

де  $m_n$  — експериментальне значення швидкості вигорання в перехідному режимі горіння, отримане відповідно до 7.17.2.5—7.17.3.2,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$d_n$  — діаметр пальника, в якому отримано значення  $m_n$ , м. Рекомендовано використовувати пальник діаметром 30 мм. Якщо в пальнику діаметром 30 мм спостерігається ламінарний режим горіння, потрібно застосовувати пальник більшого діаметру.

Відносна похибка обчислення за формулами (7) та (14) не перевищує 21 %.

**7.18.3** Якщо не відомі кінематична в'язкість пари або молекулярна маса і температура кипіння досліджуваної рідини, то оцінювання швидкості вигорання проводять у такому порядку.

**7.18.3.1** Знаходять швидкість вигорання рідини в пальниках діаметром 10, 15, 18, 20, 25 та 30 мм згідно з 7.17.2.5—7.17.3.2. Отримані результати заносять до таблиці 14.

Таблиця 14

Діаметр пальника $d_i$ , м	Швидкість вигорання $\bar{m}_i$ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Режим горіння (візуальне спостереження)	$gd_i^3$ $\text{м}^4 \cdot \text{с}^{-2}$	$\bar{m}_i d_i$ $\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$

**7.18.3.2** Обчислюють середнє арифметичне значення ( $md$ ) для усіх випробувань, в яких спостерігалось ламінарне горіння.

**Примітка.** Зазвичай значення  $\bar{m}_i d_i$ , в умовах ламінарного горіння близькі за значенням або монотонно зменшуються зі збільшенням діаметра пальника. Для перехідного режиму горіння характерне зростання значень  $\bar{m}_i d_i$ .

**7.18.3.3** Результати випробувань, що належать до перехідного режиму горіння, заносять до таблиці 15 у вигляді функцій  $x_i = \lg(gd_i^3)$ ,  $y_i = \lg(\bar{m}_i d_i)$ ,  $x_i^2$ ,  $x_i y_i$  з точністю до четвертого знака після коми.

Кількість експериментальних точок має бути не менше трьох, інакше проводять додаткові експерименти згідно з 7.17.2.5—7.17.3.2 у пальниках діаметром більше ніж 30 мм.

Таблиця 15

№ з/п (i)	$x_i = \lg(gd_i^3)$	$y_i = \lg(\bar{m}_i d_i)$	$x_i^2$	$x_i y_i$

Обчислюють за колонками таблиці 15  $\sum_{i=1}^n x_i$ ,  $\sum_{i=1}^n y_i$ ,  $\sum_{i=1}^n x_i^2$ ,  $\sum_{i=1}^n x_i y_i$ , і середнє значення

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n, \bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n,$$

де  $n$  — кількість експериментальних точок, що належать до перехідного режиму горіння.

**7.18.3.4** Обчислюють параметри а та b за формулами:

$$\alpha = \frac{\bar{y} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i} \tag{16}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \sum_{i=1}^n y_i} \tag{17}$$

**7.18.3.5** Визначають кінематичну в'язкість пари досліджуваної рідини ( $\nu$ ) в  $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$  за формулою:

$$\nu = 5,77 \cdot 10^{-4} \left\{ \left[ (\overline{md})_n / 10^{\alpha} \right]^b \right\}^{0,5} \quad (18)$$

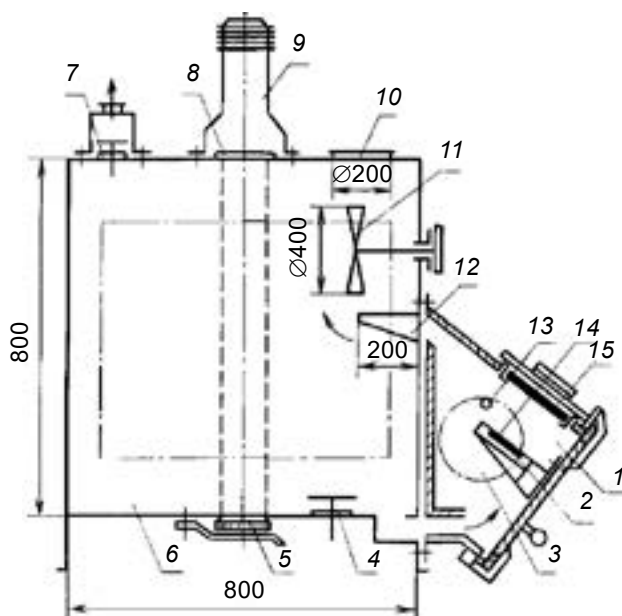
Швидкість вигорання обчислюють за формулою (15).

Відносну похибку методу оцінювання виконують відповідно до 7.18.3.1—7.18.3.5 — не більше ніж 30 %.

### 7.19 Метод експериментального визначення коефіцієнта димоутворення твердих речовин і матеріалів

#### 7.19.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення коефіцієнта димоутворення (рисунок 13) охоплює такі елементи.



Умовні позначки:

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1 — камера згоряння;         | 9 — джерело світла;             |
| 2 — тримач зразка;           | 10 — запобіжна мембрана;        |
| 3 — вікно з кварцового скла; | 11 — вентилятор;                |
| 4, 7 — клапани продування;   | 12 — напрямний піддашок;        |
| 5 — приймач світла;          | 13 — пальник;                   |
| 6 — камера вимірювання;      | 14 — вкладка;                   |
| 8 — захисне скло;            | 15 — електронагрівальна панель. |

**Рисунок 13** — Загальний вигляд установки

**7.19.1.1** Камера згоряння місткістю  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , виконана з нержавкої сталі. Внутрішня поверхня камери теплоізолювана асбосилітовими плитами товщиною 20 мм і покрита алюмінієвою фольгою товщиною 0,2 мм. В камері згоряння встановлено електронагрівальну панель і тримач зразка. Електронагрівальну панель розміром (120 × 120) мм монтують на верхній стінці камери під кутом 45° до горизонталі. Електроспираль панелі виготовляють із ніхромового дроту діаметром 0,8—1,0 мм.

Тримач зразка розмірами (100 × 100 × 20) мм кріплять на дверцях камери згоряння. У тримачі встановлено вкладку з асбосиліту розміром (92 × 92 × 20) мм, у центрі якої є заглиблення для розміщення контейнера з нержавкої сталі зі зразком (поглиблення у вкладці має бути таким, щоб поверхня зразка, що нагрівається, знаходилася на відстані 60 мм, від електронагрівальної панелі).

Над тримачем зразка встановлено газовий пальник, що є трубкою з нержавкої сталі з внутрішнім діаметром 1,5—2,0 мм.

У камері згоряння є верхні та нижні отвори перерізом (30 × 160) мм, що сполучають її з камерою вимірювання.

**7.19.1.2** Камера вимірювання розміром (800 × 800 × 800) мм, виготовлена з нержавкої сталі, має у верхній стінці отвори для клапана продування, джерела світла та запобіжної мембрани. На бічній стінці камери встановлено вентилятор з частотою обертання  $5 \text{ с}^{-1}$ . На передній стінці камери є герметичні дверцята. У днищі камери мають бути отвори для приймача світла та клапана продування.

**7.19.1.3** Фотометрична система, що складається з джерела та приймача світла. Джерело світла (наприклад, гелій-неоновий лазер потужністю 2—5 мВт) кріплять на верхній стінці камери вимірювання, приймач світла (фотодіод) розташовано на днищі камери. Між джерелом світла та камерою вимірювань установлюють захисне скло.

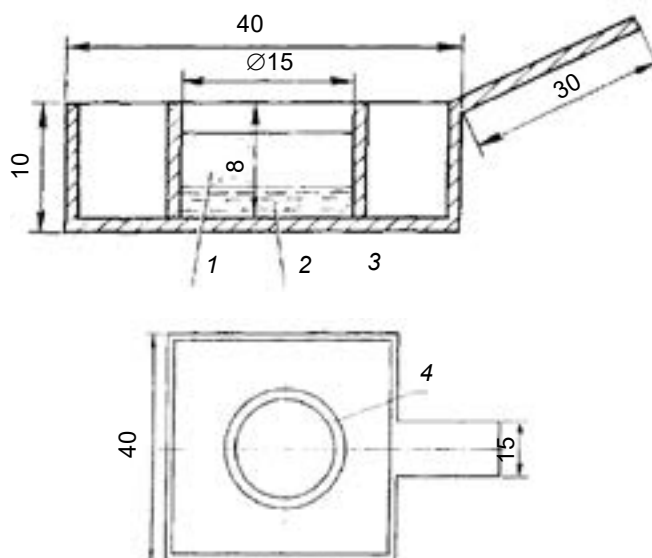
Фотометрична система має забезпечувати вимір світлового потоку в робочому діапазоні світлопроникності від 10 % до 100 % з похибкою не більше ніж  $\pm 10 \%$ .

### 7.19.2 Підготовка зразків

**7.19.2.1** Для випробування готують 10—15 зразків матеріалу розміром (20 × 20) мм і фактичною товщиною, але не більше ніж 10 мм (для зразків пінопластів допускається товщина до 15 мм). Розміри зразків може бути змінено, якщо під час випробування значення світлопроникності знаходиться поза межами робочого діапазону, який становить (10—90) %. Лакофарбові та плівкові покриття випробовують нанесеними на алюмінієву фольгу товщиною 0,2 мм.

**7.19.2.2** Підготовлені зразки перед випробуваннями витримують за температури  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  не менше ніж 48 год, потім зважують з похибкою не більше 0,01 г. Зразки мають характеризувати середні властивості досліджуваного матеріалу.

**7.19.2.3** Перевірку режимів роботи установки проводять за допомогою стандартного зразка (рисунок 14), що містить контейнер з листової нержавкої сталі товщиною 1 мм, у центрі якого закріплено циліндричну місткість з внутрішнім діаметром 15 мм, висотою 8 мм і товщиною стінки 2 мм. Посудину наповнено сумішшю дибутилфталату та дисперсного кварцового піску (розмеленого кварцового скла). За допомогою дозувального пристрою (наприклад, медичного шприца) у чисту суху циліндричну місткість контейнера наливають певну кількість дибутилфталату, а потім туди ж насипають  $(1,0 \pm 0,1)$  г кварцового піску. Кількість дибутилфталату для режиму тління  $(0,10 \pm 0,01)$  г, для режиму горіння —  $(0,20 \pm 0,01)$  г.



Умовні позначки:

1 — пісок; 3 — контейнер;

2 — рідина; 4 — циліндрична місткість.

**Рисунок 14** — Загальний вигляд контейнера

Значення коефіцієнта димоутворення ( $D_m$ ) має бути в межах:

- режим тління (без полум'я, що ініціює)  $D_m = (360 \pm 20) \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ ;
- режим горіння (з полум'ям, що ініціює)  $D_m = (120 \pm 8) \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ .

### 7.19.3 Проведення випробування

**7.19.3.1** Випробування зразків проводять у двох режимах: у режимі тління і в режимі горіння з використанням газового пальника (довжина полум'я пальника 10—15 мм). Довжину полум'я пальника в режимі горіння може бути збільшено до мінімально допустимого значення, за якого не відбувається його загасання.

**7.19.3.2** Вмикають електроживлення установки в такому режимі, щоб щільність теплового потоку, що падає на зразок, становила  $(35,0 \pm 1,0) \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ . Контролюють щільність теплового потоку, що падає, за допомогою давача теплового потоку з похибкою не більше ніж  $\pm 8 \%$ .

**7.19.3.3** Вмикають джерело і приймач світла. Установлюють початкове значення світлопроникності, що вважають за 100 %.

**7.19.3.4** Підготовлений зразок поміщають у контейнер з нержавкої сталі. Відкривають дверцята камери згорання і без затримки встановлюють контейнер зі зразком у тримач, після чого дверцята закривають і проводять реєстрацію значень світлопроникності з інтервалом в одне вимірювання за 1 с.

**7.19.3.5** Випробування припиняють, досягши мінімального значення світлопроникності. Тривалість випробування першого зразка має складати не менше ніж 10 хв. Тривалість випробування інших зразків встановлюють за результатом випробування першого зразка.

У разі, коли мінімальне значення світлопроникності виходить за межі робочого діапазону, необхідно змінювати розміри зразка.

Під час випробування в режимі тління зразки не повинні займатися. У разі самозаймання зразка подальші випробування проводять за зменшеного на  $5 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  значення щільності теплового потоку. Щільність теплового потоку знижують з інтервалом  $5 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  доти, поки не припиниться самозаймання зразка під час випробування.

У режимі горіння випробування проводять тільки за щільності теплового потоку  $35 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ .

**7.19.3.6** Після закінчення випробування контейнер із залишками зразка виймають із камери згорання. Установку вентилують до досягнення початкового значення світлопроникності в камері вимірювання.

**Примітка.** У разі, коли не досягають початкового значення світлопроникності, протирають фотометричну систему.

**7.19.3.7** У кожному режимі випробовують по п'ять зразків.

### 7.19.4 Оцінювання результатів

**7.19.4.1** Коефіцієнт димоутворення ( $D_m$ ) в  $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$  обчислюють за формулою:

$$D_m = \frac{V}{Lm} \ln \frac{T_0}{T_{\min}}, \quad (28)$$

де  $V$  — об'єм камери вимірювання,  $\text{м}^3$ ;

$L$  — довжина шляху променя світла в задимленому середовищі, м;

$m$  — маса зразка, кг;

$T_0, T_{\min}$  — відповідно значення початкової та кінцевої світлопроникності, %.

**7.19.4.2** Для кожного режиму випробування визначають коефіцієнт димоутворення як середнє арифметичне за результатами п'яти випробувань.

За коефіцієнт димоутворення досліджуваного матеріалу вважають більше значення коефіцієнта димоутворення, отриманого для двох режимів випробування.

**7.19.4.3** Збіжність і відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищують 15 %.

**7.19.4.4** Умови і результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

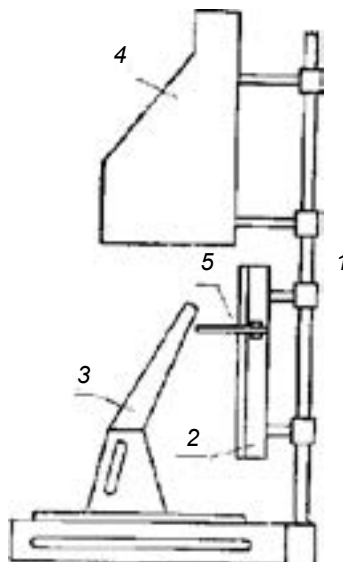
## 7.20 Метод експериментального визначення індексу поширення полум'я

### 7.20.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення індексу поширення полум'я (рисунок 15) містить такі елементи.



**7.20.1.1** Електронагрівальна панель, що складається з керамічної плити, у пази якої вкладено спіралі з ніхромового дроту. Параметри спіралей (діаметр, крок намотування, електричний опір) мають бути такими, щоб під час рівномірного розподілу спіралей по поверхні керамічної плити сумарна споживча потужність не перевищувала 8 кВт. Керамічну плиту закріплено в теплоелектроізолюваному корпусі, що має отвори для кріплення до стійки установки і колодку під'єднання електричного живлення. Для збільшення потужності інфрачервоного випромінювання та зменшення впливу потоків повітря перед керамічною плитою, встановлено сітку з жароміцної сталі.



Умовні позначки:

1 — стійка;

4 — витяжний зонт;

2 — електронагрівальна панель;

5 — пальник.

3 — рамка тримача зразка;

**Рисунок 15** — Загальний вигляд установки

**7.20.1.2** Тримач зразка складається з підставки і рамки. Рамку закріплюють на підставці так, щоб площина зразка матеріалу, встановленого в ній, була нахилена під кутом  $30^\circ$  від вертикалі в бік електронагрівальної панелі. Тримач зразка встановлюють так, щоб відстань від краю зразка, обмеженого рамкою, до сітки електронагрівальної панелі складала 70 мм.

Бічна поверхня рамки має контрольні поділки через кожні  $(30 \pm 1)$  мм, пронумеровані від нуля до дев'яти.

**7.20.1.3** Витяжний зонт розміром  $(360 \times 360 \times 700)$  мм, встановлений над тримачем зразка, слугує для збирання і видалення продуктів горіння.

**7.20.1.4** Термопара діаметром електродів 0,5 мм для виміру температури газоподібних продуктів горіння в центрі перерізу зуженої частини витяжного зонту.

**7.20.1.5** Пальник встановлено перед електронагрівальною панеллю так, щоб відстань від трубки пальника, що знаходиться навпроти середини нульової ділянки, до поверхні випробувального зразка становила  $(8 \pm 1)$  мм, а осі п'яти отворів були орієнтовані по нормалі до поверхні зразка. Для стабілізації полум'я пальник оснащують одношаровим чохлам з металеві жаростійкої сітки з дрібними чарунками.

У положенні «контроль» пальник виводять за край рамки.

**7.20.1.6** Блок живлення, що забезпечує робочі параметри електронагрівальної панелі.

**7.20.1.7** Секундомір з похибкою виміру не більше ніж 1 с.

**7.20.1.8** Під час випробування матеріалів і тарування установки потрібно ввімкнути примусову вентиляцію приміщення, швидкість повітряного потоку має бути не більшою ніж  $0,35 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

## **7.20.2 Підготовка до випробування**

**7.20.2.1** Для випробування готують 5 зразків досліджуваного матеріалу завдовжки  $(320 \pm 2)$  мм, завширшки  $(140 \pm 2)$  мм, з фактичною товщиною, але не більше ніж 20 мм. Оздоблювальні та обли-

цювальні матеріали, а також лакофарбові та плівкові покриття випробовують нанесеними на ту саму основу, яка використовується в реальній конструкції.

Матеріали товщиною менше ніж 10 мм випробовують із підкладкою з азбестоцементної, фіброцементної чи кальцієво-силікатної плити розміром (320 × 140 × 10) мм.

Матеріали, для яких під час випробування неможливо застосувати реальний метод кріплення до основи (наприклад, плівки, тканини), закріплюють на підкладку з азбестоцементної, фіброцементної чи кальцієво-силікатної плити за допомогою нитки зі склотканини з кроком витка не менше ніж 20 мм.

**7.20.2.2** Підготовлені зразки перед випробуваннями витримують за температури (20 ± 2) °С не менше ніж 48 год. Вони мають характеризувати середні властивості досліджуваного матеріалу.

**7.20.2.3** Регулюють витрату газу через газовий пальник так, щоб висота полум'я становила (11 ± 2) мм. Після цього пальник вимикають і переводять у положення «контроль».

**7.20.2.4** Встановлюють перед електронагрівальною панеллю в робоче положення тримач зразка із закріпленою азбестоцементною, фіброцементною чи кальцієво-силікатною плитою, у першому контрольному отворі якої знаходиться давач теплового потоку.

**7.20.2.5** Вмикають електронагрівальну панель, забезпечуючи щільність теплового потоку в стаціонарному режимі для першої контрольної точки (32 ± 3) кВт · м<sup>-2</sup>. Щільність теплового потоку контролюють давачем теплового потоку з похибкою не більше ніж ±8 %.

**Примітка.** Вважають, що електронагрівальна панель вийшла на стаціонарний режим, якщо показання давача теплового потоку досягають заданої величини і залишаються незмінними впродовж 15 хв.

**7.20.2.6** Перестановкою давача теплового потоку в наступні контрольні отвори азбестоцементної, фіброцементної чи кальцієво-силікатної плити реєструють профіль теплового потоку, що падає, уздовж поверхні зразка. У другій і третій точках він має дорівнювати відповідно (20 ± 3) кВт · м<sup>-2</sup> та (12,0 ± 1,5) кВт · м<sup>-2</sup>.

**7.20.2.7** Після закінчення вимірювань рівнів теплових потоків давач знімають і приступають до визначення теплового коефіцієнта установки (β), що характеризує кількість тепла, яке підводиться до поверхні зразка в одиницю часу і необхідного для підвищення температури газоподібних продуктів горіння на 1 °С. Для цього перед азбестоцементною плитою встановлюють щільний калібрувальний газовий пальник. Переводять його в робоче положення і вмикають основний газовий пальник, реєструючи через 15 хв температуру горіння (t<sub>0</sub>) у витяжному зонті. Потім запалюють щільний калібрувальний пальник, регулюючи подання газу з витратою (0,030 ± 0,001) л · с<sup>-1</sup>. Через 10 хв горіння реєструють температуру (t<sub>1</sub>) у витяжному зонті.

Тепловий коефіцієнт установки (b) обчислюють за формулою:

$$\beta = \frac{qQ}{t_1 - t_0}, \quad (29)$$

де q — питома теплота згоряння газу, кДж · л<sup>-1</sup>;

Q — витрата газу щільного калібрувального пальника, л · с<sup>-1</sup>.

В якості теплового коефіцієнта установки беруть середнє арифметичне результатів п'яти калібрувальних випробувань.

### **7.20.3 Проведення випробування**

**7.20.3.1** Перед проведенням кожного випробування контролюють щільність теплового потоку в першій контрольній точці згідно з 7.20.2.3—7.20.2.5.

**7.20.3.2** Підготовлений до випробування зразок матеріалу встановлюють у тримач і на поверхню зразка наносять риси з кроком (30 ± 1) мм.

**7.20.3.3** Запалюють пальник і переводять його в робоче положення.

**7.20.3.4** Замінюють тримач зразка, що застосовується для контролю теплових потоків, на тримач з досліджуваним зразком на час не більше ніж 30 с.

**7.20.3.5** Випробування триває до моменту припинення поширення полум'я по поверхні зразка. У процесі випробування визначають:

час від початку випробування до моменту проходження фронтом полум'я нульової відмітки τ<sub>0</sub>, с;

час проходження фронтом полум'я i-ї ділянки поверхні зразка (i = 1, 2, ..., 9) τ<sub>i</sub>, с;

відстань  $l$ , на яку поширився фронт полум'я, мм;  
 максимальну температуру газоподібних продуктів горіння  $t_{\max}$ , °C ;  
 час від початку випробування до досягнення максимальної температури  $\tau_{\max}$ , °C.

#### 7.20.4 Оцінювання результатів

7.20.4.1 Для кожного зразка обчислюють індекс поширення полум'я  $l$  за формулою:

$$l = \left[ \frac{0,0115\beta}{\tau_0} (t_{\max} - t_0) (\tau_{\max} - \tau_0) \left( 1 + 0,2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau_i} \right) \right]^{0,5}, \quad (30)$$

де 0,0115 — розмірний коефіцієнт, Вт<sup>-1</sup>;  
 0,2 — розмірний коефіцієнт, с · мм<sup>-1</sup>.

Середнє арифметичне значення індексу п'яти випробуваних зразків вважають за індекс поширення полум'я досліджуваного матеріалу.

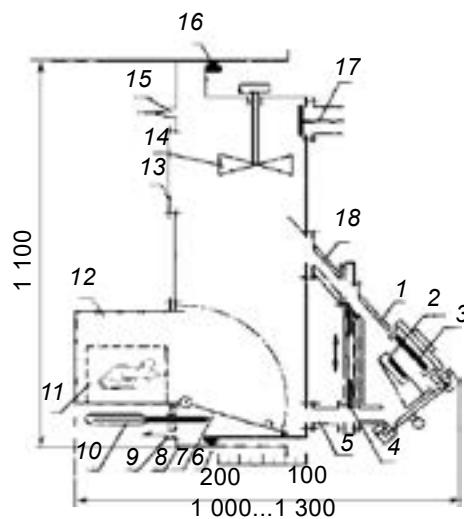
7.20.4.2 Збіжність і відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує 25 %.

7.20.4.3 Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

#### 7.21 Метод експериментального визначення показника токсичності продуктів горіння полімерних, синтетичних та інших матеріалів

##### 7.21.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення показника токсичності (рисунок 16) охоплює такі елементи.



Умовні позначки:

1 — камера згоряння;	9, 15 — штуцери;
2 — тримач зразка;	10 — термометр;
3 — електронагрівальний випромінювач;	11 — клітка для піддослідних тварин;
4 — заслінки;	12 — передкамера;
5, 18 — перехідні рукави;	13 — запобіжна мембрана;
6 — стаціонарна секція експозиційної камери;	14 — вентилятор;
7 — дверцята передкамери;	16 — гумова прокладка;
8 — рухлива секція експозиційної камери;	17 — клапан продування.

Рисунок 16 — Загальний вигляд установки

7.21.1.1 Камеру згоряння місткістю  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , сполучено з експозиційною камерою перехідними рукавами, виготовлено з листової нержавкої сталі завтовшки  $(2,0 \pm 0,1) \text{ мм}$ . Внутрішню поверхню камери згоряння ізолювано азбоцементними плитами товщиною 20 мм. У камері встановлено екранований електронагрівальний випромінювач розміром  $(120 \times 120) \text{ мм}$  і тримач зразка розмірами  $(120 \times 120 \times 25) \text{ мм}$ . Випромінювач є нагрівальною спіраллю, розміщеною в трубах із кварцового скла і розташованою

перед сталевим полірованим відбивачем з водяним охолодженням. Його закріплено на верхній стінці камери під кутом 45° до горизонталі. Спіраль випромінювача опором  $(22,0 \pm 0,1)$  Ом виготовлена з ніхромового дроту діаметром  $(0,9 \pm 0,1)$  мм. Електроживлення випромінювача регулюють за допомогою трансформатора і контролюють за показанням вольтметра з похибкою не більше ніж  $\pm 0,5$  В.

Тримач зразка виконано у вигляді металевої рамки, в якій закріплено азбоцементний піддон. Піддон має поглиблення для розміщення вкладки зі зразком матеріалу. Поверхня зразка, що нагрівається, і поверхня електронагрівального випромінювача паралельні, відстань між ними дорівнює 60 мм.

На бічній стінці камери згоряння є вікно з кварцового скла для спостереження за зразком під час випробування.

На виході з камери згоряння розміщено заслінки верхнього і нижнього перехідних рукавів. Довжина верхнього рукава 250 мм, нижнього — 180 мм, прохідні перерізи рукавів відповідно  $(160 \times 40)$  мм і  $(160 \times 30)$  мм. Внутрішню поверхню верхнього перехідного рукава також облицьовано азбоцементними плитами.

**7.21.1.2** Експозиційна камера, що складається зі стаціонарної і рухомої секцій. По периметру стаціонарної секції є паз для надувної гумової прокладки з робочим тиском не менше ніж 6 МПа. У верхній частині камери знаходиться вентилятор перемішування діаметром 150 мм з частотою обертання  $5 \text{ с}^{-1}$ . На бічній стінці встановлено клапан продування. На торцевій стінці рухливої секції закріплено запобіжну мембрану, передкамеру, штуцери для під'єднання газоаналізаторів, термометр для вимірювання температури в нижній частині камери. Переміщення рухливої секції дає змогу змінювати об'єм експозиційної камери від  $0,1 \text{ м}^3$  до  $0,2 \text{ м}^3$ .

**7.21.1.3** Передкамеру об'ємом  $0,015 \text{ м}^3$  обладнано зовнішніми та внутрішніми дверцятами й оглядовим вікном.

**7.21.1.4** Давач теплового потоку з діапазоном вимірів від 0 до  $70 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ . Похибка вимірювання щільності теплового потоку має бути не більше ніж  $\pm 8 \%$ .

**7.21.1.5** Для безперервного контролю складу газоповітряного середовища в експозиційній камері використовують газоаналізатори для оксиду вуглецю з діапазоном вимірювання від 0 до 1 % та допустимою похибкою  $\pm 2 \%$ , для діоксиду вуглецю з діапазоном вимірювання від 0 до 5 % та допустимою похибкою  $\pm 2 \%$ , для кисню з діапазоном вимірювання від 0 до 21 % та допустимою похибкою  $\pm 2 \%$ .

**7.21.1.6** Термометр лабораторний будь-якого типу з діапазоном вимірювання від 0 до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  і похибкою не більше ніж  $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 7.21.2 Підготовка до випробування

**7.21.2.1** Установку перед кожним випробуванням має бути очищено від залишків матеріалу, сажі, продуктів горіння і провентильовано.

**7.21.2.2** Під час налаштування установки потрібно визначити параметри напруги на спіралі електронагрівального випромінювача, за яких забезпечуються задані рівні щільності теплового потоку. Для вимірювання величини теплового потоку, що падає, давач теплового потоку закріплюють на центральній ділянці тримача зразка. Вимірювання виконують за умови герметизованої експозиційної камери та відкритих заслінок перехідних рукавів. За результатами вимірювання будують графік залежності щільності теплового потоку ( $Q$ ), що падає, від напруги на спіралі електронагрівального випромінювача.

**7.21.2.3** За величиною щільності теплового потоку визначають значення температури випробування ( $t_{\text{випроб}}$ ), що відповідає температурі поверхні контрольного (негорючого) зразка, що нагрівається, з азбоцементу. Для визначення  $t_{\text{випроб}}$  використовують дані, наведені в таблиці 16.

Таблиця 16

$Q$ , $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$	10,0	13,5	18,0	23,0	28,0	32,5	38,0	44,0	52,5	65,0
$t_{\text{випроб}}$ , $^\circ\text{C}$	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750

**7.21.2.4** Установку треба вважати готовою до випробування матеріалів, якщо під час контрольної перевірки значення щільності теплового потоку, що падає, відповідають встановленим значенням напруги на спіралі електронагрівального випромінювача;

вихід СО в умовах термоокислювального розкладання порошкової целюлози (фракція 0,25—0,75) масою 2,5 г за температури випробування  $450 \text{ }^\circ\text{C}$  (щільність теплового потоку  $23 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ , що падає) становить  $(200 \pm 4) \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$ ;

концентрація CO в експозиційній камері за час витримки 30 хв знижується не більше ніж на 5 % від первинного рівня.

**7.21.2.5** Для випробування готують не менше ніж 20 зразків розмірами (40 × 40) мм фактичної товщини, але не більше ніж 10 мм. Зразки кондиціонують у лабораторних умовах не менше ніж 48 год, потім зважують із похибкою не більше ніж ±0,1 г. Вони мають характеризувати середні властивості досліджуваного матеріалу. Не допустима зміна агрегатного стану зразків матеріалу, їхнє дроблення, пресування, а також розшарування, розділення на складові частини композитної структури матеріалу. Оцінювання токсичності продуктів горіння клеїв, фарб, емалей проводять у складі відповідної конструкції чи на спеціальних металевих пластинах (фарбують одну поверхню).

**7.21.2.6** Заздалегідь зразки кожного матеріалу піддають впливу теплових потоків різної щільності, що забезпечують у кожному наступному досліді підвищення температури випробування зразка на 50 °С. При цьому знаходять значення температури випробування матеріалу в режимі термоокислювального розкладання (тління). Вона має бути на 50 °С нижче температури, за якої спостерігається самозаймання зразка (приблизно 450 °С).

**7.21.2.7** Активне полум'яне горіння матеріалу проводять за температури 750 °С (щільність падаючого теплового потоку 65 кВт · м<sup>-2</sup>).

### 7.21.3 Проведення випробувань

**7.21.3.1** Встановлюють кількість основних токсичних продуктів горіння в кожному з указаних режимів. Для оцінювання токсикологічної значущості основних токсичних компонентів обчислюють сумарний показник FLD згідно ДСТУ ISO 13344, який характеризується як сума співвідношень концентрацій токсичних компонентів до їхньої середньосмертельної концентрації:

$$FLD = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(C_{L50})_i}, \quad (31)$$

де  $C_i$  — концентрація  $i$ -того компонента;  
 $n$  — кількість основних токсичних компонентів;  
 $C_{L50}$  — середньосмертельна концентрація  $i$ -того компонента.

Одержаний результат обчислення  $FLD$  дає змогу визначити орієнтовну наважку матеріалу для проведення основних випробувань.

**7.21.3.2** Матеріали випробовують в одному з двох режимів — термоокислювального розкладання або полум'яного горіння, зокрема в режимі, що сприяє виділенню токсичніших сумішей летких речовин. Критерієм вибору температурного режиму для основних випробувань слугує мінімальне значення  $HCL_{50}$  відповідного температурного режиму випробування.

**7.21.3.3** Під час проведення основних випробувань у встановленому режимі знаходять низку значень залежності токсичної дії продуктів горіння від величини відношення маси зразка до об'єму установки. Для отримання токсичних ефектів нижче і вище за рівень 50 % летальності змінюють об'єм експозиційної камери за постійних розмірів зразків матеріалів.

**7.21.3.4** Затравку тварин проводять у статичному режимі. У кожному досліді використовують не менше ніж вісім білих безпородних мишей масою (20 ± 2) г. Тривалість експозиції складає 30 хв. Температура повітря в передкамері за час експозиції не повинна перевищувати 30 °С, а концентрація кисню має бути не менше ніж 16 % об.

**Примітка.** В окремих випадках на вимогу замовника час експозиції може бути змінено в межах 5—60 хв.

**7.21.3.5** Передбачають такий порядок проведення випробування. Нагнітають повітря в надувну прокладку до тиску 0,6 МПа, перевіряють заземлення установки, справність приладів та устаткування, ефективність вентиляції. Подають воду для охолодження випромінювача, після цього вмикають його на відповідну напругу. Заслінки перехідних рукавів, клапан продування, дверцята камери згоряння знаходяться в положенні «закрито».

Зважений зразок матеріалу поміщають, а за потреби закріплюють у вкладці, що має кімнатну температуру. Клітку з тваринами встановлюють в передкамері, зовнішні дверцята якої закривають.

З моменту виходу електронагрівного випромінювача на стабілізований режим (через 3 хв після ввімкнення) відкривають заслінки перехідних рукавів і дверцята камери згоряння. Вкладку зі зразком

без затримки поміщають у тримач зразка, після чого дверцята камери згоряння швидко закривають. Зазначають час початку експозиції тварин у токсичному середовищі.

Після досягнення максимальних значень концентрації CO і CO<sub>2</sub> в експозиційній камері заслінки перехідних рукавів закривають. Знімають напругу з нагрівального елемента випромінювача. Вмикають на 2 хв вентилятор перемішування. Через спеціальні патрубки відбирають проби повітря для хіміко-аналітичних досліджень. Перелік компонентів, що визначаються, установлюють у попередніх випробуваннях.

Після закінчення часу експозиції тварин відкривають клапан продування, заслінки перехідних рукавів і зовнішні дверці передкамери. Установку вентилюють не менше ніж 10 хв. Реєструють число загиблих та живих тварин. Під час визначення токсичного ефекту враховують загибель тварин, що настала під час експозиції, а також протягом наступних 14 діб.

**Примітка.** У разі визначення показника токсичності продуктів горіння за умови короткочасної (5—20 хв) експозиції затравку тварин починають з моменту досягнення максимальних значень концентрації CO і CO<sub>2</sub>, але не пізніше ніж через 15 хв після розкладання зразка.

**7.21.3.6** Визначають масу сухого залишку дослідного зразка та втрату маси зразка, (%).

**7.21.3.7** Залежно від складу матеріалу під час аналізу продуктів горіння визначають кількісний вихід оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, ціаністого водню, оксидів азоту, альдегідів та інших речовин. Для оцінювання вкладу оксиду вуглецю в токсичний ефект, вимірюють вміст карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин. За наявності карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин  $\geq 60$  % вважають, що токсичний ефект продуктів горіння обумовлений переважно дією оксиду вуглецю. Якщо цей показник  $< 60$  %, вважають, що вклад до смертельного ефекту вносять також інші компоненти.

**7.21.3.8** Якщо маса зразка визначених розмірів (40 × 40) мм не дає змоги отримати ефекти менше або більше рівня летальності 50 %, допустимо зменшити розміри зразка або збільшити їх до (80 × 80) мм і товщини до 20 мм.

#### **7.21.4 Оцінювання результатів**

**7.21.4.1** Отриману низку значень залежності летальності від відносної маси матеріалу використовують для обчислення показника токсичності  $C_{L_{50}}$  в г · м<sup>-3</sup>. Обчислення проводять за допомогою пробіт-аналізу (приклад обчислення наведено в додатку В.2).

**7.21.4.2** Якщо значення  $C_{L_{50}}$ , отримане в результаті випробування матеріалу, близьке до граничного значення двох класів, то під час визначення міри небезпеки матеріалу беруть до уваги режим випробування, час розкладання зразка, дані щодо складу продуктів горіння та щодо токсичності виявлених з'єднань.

**7.21.4.3** За наявності карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин 60 % і більше вважають, що токсичний ефект продуктів горіння обумовлюється переважно дією оксиду вуглецю.

**7.21.4.4** Збіжність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує по виходу CO (мг · г<sup>-1</sup>) 15 %.

**7.21.4.5** Відтворюваність методу за довірчої вірогідності 95 % не перевищує по виходу CO (мг · г<sup>-1</sup>) 25%.

**7.21.4.6** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

#### **7.22 Метод експериментального визначення групи займистості**

Експериментальне визначення групи займистості проводять згідно з ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96).

#### **7.23 Метод експериментального визначення групи поширення полум'я**

Експериментальне визначення групи поширення полум'я проводять згідно з ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97).

#### **7.24 Метод експериментального визначення мінімальної флегматизувальної концентрації флегматизатора і мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню в газо- і пароповітряних сумішах**

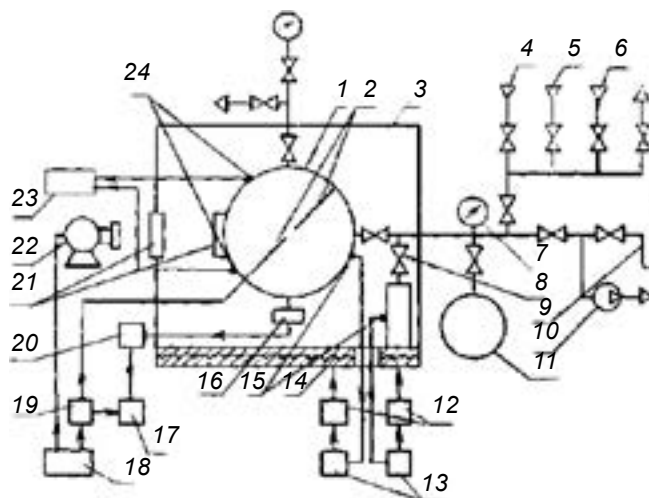
Експериментальне визначення мінімальної флегматизувальної концентрації флегматизатора і мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню в газо- і пароповітряних сумішах проводять згідно з ДСТУ EN 1839.

#### **7.25 Методи експериментального визначення нормальної швидкості поширення полум'я в газо- і пароповітряних сумішах**

**7.25.1 Метод оптимізації, застосовний для визначення нормальної швидкості в широкому діапазоні тисків і температур**

**7.25.1.1** Обладнання для випробування

Схему установки для визначення нормальної швидкості поширення полум'я наведено на рисунку 17.



Умовні позначки:

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 — реакційна посудина;             | 13 — регулятори температури;       |
| 2 — електроди запалювання;          | 14 — електронагрівачі;             |
| 3 — термостат;                      | 15, 24 — термоміри;                |
| 4 — лінія подавання пального;       | 16 — давач тиску;                  |
| 5 — лінія подавання окислювача;     | 17 — реєстратор динамічного тиску; |
| 6 — лінія подавання флегматизатора; | 18 — пульт управління;             |
| 7 — вимірювач тиску;                | 19 — запалювальний пристрій;       |
| 8 — клапани;                        | 20 — підсилювач;                   |
| 9 — ртутний манометр;               | 21 — оглядове вікно;               |
| 10 — вакуумний насос;               | 22 — швидкісна відеокамера;        |
| 11 — газовий змішувач;              | 23 — вимірювач температури.        |
| 12 — підсилювачі тиристорні;        |                                    |

Рисунок 17 — Загальний вигляд установки

**7.25.1.2** Реакційна сферична посудина місткістю 10 дм<sup>3</sup>, що має оглядове вікно для реєстрації процесу поширення полум'я. Реакційну посудину забезпечено давачем тиску і з'єднано через клапани з манометром, вакуумним насосом, системою подавання та скидання газів і випарів. У центрі сферичної порожнини посудини сформовано розрядний проміжок. Для підвищення точності реєстрації тиску на початковій стадії розвитку процесу рекомендовано використовувати другий давач тиску.

**Примітка.** Допустимо застосовувати сферичні реакційні посудини місткістю від 3 дм<sup>3</sup> до 25 дм<sup>3</sup>.

**7.25.1.3** Змішувач газовий для приготування гомогенної газопарової суміші в разі підвищеного тиску дає змогу проводити послідовно кілька експериментів в реакційній посудині з сумішшю заданої концентрації.

**7.25.1.4** Давач тиску має забезпечувати реєстрацію тиску, що швидко змінюється в частотному діапазоні від 0 Гц до 1500 Гц, і мати верхню межу вимірювання не менше ніж в 10 разів більше початкового тиску в посудині.

**Примітка.** За потреби систему вимірювання тиску тарують подаванням повітря в реакційну посудину або на спеціально призначеному для цього пресі.

**7.25.1.5** Як джерело запалювання використовують електричну іскру з енергією не більше ніж 0,1 Дж і тривалістю не більше ніж 3 мс. Відстань між конусоподібними кінцями електродів не більше ніж 2,5 мм. Діаметр електродів не більше ніж 3 мм.

**7.25.1.6** Термошафу, яка забезпечує нагрів реакційної посудини, випарника і пневмолінії, яка їх поєднує, до необхідної температури.

**7.25.1.7** Реєстратор динамічного тиску має забезпечувати безперервний або дискретний запис зміни в часі тиску всередині посудини в процесі горіння. За початок відліку часу беруть момент спрацьовування джерела запалювання.

**7.25.1.8** Манометри для вимірювання статичного тиску в посудині, пневмоліній, випарнику і газовому змішувачі з похибкою вимірювання не більше ніж  $\pm 0,133$  кПа за тиску до 100 кПа, і не більше ніж  $\pm 0,25$  % — за тиску понад 100 кПа.

**7.25.1.9** Вакуумний насос, що забезпечує залишковий тиск в реакційній посудині не більше ніж 0,266 кПа.

**7.25.1.10** Клапани та пневмолінії, що витримують тиск вибуху й забезпечують можливість вакуумування посудини.

**7.25.1.11** Пульт управління, що забезпечує синхронізацію моменту запалювання суміші з реєстрацією процесу поширення полум'я за допомогою швидкісної відеокамери.

**7.25.1.2** Проведення випробування

**7.25.1.2.1** Реакційну посудину перевіряють на герметичність. Герметичність посудини має бути такою, щоб за залишкового тиску не більше ніж 1 кПа зміна тиску протягом 10 хв не перевищувала 0,133 кПа.

**7.25.1.2.2** Готують в реакційній посудині горючу суміш. Для цього вакуумують посудину до залишкового тиску не більше 0,266 кПа, потім по черзі додають у її компоненти суміші за парціальним тиском або газову суміш зі змішувача, де її попередньо піддають конвективному перемішуванню.

**7.25.1.2.3** За потреби посудину і випарник нагрівають до температури випробування, для цього використовують термошафу та пристрої автоматичного регулювання температури. Допустимо нагрівати вихідну суміш до температури, що не перевищує 55 % від температури самозаймання.

У реакційному посуді створюють необхідний для випробування тиск горючої суміші.

**7.25.1.2.4** Закривають усі клапани установки та з пульта управління ініціюють запалювання суміші в посудині. Момент спрацювання запалювального пристрою та зміну тиску в посудині записують реєстратором динамічного тиску. За потреби використовують швидкісну відеокамеру для реєстрації процесу поширення полум'я.

**7.25.1.2.5** Випробування за заданими значеннями початкового тиску, температури і концентрації суміші повторюють не менше трьох разів.

Кожну експериментальну залежність зміни тиску в часі опрацьовують відповідно до 7.25.1.3.

**7.25.1.2.6** Після кожного випробування реакційну посудину вакуумують і продувають повітрям не менше трьох разів. За наявності конденсату посудину промивають.

**7.25.1.2.7** З метою визначення максимального значення нормальної швидкості поширення полум'я для досліджуваної речовини за заданими значеннями початкового тиску і температури проводять випробування із сумішами різного складу, близького до стехіометричного.

**7.25.1.2.8** Для визначення значень нормальної швидкості поширення полум'я по суміші заданого складу в широкому діапазоні тисків і температур проводять серії випробувань, що відрізняються початковим тиском і/або температурою.

**7.25.1.3** Оцінювання результатів

**7.25.1.3.1** Обчислювальну залежність зміни тиску в посудині за час отримують інтегруванням диференціального рівняння математичної моделі процесу:

$$\frac{d\pi}{dt} = \frac{3\pi^{1+\frac{1}{\gamma_u}} \left(1 - n_u \pi^{\frac{1}{\gamma_u}}\right)^{2/3} G}{a \left( \pi^{\frac{1}{\gamma_u}} - \frac{\gamma_u - \gamma_b}{\gamma_u} \cdot n_u \right)} \cdot S_u, \quad (32)$$

в якому

$$n_u = 1 - \frac{\pi^{\frac{1}{\gamma_u}} \frac{\gamma_b - 1}{\gamma_u - 1} \left(1 - \pi^{\frac{1}{\gamma_u} - 1}\right) - 1}{G}, \quad (33)$$



$$G = \gamma_b \left[ 1 + \frac{\pi_e - 1}{\gamma_b} - \frac{\gamma_u (\gamma_b - 1)}{\gamma_b (\gamma_u - 1)} \right] \pi^{\frac{1}{\gamma_u} - 1} + \frac{\gamma_b - \gamma_u}{\gamma_u - 1}, \quad (34)$$

де  $\pi = p/p_i$  — відносний тиск;  
 $p$  — поточний обчислювальний тиск в посудині, кПа;  
 $p_i$  — початковий тиск у посудині, кПа;  
 $t$  — час, с;  
 $a$  — радіус реакційної посудини, м;  
 $\gamma_u, \gamma_b$  — відповідно показники адіабат горючої суміші і продуктів горіння;

$n_u = \frac{m_u}{m_i}$  — відносна маса горючої суміші в посудині;

$m_u$  — поточне значення маси горючої суміші, кг;

$m_i$  — початкове значення маси горючої суміші, кг;

$\pi_e = p_e/p_i$  — відносний максимальний тиск вибуху в посудині;

$p_e$  — максимальний тиск вибуху в посудині за початкового тиску  $p_i$ , кПа;

$S_u$  — поточне значення нормальної швидкості поширення полум'я, м · с<sup>-1</sup>.

Радіус полум'я ( $r_b$ ) обчислюють за формулою:

$$r_b = \left( 1 - n_u \pi^{\frac{1}{\gamma_u}} \right)^{1/3} a \quad (35)$$

Порівняння експериментальної та обчислювальної залежностей зміни радіуса полум'я від часу може бути використано для контролю правильності визначення нормальної швидкості.

Залежність нормальної швидкості від тиску й температури суміші беруть як:

$$S_u = S_{ui} (p/p_i)^n (T_u/T_i)^m, \quad (36)$$

де  $S_{ui}$  — початкова швидкість поширення полум'я (за початкового тиску та температури), м · с<sup>-1</sup>;

$T_u$  — поточне значення температури суміші, К;

$T_i$  — початкова температура суміші в посудині, К;

$n$  — баричний показник;

$m$  — температурний показник.

У наближенні адіабатичного стиснення суміші зміну нормальної швидкості зі зростанням відносного тиску описують виразом

$$S_u = S_{ui} \pi^\varepsilon, \quad (37)$$

де  $\varepsilon = \left( m + n - \frac{m}{\gamma_u} \right)$  — термокінетичний показник.

Параметри  $\gamma_u, \gamma_b, \pi_e$ , які входять в обчислювальні формули, визначають термодинамічним обчисленням. У разі відсутності обчислювальних значень  $\gamma_b$  та  $\pi_e$  обчислення можуть проводити в наближенні  $\gamma_b = \gamma_u$ , а значення  $\pi_e$  може бути взято з експериментальних даних.

Обчислювальну залежність  $\pi(t)$  визначають двома невідомими параметрами —  $S_{ui}$  і  $\varepsilon$ .

**7.25.1.3.2** З експериментального запису зміни тиску в часі вибирають не менше п'яти значень  $p_k(t_k)$ , що відповідають умові:

$$1,1 p_i \leq p_k(t_k) \leq 0,9, 1 p_n, \quad (38)$$

де  $p_n$  — тиск, відповідний точці перегину кривої зміни тиску вибуху від часу, кПа.

**Примітка.** Для оцінювання відповідності енергії іскри умовам випробування використовують експериментальну точку  $p_i(0)$ , що відповідає моменту спрацьовування запалювального пристрою. За такої умови вважають, що енергія іскри відповідає умовам випробування, якщо обчислювальна залежність зміни тиску, отримана в результаті оптимізації, збігається з експериментальною, зокрема з точкою  $p_i(0)$ .

**7.25.1.3.3** Оптимізують обчислювальну залежність зміни тиску всередині посудини по експериментальній, мінімізацією функціонала  $\Phi(\bar{\Theta})$ :

$$\Phi(\bar{\Theta}) = \sum_{k=1}^N [\pi_k^e(t_k) - \pi^p(t_k, \bar{\Theta})]^2 \quad (39)$$

де  $\Theta = \left\| \begin{matrix} S_{ij} \\ \varepsilon \end{matrix} \right\|$  — вектор-стовпчик невідомих параметрів;

$\pi_k^e(t_k) = p(t_k) / p_i$  — експериментальний відносний тиск у момент часу  $t_k$ ;

$\pi^p(t_k, \bar{\Theta})$  — обчислювальний відносний тиск у момент часу  $t_k$ , отриманий чисельним інтегруванням рівняння (32);

$N$  — кількість точок експерименту, за якими проводять оптимізацію.

**7.25.1.3.4** Метод нелінійних оцінок

У цьому методі мінімізацію функціонала (39) здійснюють ітеративно, за формулою:

$$\bar{\Theta}_{L+1} = \bar{\Theta}_L + \Delta\bar{\Theta}, \quad (40)$$

де  $L$  — номер ітерації. Значення поправки визначають під час кожної ітерації з виразу:

$$\Delta\bar{\Theta} = (\bar{X}^T \bar{X})^{-1} \bar{X}^T \bar{Z}, \quad (41)$$

де  $\bar{X} = \left\| \frac{\partial \pi^p(t_k, \bar{\Theta}_L)}{\partial \bar{\Theta}} \right\|$  — матриця розмірності  $2 \times N$ ;

$\bar{X}^T$  — транспонована матриця ;

$\bar{Z} = \left\| \pi_k^e - \pi^p(t_k, \bar{\Theta}_L) \right\|$  — вектор-стовпчик розмірності  $N$ ;

$(\bar{X}^T \bar{X})^{-1}$  — матриця, зворотна матриці  $(\bar{X}^T \bar{X})$ .

Ітераційний процес припиняється при виконанні умови:

$$|\bar{\Theta}_{L+1} - \bar{\Theta}_L| \leq \delta, \quad (42)$$

де  $\delta = 10^{-4} (\bar{\Theta}_L + 10^{-3})$ .

Елементи матриці  $\bar{X}$  визначаються чисельним інтегруванням рівняння:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \pi}{\partial \bar{\Theta}} \right) = \frac{\partial f}{\partial \bar{\Theta}} + \frac{df}{d\pi} \left( \frac{\partial \pi}{\partial \bar{\Theta}} \right) \quad (43)$$

з початковими умовами  $\left. \frac{\partial \pi}{\partial \bar{\Theta}} \right|_{t=0} = 0$  у рівнянні (43) символ  $f$  використаний для позначення правої частини рівняння (32).

У процесі обчислень для знаходження довірчих інтервалів (див. формулу (48)) знайдених параметрів отримують інформаційну матрицю Фішера:

$$I = S^{-2} (\bar{X}^T \bar{X}), \quad (44)$$

де  $S^2$  — дисперсія експериментальних даних, що обчислюють за формулою:

$$S^2 = \frac{\Phi(\bar{\Theta})}{N - K}, \quad (45)$$

де  $N$  — кількість експериментальних точок, які використовують у разі оптимізації;  
 $K = 2$  — кількість параметрів, за якими проводять оптимізацію.

**7.25.1.3.5** За методом Давідона-Флетчера-Пауела ітераційний процес мінімізації функціоналу (39) проводять за формулою (40), в якій  $DQ_L$  визначають за формулою:

$$\Delta \bar{\Theta}_L = -\lambda_L H_L(\bar{\Theta}_L) g_L(\bar{\Theta}_L), \tag{46}$$

де  $\lambda_L$  — довжина кроку пошуку, яку визначають одновимірним пошуком в напрямку мінус  $H_L(\bar{\Theta}_L) g_L(\bar{\Theta}_L)$ ;

$H_L$  — симетрична матриця, яка обчислюють за рівнянням:

$$H_L = H_{L-1} + \frac{\Delta \bar{\Theta}_{L-1} \Delta \Theta_{L-1}^T}{\Delta \Theta_{L-1}^T \Delta g_{L-1}} - \frac{H_{L-1} \Delta g_{L-1} \Delta g_{L-1}^T H_{L-1}}{\Delta g_{L-1}^T H_{L-1} \Delta g_{L-1}} \tag{47}$$

прагне в кінці ітераційного процесу до зворотної матриці частинних похідних другого порядку

$$B(\bar{\Theta}) = \left\| \frac{\partial^2 \Phi(\bar{\Theta})}{\partial \Theta_i \partial \Theta_j} \right\| \text{ у точці мінімуму;}$$

$$g_L(\bar{\Theta}) = \left\| \begin{array}{c} \frac{\partial \Phi(\bar{\Theta})}{\partial \Theta_1} \\ \frac{\partial \Phi(\bar{\Theta})}{\partial \Theta_2} \end{array} \right\| \text{ — градієнт функціоналу в точці } \bar{\Theta};$$

значення,  $\frac{\partial \Phi(\bar{\Theta})}{\partial \Theta_i} = \sum_{k=1}^N 2 [\pi_k^e(t_k) - \pi^p(t_k, \bar{\Theta})] \frac{\partial \pi^p(t_k, \bar{\Theta})}{\partial \Theta_i}$ , а  $\frac{\partial \pi^p(t_k, \bar{\Theta})}{\partial \Theta_i}$  знаходять аналогічно еле-

ментам матриці методу нелінійних оцінок.

Припинення ітераційного процесу відбувається під час виконання умови  $\bar{\Theta}_{L-1} - \bar{\Theta}_L < \delta$ , де  $\delta$  — задана точність обчислення. Доцільно ставити  $\delta$  дещо більше, ніж  $10^{-D}$ , де  $D$  — кількість значущих цифр у представленні з плаваючою комою в ЕОМ.

У ході побудови ітераційного процесу аналогічно попередньому методу нелінійних оцінок отримують інформаційну матрицю Фішера  $I(\bar{\Theta}) = B(\bar{\Theta})$ .

Для обох викладених вище методів довірчий інтервал значень, що визначають у процесі оптимізації параметрів, обчислюють за заданої довірчої ймовірності  $\alpha$  відповідно до умови:

$$1 - \alpha = \text{Вер} \left\{ \frac{(\bar{\Theta} - \hat{\Theta})^T I(\bar{\Theta} - \hat{\Theta})}{K} \leq F_a(K, N - K) \right\}$$

з формули

$$\Delta \bar{\Theta}_m = \pm [KF_\alpha(K, N - K) / b_{mm}]^{0.5} \tag{48}$$

де  $m = 1, 2$  (індекс 1 відповідає параметру  $s_{ui}$ , індекс 2 — параметру  $\varepsilon$ );  
 $b_{mm}$  —  $m$ -й діагональний елемент інформаційної матриці Фішера;  
 $F_\alpha(K, N - K)$  — табульовані значення критерію Фішера.

Для експерименту с порядковим номером  $l$  отримують:

$$\bar{\Theta}^l = \bar{\Theta} \pm \Delta \bar{\Theta}^l, \tag{49}$$

де  $\bar{\Theta}^l = \left\| \begin{matrix} S_{ui}^l \\ \varepsilon^L \end{matrix} \right\|$  — вектор-стовпчик невідомих параметрів;

$\bar{\Theta}^l$  — середнє значення для  $l$ -того експерименту;

$\Delta \bar{\Theta}^l$  — довірчий інтервал.

**Примітка.** Метод застосовується в умовах знехтування конвекцією. Контроль за правильністю визначення нормальної швидкості поширення полум'я методом оптимізації здійснюють за умовою  $Fr \geq 0,11$ , в якому число Фруда:

$$Fr = \frac{S_s^2}{gd}, \quad (50)$$

де  $S_s$  — видима швидкість полум'я,  $m \cdot c^{-1}$ ;  
 $g$  — прискорення сили тяжіння,  $m \cdot c^{-2}$ ;  
 $d$  — діаметр посудини,  $m$ .

**7.25.1.3.6** Обробляють відповідно до 7.25.1.3.3 серію експериментальних залежностей зміни тиску, які отримані за тих самих умов. Оцінюють експериментальне ( $\sigma_s$ ) та обчислювальне ( $\sigma_p$ ) середньоквадратичне відхилення й отримують для конкретних умов експерименту шукане значення невідомих параметрів ( $\bar{\Theta}^o$ ) за серією експериментів:

$$\bar{\Theta}^o = \langle \bar{\Theta}^{\bar{n}} \rangle \pm (\sigma_s + \sigma_p), \quad (51)$$

де  $\langle \bar{\Theta}^{\bar{n}} \rangle$  — середнє значення за серією експериментів  $L$ , що визначають за формулою:

$$\langle \bar{\Theta}^{\bar{n}} \rangle = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \bar{\Theta}^l, \quad (52)$$

$$\sigma_s = \left[ \sum_{l=1}^L \left( \langle \bar{\Theta}^{\bar{n}} \rangle - \bar{\Theta}^l \right)^2 / (L-1) \right]^{0,5}, \quad (53)$$

$$\sigma_p = \left[ \sum_{l=1}^L \left( \Delta \bar{\Theta}^l \right)^2 / (L-1) \right]^{0,5}. \quad (54)$$

Контроль правильності використання цього методу здійснюють за умови рівності нормальної швидкості поширення полум'я в стехіометричній ізопропаноло-повітряній суміші за стандартних умов значення  $(0,29 \pm 0,02) m \cdot c^{-1}$ .

Збіжність методу за довірчої ймовірності 95 % не повинна перевищувати 10 %. Відтворюваність методу за довірчої ймовірності 95% не повинна перевищувати 20 %.

**7.25.1.3.7** Для кожної серії випробувань, що відрізняється початковим тиском і/або температурою, обчислюють значення  $\bar{\Theta}^o = \left\| \begin{matrix} S_{ui}^o \\ \varepsilon^o \end{matrix} \right\|$  відповідно до 7.25.1.3.2—7.25.1.3.6 та зміну нормальної швидкості в процесі горіння за формулою (26), температура горючої суміші в процесі горіння змінюється за законом:

$$T_u = T_i \pi^{\frac{\gamma_u - 1}{\gamma_u}}. \quad (55)$$

Використовуючи формули (26) та (44), на графіку  $s_u(p)$  будують серію ізотерм. Наприклад, першу ізотерму ( $T_u = T_i$ ), за умови рівності початкової температури суміші в усіх серіях випробувань будують

за точками  $s_{ui}^0(p_i)$ , де різні початкові тиску  $p_i$  — задані, а  $s_{ui}^0$  — визначені методом оптимізації. Для побудови таких ізотерм ( $T_u = \text{const}$ ) за формулою (44) визначають відносний тиск  $\pi$  і тиск  $p = \pi p_i$ , за якого температура горючої суміші дорівнює обраному значенні  $T_u$  у серії випробувань з різними початковими тисками. Обчисливши за формулою (44) значення  $\pi$ , знаходять за формулою (26) відповідне значення нормальної швидкості  $s_u$  для кожної серії випробувань, тобто за однакової температури  $T_u$  та різних тисків  $p$ .

**7.25.1.3.8** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

### **7.25.2 Метод початкової ділянки, застосований для визначення одиночних значень нормальної швидкості поширення полум'я**

#### **7.25.2.1 Обладнання для випробування**

Опис установки наведено в 7.25.1.1.

#### **7.25.2.2 Проведення випробування**

Випробування проводять згідно з 7.25.1.2. Для реєстрації процесу поширення полум'я застосовують швидкісну відеокамеру. На відміну від вимоги, наведеної в 7.25.1.2.5, експериментальна залежність зміни тиску всередині посудини в часі не підлягає обробленню згідно 7.25.1.3.

#### **7.25.2.3 Оцінювання результатів**

**7.25.2.3.1** За відеограмою поширення полум'я на початковій ділянці (до 1/3 радіуса посудини), за кутом нахилу прямої, що виражає залежність радіуса полум'я від часу, визначають значення видимої швидкості поширення полум'я  $s_s$ .

**7.25.2.3.2** Значення коефіцієнта розширення продуктів горіння ( $E_i$ ) визначають чи обчислюють за формулою:

$$E_i = \frac{T_{bi} M_i}{T_i M_{bi}} \quad (56)$$

або за експериментальними даними зі співвідношення:

$$E_i = 0,85 p_e / p_i \quad (57)$$

де  $T_{bi}$ ,  $T_i$  і  $M_{bi}$ ,  $M_i$  — відповідно температура та молекулярна маса продуктів горіння одразу після запалювання та початкової горючої суміші.

**7.25.2.3.3** Нормальну швидкість поширення полум'я за початкових значень тиску й температури в посудині обчислюють за формулою:

$$s_{ui} = s_s / E_i \quad (58)$$

**7.25.2.3.4** Збіжність методу за довірчої ймовірності 95 % не повинна перевищувати 10 %.

**7.25.2.3.5** Відтворюваність методу за довірчої ймовірності 95 % не повинна перевищувати 20 %.

### **7.26 Методи експериментального визначення максимального тиску вибуху та максимальної швидкості наростання тиску вибуху газо- та пароповітряної суміші**

#### **7.26.1 Обладнання для випробування**

Опис установки наведено в 7.25.1.1.

#### **7.26.2 Проведення випробувань**

Випробування проводять згідно з 7.25.1.2. Експериментальну залежність зміни тиску в часі обробляють відповідно до 7.26.3.

#### **7.26.3 Оцінювання результатів**

**7.26.3.1** За максимальний тиск вибуху досліджуваної газо- та пароповітряної суміші в разі відомих значень початкового тиску і температури вважають найбільший тиск вибуху, отриманий у процесі випробування за різних концентрацій пального в суміші.

**7.26.3.2** За максимальну швидкість наростання тиску вважають найбільше значення тангенса кута нахилу дотичної до експериментальної залежності «тиск-час», отримане в процесі випробування за різних концентрацій пального в суміші.

**7.26.3.3** Умови та результати випробування реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

## 7.27 Методи експериментального визначення умов теплового самозаймання твердих речовин і матеріалів

### 7.27.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення умов теплового самозаймання охоплює такі елементи.

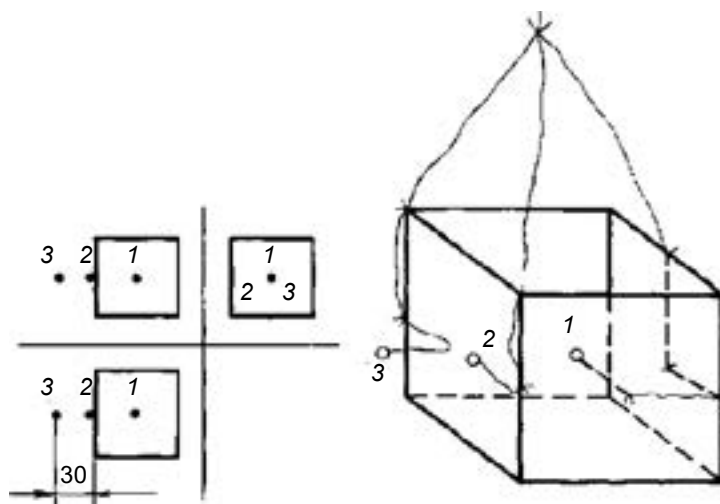
**7.27.1.1** Термостат місткістю робочої камери не менше ніж 40 дм<sup>3</sup> з терморегулятором, що дає змогу підтримувати постійну температуру від 60 °С до 250 °С з похибкою не більше ніж ±3 °С.

**7.27.1.2** Кошики з корозійностійкого металу кубічної або циліндричної форми висотою 35, 50, 70, 100, 140 та 200 мм (по 10 шт. кожного розміру) з кришками. Діаметр циліндричного кошика має дорівнювати його висоті. Товщина стінки кошика —  $(1,0 \pm 0,1)$  мм.

**7.27.1.3** Термопари (не менше ніж 3) з максимальним діаметром робочого спаю не більше ніж 0,8 мм.

### 7.27.2 Підготовка до випробування

**7.27.2.1** Проводять тарувальне випробування з метою визначення поправки  $\Delta t_T$  до показників термопар 2 і 3. Для цього в термостат, нагрітий до заданої температури, поміщають кошик з негорючою речовиною (наприклад, прожареним піском). Встановлюють термопари (рисунок 18) так, щоб робочий спай однієї термопари контактував зі зразком і розташовувався в його центрі, другий — торкався зовнішньої сторони кошика, третій — перебував на відстані  $(30 \pm 1)$  мм від стінки кошика. Робочі спаї всіх трьох термопар мають розташовуватися на одному горизонтальному рівні, відповідному середній лінії термостата.



Умовна позначка:

1, 2, 3 — робочі спаї термопар.

**Рисунок 18** — Схема встановлення термопар

Кошик з негорючою речовиною витримують у термостаті до встановлення стаціонарного режиму, за якого показання всіх термопар протягом 10 хв залишаються незмінними або коливаються з постійною амплітудою, наближеною до середніх температур  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ . Поправку  $\Delta t_T$  обчислюють за формулою:

$$\Delta t_T = 0,5(t_2 + t_3) - t_1. \quad (59)$$

**7.27.2.2** Зразки для випробування мають характеризувати середні властивості досліджуваної речовини (матеріалу). Під час випробування листового матеріалу його набирають у стопку, відповідну внутрішнім розмірам кошика. У зразках монолітних матеріалів попередньо просвердлюють до центру отвір діаметром  $(7,0 \pm 0,5)$  мм для термопари.

### 7.27.3 Проведення випробування

**7.27.3.1** Заповнюють кошик досліджуваним зразком. Встановлюють термопари відповідно до 7.27.2. Кошик закривають кришкою і поміщають його в центр термостата, нагрітого до заданої температури випробування (наприклад, 200 °С).

За температуру випробування вважають середнє арифметичне показань термодар 2 та 3 за обчисленням поправки  $\Delta t_f$ .

**7.27.3.2** Зразок витримують в термостаті до самозаймання або (у разі відсутності самозаймання) протягом часу, зазначеного в таблиці 17.

Таблиця 17

Висота кошика, мм	Тривалість випробування з визначення самозаймання, хв
35	6
50	12
70	24
100	48
140	96
200	192

За самозаймання вважають підвищення температури зразка (за показаннями термодари 1 до  $(450 \pm 50) ^\circ\text{C}$ ).

**7.27.3.3** Якщо під час першого випробування самозаймання не відбулося протягом часу, зазначеного в таблиці 17, то наступне випробування з новим зразком цього обсягу проводять за більшої температури.

**7.27.3.4** Якщо під час першого випробування сталося самозаймання, то наступне випробування з новим зразком цього обсягу проводять за меншої температури (наприклад, на  $20 ^\circ\text{C}$  менше).

**7.27.3.5** Випробування повторюють за різних температур зі зразками цього обсягу до досягнення мінімальної температури, за якої відбувається самозаймання, а за температури на  $10 ^\circ\text{C}$  меншу за мінімальну, самозаймання не відбувається. Середнє арифметичне значення цих температур вважають за температуру самозаймання зразка цього обсягу.

Аналогічні випробування проводять зі зразками досліджуваної речовини в кошиках інших розмірів.

#### 7.27.4 Оцінювання результатів

**7.27.4.1** На підставі отриманих результатів випробування будують графіки залежності логарифма температури самозаймання від логарифма питомої поверхні та логарифма часу до самозаймання (рисунок 19), які описують рівняннями прямої лінії:

$$\lg t_c = A_p + n_p \lg S,$$

$$\lg t_c = A_\tau - n_\tau \lg \tau.$$

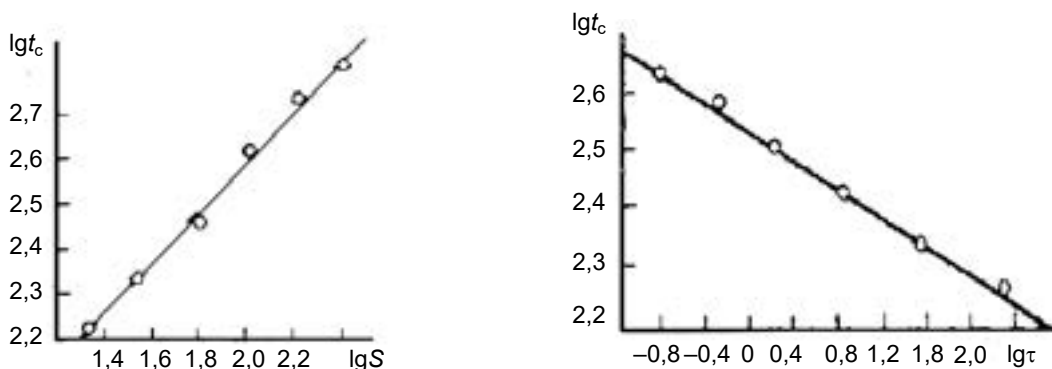


Рисунок 19 — Графіки залежності

де  $t_c$  — температура самозаймання, °С;  
 $A_p, n_p, A_b, n_b$  — коефіцієнти, що визначаються за експериментальними даними;  
 $t$  — тривалість випробування від моменту вирівнювання температур зразка досліджуваної речовини і термостата до моменту самозаймання, хв;  
 $S$  — питома поверхня зразка в м<sup>-1</sup>, обчислюють за формулою:

$$S = \frac{F}{V}, \quad (62)$$

де  $F$  — повна зовнішня поверхня зразка, м<sup>2</sup>;  
 $V$  — об'єм зразка, м<sup>3</sup>.

**7.27.4.2** Умови та результати випробувань реєструють у протоколі, форму якого наведено в додатку А.

### **7.28 Метод експериментального визначення мінімальної енергії запалювання пилоповітряних сумішей**

Експериментальне визначення мінімальної енергії запалювання пилоповітряних сумішей проводять відповідно до ДСТУ EN 13821.

ДОДАТОК А  
(довідковий)

## **ФОРМИ ПРОТОКОЛІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ**

### **А.1 Загальні дані, що має містити протокол випробування**

Дата проведення  
випробування: \_\_\_\_\_

Умови в приміщенні:  
температура повітря \_\_\_\_\_ °С  
атмосферний тиск \_\_\_\_\_ мм рт. ст.  
відносна вологість повітря \_\_\_\_\_ %

Назва лабораторії

Місце проведення випробування

Замовник випробування

Об'єкт випробування

Зразки для випробування (відомості щодо підготовки або відбору зразків, умови кондиціонування)

Випробувальне обладнання та засоби вимірювальної техніки

Метод випробування

Результати випробування

Висновок

Примітки

Перелік осіб, що проводили випробування



**А.2 Рекомендовані форми таблиць з експериментальними та обчислювальними даними**

**Таблиця А 1** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення групи горючості будівельних матеріалів

№ випробування	№ зразка	Початкова температура $T_p, ^\circ\text{C}$	Максимальна температура димових газів $T, ^\circ\text{C}$	Середнє арифметичне значення температури димових газів $T_{cp}, ^\circ\text{C}$	Довжина пошкодженої зони $L, \text{мм}$	Середнє арифметичне значення довжини пошкодженої зони $L_{cp}, \text{мм}$	Ступінь пошкодження зразків за довигою $S_L, \%$	Маса зразка до випробування $m_1, \text{г}$	Маса зразка після випробування $m_2, \text{г}$	Середнє арифметичне значення втрати маси $\Delta m_{cp}, \text{г}$	Ступінь пошкодження зразків за масою $S_m, \%$	Тривалість самостійного горіння зразків $t, \text{с}$
1	1											
	2											
	3											
	4											
2	5											
	6											
	7											
	8											
3	9											
	10											
	11											
	12											
Середні арифметичні значення для трьох випробувань (округлено до цілого числа)												

**Таблиця А.2** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення групи важкогорючих і горючих твердих речовин і матеріалів

№ зразка	Температура летких продуктів згоряння, °С		Максимальний приріст температури летких продуктів згоряння $\Delta t_{\max}$ , °С	Проміжок часу проведення випробувань або досягнення максимальної температури $\tau$ , с	Маса зразка, г		Втрата маси зразка $\Delta m$ , %
	початкова $t_0$	максимальна $t_{\max}$			до випробування $m_n$	після випробування $m_k$	

**Таблиця А.3** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення температури спалаху рідини в закритому тиглі

№ зразка для випробування	Швидкість нагрівання зразка, °С · хв <sup>-1</sup>	Температура випробування, °С	Результат випробування на спалах

**Таблиця А.4** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення температури спалаху рідини у відкритому тиглі

№ зразка для випробування	Швидкість нагрівання зразка, °С · хв <sup>-1</sup>	Температура випробування, °С	Результат випробування на спалах

**Таблиця А.5** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення температури займання рідини в відкритому тиглі

№ зразка для випробування	Швидкість нагрівання зразка, °С · хв <sup>-1</sup>	Температура випробування, °С	Результат випробування на займання

**Таблиця А.6** — Експериментальні та обчислювальні дані температури займання (самозаймання або тління) твердих речовин і матеріалів

№ зразка	Температура випробування, °С	Результат випробування

**Таблиця А.7** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення температури самозаймання рідини

Кількість речовини в пробі, мл	Температура випробування, °С	Період індукції, с	Результат випробування на самозаймання

**Таблиця А.8** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення температури самозаймання газу

Номер пробі речовини	Кількість речовини в пробі, см <sup>3</sup> (г)	Температура колби, °С			Температура випробування, °С	Період індукції, с	Результат випробування на самозаймання
		верх	середина	низ			

**Таблиця А.9** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення концентраційних меж поширення полум'я по газо- та пароповітряних сумішах

Номер випробування	Атмосферний тиск мм рт. ст.	Температура випробування, °С	Відносна вологість повітря, %	Загальний тиск суміші, мм рт. ст.	Парціальний тиск компонентів суміші, мм рт. ст.					Концентрація компонентів суміші, % об.					Результат випробування на займання		
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			

**Таблиця А.10** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення нижньої концентраційної межі поширення полум'я, максимального тиску вибуху, максимальної швидкості наростання тиску, мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню та мінімальної флегматизувальної концентрації флегматизатора

Номер випробування	Вміст кисню і газоповітряної суміші, % об.	Маса зразка, г	Концентрація речовини в реакційній посудині, г · м <sup>-3</sup>	Тиск вибуху, кПа	Швидкість зростання тиску, МПа · с <sup>-1</sup>

**Таблиця А.11** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення температурних меж поширення полум'я по пароповітряних сумішах

Номер зразка для випробування	Температура, °С		Потужність джерела запалювання, мДж	Результат випробування на займання
	Рідкої фази	Парової фази		

**Таблиця А.12** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення умов теплового самозаймання твердих речовин і матеріалів

Номер зразка для випробування	Розмір зразка (за розміром кошика), мм	Питома поверхня зразка, м <sup>-1</sup>	Показання термопар			Температура випробування, °С	Час до самозаймання, хв	Тривалість випробування, хв
			1	2	3			

**Таблиця А.13** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення мінімальної енергії запалювання пилоповітряних сумішей

Номер випробування	Напруга на вібраторі, В	Відстань між розпилювачем та електродами h, мм	Розрядний проміжок l, м	Напруга на конденсаторі, кВ		Ємність конденсатора, пФ	Число іскрових розрядів n	Число займань m	Енергія іскрового розряду, мДж
				U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>				

**Таблиця А.14** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення здатності вибухати і горіти за взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами

Номер зразка для випробування	Кількість досліджуваної речовини в зразку, г (см <sup>3</sup> )	Температура випробування, °С	Тривалість випробування, хв	Результат випробування

**Таблиця А.15** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення нормальної швидкості поширення полум'я, максимального тиску вибуху та максимальної швидкості наростання тиску вибуху газо- та пароповітряної суміші

Номер випробування в серії	Результати експерименту		Результати обчислення		Середнє значення в серії випробувань	
	p · 10 <sup>5</sup> , Па	t, мс	S <sub>нп</sub> ± ΔS <sub>нп</sub>	ε ± Δε	S <sub>нп</sub> ± ΔS <sub>нп</sub>	ε ± Δε

**Таблиця А.16** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення швидкості вигорання рідин

Номер випробування	Діаметр палика, мм	Показання реєструвального приладу, мм		Масова швидкість вигорання $m_i$ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Середнє значення швидкості вигорання, $\overline{m}_i$ , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Характер і режим горіння
		$\Delta l$	$\Delta \tau$			

**Таблиця А.17** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення коефіцієнта димоутворення

Режим випробування та густина теплового потоку	Номер зразка для випробування	Маса зразка (m), г	Світлопропускання, %		Коефіцієнт димоутворення ( $D_m$ ), $\text{м}^2/\text{кг}$
			початкове значення ( $T_0$ )	кінцеве значення ( $T_{min}$ )	
Полумєневе горіння, $\text{— кВт/м}^2$	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
Середнє значення (округлено до цілого числа)					
Тління, $\text{— кВт/м}^2$	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
Середнє значення (округлено до цілого числа)					

**Таблиця А.18** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення індексу поширення полум'я

№ зразка	Температура димових газів, °C		Тривалість проходження фронтом полум'я нульової ділянки $t_0$ , с	Тривалість проходження фронтом полум'я $i$ -тої ділянки $\tau_i$ , с									Проміжок часу до досягнення максимальної температури димових газів $\tau_{max}$ , с	Відстань, на яку поширився фронт полум'я, $L$ , мм	Індекс поширення полум'я	
	початкова $t_0$	Максимальна $t_{max}$		1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Середнє арифметичне значення індексу поширення полум'я по поверхні зразків.																

**Таблиця А.19** — Експериментальні та обчислювальні дані визначення токсичності продуктів горіння полімерних, синтетичних та інших матеріалів

Позначення температурного режиму випробування		450 °C	750 °C
Результат випробування	$\text{H}_{\text{CL}50}$ , $\text{г/м}^3$		
	$\text{HbCO}$ , %		

ДОДАТОК Б  
(довідковий)ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ  
ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

## Б.1 Методи обчислення температури спалаху рідин

## Б.1.1 Методи обчислення температури спалаху індивідуальних рідин у закритому тиглі

Б.1.1.1 Температуру спалаху рідин ( $t_{\text{сп}}$ ) в °С мають наведені нижче види зв'язків (таблиця Б.1), яку обчислюють за формулою:

$$t_{\text{сп}} = \alpha_0 + \alpha_1 t_{\text{кип}} + \sum_{j=2}^n \alpha_j I_j, \quad (\text{Б.1})$$

де  $\alpha_0$  — розмірний коефіцієнт, що дорівнює мінус 73,14 °С;  
 $\alpha_1$  — безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,659;  
 $t_{\text{кип}}$  — температура кипіння досліджуваної рідини, °С;  
 $\alpha_j$  — емпіричні коефіцієнти, наведені в таблиці Б.1;  
 $I_j$  — кількість зв'язків виду  $j$  в молекулі досліджуваної рідини.

Середня квадратична похибка обчислення ( $d$ ) за формулою (Б.1) становить 13 °С.

Таблиця Б.1

Вид зв'язку	$\alpha_j$ , °С	Вид зв'язку	$\alpha_j$ , °С
C—C	-2,03	C—Cl	15,11
C≡C	-0,28	C—Br	19,40
C=C	1,72	C—Si	-4,84
C—H	1,105	Si—H	11,00
C—O	2,47	Si—Cl	10,07
C=O	11,66	N—H	5,83
C—N	14,15	O—H	23,90
CS—N	12,13	S—H	5,64
C—S	2,09	P—O	3,27
C=S	-11,91	P=O	9,64
C—F	3,33		

Б.1.1.2 Для перелічених нижче класів речовин температуру спалаху в градусах Цельсія обчислюють за формулою:

$$t_{\text{сп}} = \alpha + b t_{\text{кип}}, \quad (\text{Б.2})$$

де  $\alpha$ ,  $b$  — емпіричні коефіцієнти, наведені в таблиці Б.2 разом із середніми квадратичними похибками обчислення ( $d$ ).

Таблиця Б.2

Клас речовин	Коефіцієнти		$\delta$ , °С
	$\alpha$ , °С	$b$	
Алкани	-73,22	0,693	1,5
Спирти	-41,69	0,652	1,4

Кінець таблиці Б.2

Клас речовин	Коефіцієнти		δ, °С
	α, °С	b	
Алкіланіліни	-21,94	0,533	2,0
Карбонові кислоти	-43,57	0,708	2,2
Алкілфеноли	-38,42	0,623	1,4
Ароматичні вуглеводні	-67,83	0,665	3,0
Альдегіди	-74,76	0,813	1,5
Бромалкани	-49,56	0,665	2,2
Кетони	-52,69	0,643	1,9
Хлоралкани	-55,70	0,631	1,7

**Б.1.1.3** Якщо для досліджуваної рідини відома залежність тиску насиченої пари від температури, то температуру спалаху в градусах Цельсія обчислюють за формулою:

$$t_{\text{сп}} = \frac{A_{\text{Б}}}{p_{\text{сп}} D_0 \beta} - 273, \quad (\text{Б.3})$$

де  $A_{\text{Б}}$  — константа, що дорівнює  $280 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{К}$ ;  
 $p_{\text{сп}}$  — парціальний тиск пари досліджуваної рідини за температури спалаху, кПа;  
 $D_0$  — коефіцієнт дифузії пари в повітрі,  $\text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  
 $\beta$  — стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння, що визначають за формулою:

$$\beta = m_{\text{C}} + m_{\text{S}} + 0,25(m_{\text{H}} - m_{\text{X}}) - 0,5m_{\text{O}} + 2,5 m_{\text{P}}, \quad (\text{Б.4})$$

де  $m_{\text{C}}$ ,  $m_{\text{S}}$ ,  $m_{\text{H}}$ ,  $m_{\text{X}}$ ,  $m_{\text{O}}$ ,  $m_{\text{P}}$  — кількість атомів відповідно вуглецю, сірки, водню, галогену, кисню та фосфору в молекулі рідини.

Середня квадратична похибка обчислення за формулою (Б.3) становить  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Б.1.2 Методи обчислення температури спалаху сумішей горючих рідин у закритому тиглі**

**Б.1.2.1** Температуру спалаху сумішей горючих рідин ( $t_{\text{сп,см}}$ ) в  $^\circ\text{C}$  обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=1}^k x_i \exp \left[ \frac{\Delta H_{\text{вип}i}}{R(t_{\text{сп}i} + 273)} - \frac{\Delta H_{\text{вип}i}}{R(t_{\text{сп,см}} + 273)} \right] = 1, \quad (\text{Б.5})$$

де  $x_i$  — молярна частка  $i$ -того компонента в рідкій фазі;  
 $\Delta H_{\text{вип}i}$  — молярна теплота випаровування  $i$ -того компонента,  $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;  
 $t_{\text{сп}i}$  — температура спалаху  $i$ -того компонента,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $R$  — універсальна газова стала.

Значення  $\Delta H_{\text{вип}i}/R$  може бути обчислено за інтерполяційною формулою:

$$\Delta H_{\text{вип}i} / R = -2918,6 + 19,6(t_{\text{кип}i} + 273), \quad (\text{Б.6})$$

де  $t_{\text{кип}i}$  — температура кипіння  $i$ -того компонента,  $^\circ\text{C}$ .

Середня квадратична похибка обчислення за формулою (Б.5) становить  $9 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Б.1.2.2** Якщо для компонентів суміші відома залежність тиску насиченої пари від температури, то температуру спалаху суміші обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=1}^k \left[ x_i 10^{\alpha_i} (1642 - \Theta_i) / (1642 - \Theta_{\text{см}i}) \right] = 1, \quad (\text{Б.7})$$

де  $\alpha_i = B_i(\Theta_{\text{см}i} - \Theta_i)/\Theta_{\text{см}i}\Theta_i$   
 $\Theta_i = t_{\text{сп}i} + C_{A_i}$   
 $\Theta_{\text{см}i} = t_{\text{сп. см}} + C_{A_i}$   
 $B_i, C_{A_i}$  — константи рівняння Антуана для  $i$ -того компонента.

Середня квадратична похибка обчислення за формулою (Б.7) становить 11 °С.

**Б.1.2.3** Температуру спалаху бінарних сумішей рідин, що належать до одного гомологічного ряду, обчислюють за формулою:

$$t_{\text{сп. см}} = t'_{\text{сп}} + \Delta \left[ x + (m-1)(x')^m \right], \quad (\text{Б.8})$$

де  $t'_{\text{сп}}$  — температура спалаху легкозакипаючого компонента, °С;  
 $\Delta$  — гомологічна різниця за температури спалаху в розглянутому ряді, °С;  
 $x$  — масова частка висококиплячого компонента в рідкій фазі;  
 $m$  — різниця між кількістю вуглецевих атомів компонентів суміші;  
 $x'$  — коефіцієнт, що враховує нелінійний характер залежності  $t_{\text{сп}}$  від  $x$ . За  $x \geq 0,5$   $x' = 2x - 1$ ;  
за  $x < 0,5$   $x' = 0$ .

Формула (Б.8) може бути застосована для гомологічних рядів  $n$ -спиртів і складних ефірів нормальної будови.

Середня квадратична похибка обчислення становить 2 °С.

### **Б.1.3 Методи обчислення температури спалаху індивідуальних рідин у відкритому тиглі**

**Б.1.3.1** Температуру спалаху у відкритому тиглі обчислюють за формулою (Б.1), використовуючи величини емпіричних коефіцієнтів з таблиці Б.3.

**Таблиця Б.3**

Вид зв'язку	$\alpha_j, ^\circ\text{C}$	Вид зв'язку	$\alpha_j, ^\circ\text{C}$
C—C	3,63	C—S	14,86
C ≡ C	6,48	Si—H	−4,58
C=C	−4,18	−SiCl <sub>3</sub>	50,49
C—H	0,35	O—H	44,29
C—O	4,62	S—H	10,75
C=O	25,36	P—O	22,23
C—N	−7,03	P=O	−9,86
		N—H	18,15

Коефіцієнти  $u_0$  та  $\alpha_1$  під час обчислення температури спалаху у відкритому тиглі дорівнюють відповідно мінус 73 °С і 0,409.

Середня квадратична похибка обчислення становить 10 °С.

**Б.1.3.2** Якщо для досліджуваної рідини відома залежність тиску насиченої пари від температури, то температуру спалаху у відкритому тиглі обчислюють за формулою (Б.3), де  $A_B = 427 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{К}$ .

Середня квадратична похибка обчислення становить 13 °С.

### **Б.2 Методи обчислення температури займання рідин**

**Б.2.1** Температуру займання ( $t_{\text{займ}}$ ) індивідуальних рідин у градусах Цельсія обчислюють за формулою (Б.1), де  $\alpha_0$  — розмірний коефіцієнт, що дорівнює мінус 47,78 °С;  $\alpha_1$  — безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,882;  $\alpha_j$  — емпіричні коефіцієнти, наведені в таблиці Б.4.

**Таблиця Б.4**

Вид зв'язку	$\alpha_j, ^\circ\text{C}$	Вид зв'язку	$\alpha_j, ^\circ\text{C}$
C—C	0,027	C=O	−0,826

Кінець таблиці Б.4

Вид зв'язку	$\alpha_j, ^\circ\text{C}$	Вид зв'язку	$\alpha_j, ^\circ\text{C}$
C≡C	-2,069	C—N	-5,876
C=C	-8,980	O—H	8,216
C—H	-2,118	N—H	-0,261
C—O	-0,111		

Середня квадратична похибка обчислення становить 5 °С.

**Б.2.2** Якщо відома залежність тиску насичених парів від температури, то температуру займання індивідуальних рідин, що складаються з атомів С, Н, О, N, обчислюють за формулою:

$$t_{\text{займ}} = \frac{A_{\text{Б}}}{p_{\text{займ}} D_0 \beta} - 273, \quad (\text{Б.9})$$

- де  $A_{\text{Б}}$  — константа, рівна  $453 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{К}$  (для фосфорорганічних речовин  $A_{\text{Б}} = 1333 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{К}$ );  
 $p_{\text{займ}}$  — парціальний тиск пари досліджуваної рідини за температури займання, кПа;  
 $\beta$  — стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння, який вираховують за формулою (Б.4).

Середня квадратична похибка обчислення становить 6 °С.

**Б.2.3** Температуру займання аліфатичних спиртів і складних ефірів обчислюють за формулою:

$$t_{\text{займ}} = \frac{t_{\text{кип}} + 273}{1 + K(t_{\text{кип}} + 273)} - 273, \quad (\text{Б.10})$$

- де  $K$  — емпіричний коефіцієнт, що дорівнює  $6 \cdot 10^{-4}$  для спиртів і  $7 \cdot 10^{-4}$  для складних ефірів.  
 Середня квадратична похибка обчислення становить 2 °С для спиртів і 4 °С — для складних ефірів.

**Б.3 Методи обчислення концентраційних меж поширення полум'я по газо- і пароповітряних сумішах**

Методи обчислення застосовні для індивідуальних органічних речовин, що складаються з атомів С, Н, О, N, Cl (не більше одного атома хлору в молекулі) та їхніх сумішей. У випадках, наведених у Б.3.2 та Б.3.3, до складу сумішей можуть входити водень, діоксид вуглецю, азот, водяна пара. Відносна середня квадратична похибка обчислювальних значень концентраційних меж поширення полум'я не перевищує 20 %.

**Б.3.1 Методи обчислення концентраційних меж поширення полум'я індивідуальних речовин для початкової температури 25 °С**

**Б.3.1.1** Нижню межу ( $\varphi_{\text{Н}}$ ) в % об. обчислюють за формулами:

$$\varphi_{\text{Н}} = 100 / \left( 1 + h_f \Delta H_f^{\circ} + \sum_{j=1}^l h_j m_j + \sum_{r=1}^p h_r m_r \right) \quad (\text{Б.11})$$

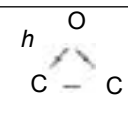
або

$$\varphi_{\text{Н}} = 100 / \sum_{s=1}^q h_s m_s, \quad (\text{Б.12})$$

- де  $h_f$  — емпіричний параметр теплоти утворення речовини, моль · кДж<sup>-1</sup>;  
 $\Delta H_f^{\circ}$  — стандартна теплота утворення речовини в газоподібному стані при 25 °С, кДж · моль<sup>-1</sup>;  
 $h_j, h_r, h_s$  — коефіцієнти, що характеризують внесок  $j$ -тих атомів (С, Н, О, N, Cl),  $r$  і  $s$ -х структурних груп, які впливають на нижню межу;  
 $m_j, m_r, m_s$  — кількість атомів  $j$ -того елемента,  $r$  і  $s$ -тих структурних груп у молекулі речовини;  
 $l, p, q$  — кількість хімічних елементів і типів структурних груп у молекулі речовини.  
 Значення коефіцієнтів  $h_f, h_j, h_r$  наведено в таблиці Б.5.





Таблиця Б.5

$h_j$					$h_r$		$h_f$ моль · кДж <sup>-1</sup>
$h_C$	$h_H$	$h_O$	$h_N$	$h_{Cl}$	$h_{C=C}$		
9,134	2,612	-0,522	-0,494	-3,57	7,88	6,50	0,0246

Значення коефіцієнтів наведено в таблиці Б.6

Таблиця Б.6

Вид структурної групи	$h_s$	Вид структурної групи	$h_s$
C—C	3,75	C—Cl	0,71
C=C	11,10	O—H	0,52
C—H	4,47	N—H	1,90
C—O	0,90	N—N	13,84
C=O	3,12		31,05
C—N (тривалентний)	2,27		44,13

**Б.3.1.2** Верхню межу поширення полум'я ( $\varphi_B$ ) в % об. обчислюють залежно від величини стехіометричного коефіцієнта кисню ( $\beta$ ) за формулами:

$$\varphi_B = 100 / \left( \sum_{j=1}^i h_j m_j + \sum_{s=1}^q q_s \right) \quad \text{за } \beta \leq 8, \quad (\text{Б.13})$$

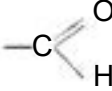
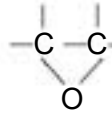
$$\varphi_B = 100 / (0,768\beta + 6,554) \quad \text{за } \beta > 8, \quad (\text{Б.14})$$

де  $h_j, q_s$  — коефіцієнти, що враховують хімічну будову речовини;  
 $m_j$  — кількість зв'язків  $j$ -того елемента;  
 $m_C, m_H, m_{Cl}, m_O$  — кількість атомів відповідно вуглецю, водню, хлору та кисню в молекулі речовини.  
 Значення коефіцієнтів  $h_j$  і  $q_s$  наведено в таблицях Б.7 та Б.8.

Таблиця Б.7

Вид структурної групи	$h_j$	Вид структурної групи	$h_j$
C—C	-0,84	C=O	1,31
C≡C	0,89	C—N	-1,17
C=C	0,24	C≡N	2,07
C≡C	1,93	C—Cl	0,71
C—H	1,39	N—H	0,69
C—O	-1,40	O—H	1,25

Таблиця Б.8

Вид структурної групи	$q_s$
	-1,47
цикл неароматичний	$9/m_c$
	1,11

### Б.3.2 Метод обчислення концентраційних меж поширення полум'я для сумішей горючих речовин за початкової температури 25 °С

Метод призначено для речовин, що не вступають між собою в хімічну реакцію за початкової температури. У кількість компонентів суміші може входити молекулярний водень, об'ємна концентрація якого не повинна перевищувати 75 % від суми горючих компонентів суміші. Негорючими компонентами суміші є діоксид вуглецю, азот і водяна пара. У кількість компонентів суміші не входить кисень.

Нижню  $\varphi_n$  (верхню  $\varphi_v$ ) межу поширення полум'я для суміші горючих речовин в % об. обчислюють за формулою:

$$\varphi_n, \varphi_v = \sum_{k=1}^n \varphi_k / \sum_{k=1}^n (\varphi_k / \varphi_{пк}), \quad (\text{Б.15})$$

де  $\varphi_k$  — концентрація  $k$ -того горючого компонента суміші, % об.;

$\varphi_{пк}$  — нижня або верхня межа для бінарної суміші  $k$ -того горючого компонента з повітрям, % об.;

$n$  — кількість горючих компонентів суміші.

Якщо межа ( $\varphi_{пк}$ ) будь-якого компонента суміші невідома, його обчислюють, як зазначено в Б.3.1.

### Б.3.3 Методи обчислення меж поширення полум'я для сумішей горючих речовин із негорючими, під час їхнього випускання в повітря за початкової температури 25 °С

Ці методи обчислення застосовують у тому разі, якщо компоненти суміші не вступають між собою в хімічну реакцію за початкової температури, негорючими компонентами суміші є діоксид вуглецю, азот і водяна пара. У кількість горючих компонентів суміші може входити молекулярний водень, об'ємна концентрація якого не повинна перевищувати 75 %. У кількість компонентів суміші не входить кисень.

**Б.3.3.1** Нижню концентраційну межу поширення полум'я для суміші ( $\varphi_n$ ) в % об. обчислюють за формулою:

$$\varphi_n = 100 / (1 + v_v), \quad (\text{Б.16})$$

де  $v_v$  — кількість молей повітря, що припадає на 1 моль вихідної суміші.

$v_v$  визначають за формулою:

$$v_v = \sum_{k=1}^n \varphi_k / \varphi_{нк} - 0,01 \left( \sum_{k=1}^n \varphi_k + \sum_{j=1}^m \varphi_j C_j \right), \quad (\text{Б.17})$$

де  $\varphi_{нк}$  — нижня межа поширення полум'я  $k$ -того горючого компонента, % об.;

$\varphi_j$  — концентрація  $j$ -того негорючого компонента, % об.;

$C_j$  — коефіцієнт  $j$ -того негорючого компонента;

$m$  — кількість негорючих компонентів суміші.

Значення коефіцієнта  $C_j$  наведено в таблиці Б.9.

Таблиця Б.9

Негорючий компонент суміші	$C_j$
Азот	0,988
Водяна пара	1,247
Діоксид вуглецю	1,590

**Б.3.3.2** Верхню межу поширення полум'я для суміші ( $\varphi_v$ ) в % об. обчислюють за формулою:

$$\varphi_v = \left( \sum_{k=1}^n \varphi_k + \sum_{j=1}^m \varphi_j \right) / \left( \sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{вк}} + \sum_{j=1}^m \frac{\varphi_j}{\varphi'_{вj}} \right), \quad (\text{Б.18})$$

де  $\varphi_{вк}$  — верхня межа поширення полум'я для бінарної суміші  $k$ -того горючого компонента з повітрям, % об.;

$\varphi'_{вj}$  — верхня умовна межа поширення полум'я  $j$ -того негорючого компонента, яку вираховують для кожного негорючого компонента за формулою:

$$\varphi'_{вj} = \frac{\varphi_\phi}{\left( 1 - \sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{вк}} / \sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{нк}} \right) (1 - K_\phi)}, \quad (\text{Б.19})$$

де  $\varphi_\phi$  — мінімальна флегматизуюча концентрація негорючого компонента, % об.;

$K_\phi$  — коефіцієнт флегматизації.

Мінімальну флегматизувальну концентрацію ( $\varphi_\phi$ ) кожного негорючого компонента в % об. обчислюють за формулою:

$$\varphi_\phi = 100 \frac{h'_f \Delta H_f^\circ + h'_\phi + \sum_{j=1}^l h'_j m_j}{h''_\phi - 1 + \sum_{j=1}^l h''_j m_j}, \quad (\text{Б.20})$$

де  $h'_f$  — коефіцієнт теплоти утворення суміші горючих компонентів у газоподібному стані, моль  $\cdot$  кДж $^{-1}$ ;

$h'_\phi, h''_\phi$  — вільні члени;

$h'_j, h''_j$  — коефіцієнти атомів і структурних груп горючих компонентів (їхні значення наведено в таблиці Б.10);

$m_j$  — кількість атомів  $j$ -того виду в суміші горючих компонентів.

Таблиця Б.10

Коефіцієнти $h'_j, h''_j$	Значення коефіцієнта за умови розведення суміші		
	азотом	водяною парою	діоксидом водню
$h'_f$	$0,865 \cdot 10^{-2}$	$0,802 \cdot 10^{-2}$	$0,736 \cdot 10^{-2}$
$h'_\phi$	1,256	0,780	0,584
$h'_N$	2,528	1,651	1,292
$h'_H$	0,759	0,527	0,427
'	0,197	0,416	0,570
$h'_N$	-0,151	-0,147	-0,133

Кінець таблиці Б.10

Коефіцієнти $h'_j, h''_j$	Значення коефіцієнта за умови розведення суміші		
	азотом	водяною парою	діоксидом водню
$h'_{C=C}$	1,500	1,500	1,500
$h''_O$	2,800	2,236	2,020
$h''_C$	5,946	5,000	4,642
$h''_H$	1,486	1,250	1,160
$h''_O$	-2,973	-2,500	-2,321
$h''_N$	0	0	0
$h''_{C=C}$	0	0	0

Для суміші горючих компонентів величини  $\Delta H_f^o$  в кДж · моль<sup>-1</sup> та  $m_j$  обчислюють за формулами:

$$\Delta H_f^o = \left( \sum_{k=1}^n \Delta H_{fk}^o \varphi_k \right) / \sum_{k=1}^n \varphi_k, \quad (Б.21)$$

$$m_j = \left( \sum_{k=1}^n m_{jk} \varphi_k \right) / \sum_{k=1}^n \varphi_k, \quad (Б.22)$$

де  $\Delta H_{fk}^o$  — стандартна теплота утворення  $k$ -того горючого компонента в газоподібному стані, кДж · моль<sup>-1</sup>;  
 $m_{jk}$  — кількість  $j$ -тих атомів в молекулі  $k$ -того горючого компонента.

Якщо серед горючих компонентів суміші відсутні молекулярний водень, монооксид вуглецю та оцтова кислота, то значення коефіцієнта флегматизації  $K_\phi$  беруть з таблиці Б.11. В іншому разі  $K_\phi$ , обчислюють за формулою (Б.22) із використанням даних таблиці Б.11.

$$K_\phi = \sum_{k=1}^n \varphi_k / \sum_{k=1}^n \left( \varphi_k \frac{\varphi_k}{K_{\phi_k}} \right), \quad (Б.23)$$

де  $K_{\phi_k}$  — коефіцієнт флегматизації  $k$ -того горючого компонента цим флегматизатором.

Таблиця Б.11

Флегматизатор	$K_\phi$ за флегматизації		
	органічних речовин	молекулярного водню	монооксиду вуглецю
Азот	0,100	0,003	0,020
Діоксид вуглецю	0,190	0,018	0,096
Водяна пара	0,160	0,003	—

**Б.3.4 Метод обчислення меж поширення полум'я за підвищених температур**

За температури ( $t$ ) у діапазоні від 25 °С до 150 °С нижню ( $\varphi_{nt}$ ) і верхню ( $\varphi_{vt}$ ) межі поширення полум'я в % об. обчислюють за формулами:

$$\varphi_{нт} = \varphi_{н25} \left( 1 - \frac{t-25}{1250} \right), \quad (Б.24)$$

$$\varphi_{вт} = \varphi_{в25} \left( 1 + \frac{t-25}{800} \right). \quad (Б.25)$$

## Б.4 Методи обчислення температурних меж поширення полум'я

### Б.4.1 Обчислення температурних меж поширення полум'я окремих рідин

**Б.4.1.1** Якщо відома залежність тиску насиченої пари від температури, то значення нижньої або верхньої температурної межі поширення полум'я ( $t_n$ ) в градусах Цельсія обчислюють за відповідним значенням концентраційної межі поширення полум'я ( $\varphi_n$ ) за формулою:

$$t_n = \frac{B}{A - \lg(\varphi_n p_0 \cdot 0,01)} - C_A, \quad (Б.26)$$

де  $A, B, C_A$  — константи рівняння Антуана;  
 $p_0$  — атмосферний тиск, кПа.

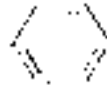
Значення  $\varphi_n$  може бути обчислене за методами, наведеними в Б.3. Похибку обчислення за формулою (Б.25) визначають похибкою обчислення  $\varphi_n$ .

**Б.4.1.2** Якщо залежність тиску насиченої пари від температури невідома, то для речовин, що складаються з атомів С, Н, О, N, значення нижньої або верхньої температурної межі ( $t_n$ ) обчислюють за формулою:

$$t_n = \alpha_0 + \alpha_1 t_{\text{кип}} + \sum_{j=2}^{\infty} \alpha_j I_j, \quad (Б.27)$$

де  $\alpha_0$  — розмірний коефіцієнт, що дорівнює мінус 62,46 °С для нижньої і мінус 41,43 °С для верхньої межі;  
 $\alpha_1$  — безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,655 для нижньої і 0,723 для верхньої межі;  
 $\alpha_j$  — емпіричні коефіцієнти, що характеризують внесок  $j$ -тих структурних груп, наведено в таблиці Б.12.

Таблиця Б.12

Вид структурної групи	$a_j, ^\circ\text{C}$		Вид структурної групи	$a_j, ^\circ\text{C}$	
	$t_n$	$t_v$		$t_n$	$t_v$
C—C	-0,909	-1,158	C—N	-2,14	0,096
C=C	-2,66	-4,64	N—H	6,53	6,152
C—H	-0,009	0,570	O—H	19,75	17,80
C—O	0,110	1,267			
C=O	5,57	5,86		-4,40	-4,60

Середнє квадратичне відхилення обчислення за формулою (Б.26) становить 9 °С.

**Б.4.1.3** Якщо температура кипіння досліджуваної речовини за нормального атмосферного тиску невідома, то значення нижньої температурної межі поширення полум'я ( $t_n$ ) обчислюють за формулою:

$$t_n = t_{\text{сп}} - C, \quad (Б.28)$$

де  $t_{\text{сп}}$  — експериментальне значення температури спалаху, °С;  
 $C$  — константа, що дорівнює 2 °С, якщо для обчислення використовують значення  $t_{\text{сп}}$  у закритому тиглі, і дорівнює 8 °С, якщо для обчислення використовують значення  $t_{\text{сп}}$  у відкритому тиглі.

Середня квадратична похибка обчислення за формулою (Б.27) не перевищує 12 °С.

**Б.4.2 Обчислення температурних меж поширення полум'я для сумішей рідин, що є розчинами**

**Б.4.2.1** Якщо відома залежність тиску насиченої пари від температури для кожного з компонентів суміші, то температурну межу поширення полум'я для суміші  $t_{п.см}$  у градусах Цельсія обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=2}^k \gamma_i x_i 10^{\alpha_i} = 1, \quad (Б.29)$$

де  $k$  — кількість компонентів суміші;  
 $\gamma_i$  — коефіцієнт активності  $i$ -того компонента;  
 $x_i$  — молярна частка  $i$ -того компонента в рідкій фазі;

$$\alpha_i = \frac{B_i (\Theta_{см} - \Theta_i)}{\Theta_{см} \Theta_i}; \Theta_{см} = t_{п.см} + C_{A_i}; \Theta_i = t_{пi} + C_{A_i};$$

$B_i, C_{A_i}$  — константи рівняння Антуана для  $i$ -того компонента;  
 $t_{пi}$  — температурна межа поширення полум'я  $i$ -того компонента, °С.

Середня квадратична похибка обчислення становить 10 °С для нижньої температурної межі та не перевищує 20 °С для верхньої межі.

**Б.4.2.2** Якщо невідома залежність тиску насиченої пари від температури хоча б для одного компонента суміші, то нижню температурну межу поширення полум'я для суміші ( $t_{н.см}$ ) у градусах Цельсія обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=1}^k x_i \exp \left[ \frac{\Delta H_{випi}}{R(t_{ни} + 273)} - \frac{\Delta H_{випi}}{R(t_{н.см} + 273)} \right] = 1, \quad (Б.30)$$

де  $\Delta H_{випi}$  — молярна теплота випаровування  $i$ -того компонента, кДж · моль<sup>-1</sup>;  
 $t_{ни}$  — нижня температурна межа поширення полум'я  $i$ -того компонента, °С.

Значення  $\Delta H_{вип}/R$  може бути обчислено за інтерполяційною формулою (Б.5).  
 Середня квадратична похибка обчислення за формулою (Б.29) становить 10 °С.

**Б.4.3 Обчислення нижньої температурної межі поширення полум'я для сумішей горючих і негорючих рідин**

Якщо суміш рідин є розчином, то, використовуючи відому залежність тиску насичених парів від температури для кожного негорючого компонента, можна розрахувати нижню температурну межу поширення полум'я для суміші ( $T_{н.см}$ ) у градусах Кельвіна за формулою:

$$\sum_{i=1}^k x_i \exp \left[ \Delta H_{випi} \left( \frac{1}{T_{ни}} - \frac{1}{T_{hj}} \right) \right] - \sum_{j=1}^n x_j \exp \left[ \Delta H_{випj} \left( \frac{1}{T_{ни}} - \frac{1}{T_{н.см}} \right) \right] = 1, \quad (Б.31)$$

де  $x_i, x_j$  — молярні частки  $i$ -того горючого та  $j$ -того негорючого компонентів у рідкій фазі;  
 $\Delta H_{випi}, \Delta H_{випj}$  — молярна теплота випаровування  $i$ -того горючого та  $j$ -того негорючого компонента, кДж · моль<sup>-1</sup>;  
 $T_{ни}$  — нижня температурна межа поширення полум'я  $i$ -того горючого компонента, К;  
 $T_{hj}$  — умовна нижня температурна межа поширення полум'я  $j$ -того негорючого компонента, яку обчислюють за формулою:

$$T_{hj} = \frac{B}{A - \lg [p_0 / (\gamma - 1)]} - C_A + 273, \quad (Б.32)$$

де  $A, B, C_A$  — константи рівняння Антуана для цього негорючого компонента;

$p_0$  — атмосферний тиск, кПа;  
 $g$  параметр, що характеризує флегматизувальний або інгібувальний вплив негорючого компонента в паровій фазі. Значення  $g$  для найбільш поширених негорючих компонентів наведено в таблиці Б.13

Таблиця Б.13

Найменування речовини	$\gamma$
Вода	1,23
Тетрахлорметан	4,80
1, 1, 2 — Трифтортрихлоретан	5,60
1, 2 — Дибромтетрафторетан	21,30

Середня квадратична похибка обчислення становить 10 °С.

### Б.5 Метод обчислення максимального тиску вибуху газо- та пароповітряних сумішей

**Б.5.1 Метод обчислення максимального тиску вибуху газо- та пароповітряних сумішей поширюється на речовини, що складаються з атомів С, Н, О, N, S, F, Cl, Br, P, Si**

**Б.5.1.1** Максимальний тиск вибуху  $p_{\text{макс}}$  без урахування ступеня дисоціації продуктів горіння в кПа обчислюють за формулою:

$$p_{\text{макс}} = \frac{p_{\text{н}} T_{\text{ад}}(V) \sum m_{\text{jk}}}{T_{\text{н}} \sum m_{\text{in}}}, \quad (\text{Б.33})$$

де  $p_{\text{н}}$  — початковий тиск, за якого знаходиться вихідна суміш, кПа;  
 $T_{\text{ад}}(V)$  — адіабатична температура горіння стехіометричної суміші пального з повітрям за постійного об'єму, К;  
 $\sum m_{\text{jk}}$  — сума кількості молей кінцевих продуктів горіння;  
 $T_{\text{н}}$  — температура вихідної суміші, К;  
 $\sum m_{\text{jn}}$  — сума кількості молей газоподібних вихідних речовин.

**Б.5.1.2** Якщо для горючої речовини невідома адіабатична температура горіння стехіометричної суміші, то її обчислюють за формулою:

$$\sum m_{\text{in}} (H_i^{\circ} - RT^{\circ}) = \sum m_{\text{jk}} (H_j^{\circ} - RT'), \quad (\text{Б.34})$$

де  $H_i^{\circ}$  абсолютна ентальпія пального, кДж · моль<sup>-1</sup>, яку обчислюють за формулою:

$$H_i^{\circ} = H_f^{\circ} + m_{\text{C}} H_{\text{C(графіт)}}^{\circ} + 0,5(m_{\text{H}} H_{\text{H}_2}^{\circ} + m_{\text{O}} H_{\text{O}_2}^{\circ} + m_{\text{N}} H_{\text{N}_2}^{\circ} + m_{\text{X}} H_{\text{X}_2}^{\circ}) + m_{\text{S}} H_{\text{S}}^{\circ} + m_{\text{Si}} H_{\text{Si}}^{\circ} + m_{\text{P}} H_{\text{P}}^{\circ} \quad (\text{Б.35})$$

$\Delta H_f^{\circ}$  — стандартна теплота утворення горючої речовини, кДж · моль<sup>-1</sup>;

$H_{\text{C}}^{\circ}, H_{\text{H}_2}^{\circ}, H_{\text{O}_2}^{\circ}, H_{\text{N}_2}^{\circ}, H_{\text{S}}^{\circ}, H_{\text{Si}}^{\circ}, H_{\text{P}}^{\circ}$  — абсолютна ентальпія простих речовин і продуктів їхнього горіння, значення яких наведено в таблицях Б.14—Б.16;

$H_{\text{X}_2}^{\circ}$  — абсолютна ентальпія галогену, кДж · моль<sup>-1</sup>. Якщо в молекулі горючої речовини декілька галогенів, то вираз  $m_{\text{X}} H_{\text{X}_2}^{\circ}$  замінюють на  $(m_{\text{F}} H_{\text{F}_2}^{\circ} + m_{\text{Cl}} H_{\text{Cl}_2}^{\circ} + m_{\text{Br}} H_{\text{Br}_2}^{\circ} + m_{\text{J}} H_{\text{J}_2}^{\circ})$ ;

$R$  — універсальна газова постійна, Дж · моль<sup>-1</sup> · К<sup>-1</sup>;

$T^{\circ}, T'$  — відповідно початкова температура вихідної горючої суміші та температура горіння, К;

$H_j^{\circ}$  — абсолютні ентальпії продуктів горіння, значення яких наведено в таблицях Б.15 і Б.16.

Завдання обчислення адіабатичної температури горіння зводиться до знаходження такої температури ( $T'$ ), за якої спостерігається рівність внутрішніх енергій вихідних речовин і продуктів їхнього горіння.

Таблиця Б.14

Речовина	Абсолютна ентальпія при 298,15 К, кДж · моль <sup>-1</sup>
Br <sub>2</sub> (рідина)	-21,159
C (газ)	1108,235
H <sub>2</sub> O (рідина)	-34,071
P (тв., білий)	719,625
S (ромб.)	298,460
S <sub>2</sub> (газ)	725,954
Si	906,514

Значення  $\sum m_{jk}$  без врахування ступеня дисоціації продуктів горіння обчислюють за формулою:

$$\sum m_{jk} = 3,84\beta + m_C + m_S + m_X + 0,5(m_H + m_N - m_X) + 0,25m_P \quad (\text{Б.36})$$

де  $m_C, m_S, m_X, m_H, m_N, m_P$  — кількість атомів вуглецю, сірки, галоїда, водню, азоту, фосфору в молекулі горючої речовини.

Значення  $\sum m_{in}$  обчислюють за формулою:

$$\sum m_{in} = 1 + 4,84\beta, \quad (\text{Б.37})$$

де  $\beta$  — стехіометричний коефіцієнт кисню, який визначають за формулою (Б.4).

Відносна середня квадратична похибка обчислення за формулою (Б.33) становить 30 %.



Таблиця Б.15

T, K	Абсолютні ентальпії простих речовин і продуктів їхнього горіння, кДж · моль <sup>-1</sup>												
	Повітря	CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>	O	H <sub>2</sub> O	OH	H <sub>2</sub>	H	N <sub>2</sub>	NO	Ar	C (графіт)
0	0	0	279,07	0	246,55	0	158,04	238,94	335,17	0	89,78	0	393,21
298,15	8,66	9,35	287,74	8,67	253,27	9,91	166,86	247,39	341,36	8,67	98,95	6,19	394,19
400	11,64	13,36	290,71	11,69	255,48	13,36	169,88	250,37	343,47	11,64	101,99	8,30	395,21
600	17,62	22,25	296,67	17,91	259,73	20,41	175,78	256,22	347,63	17,56	108,09	12,46	398,14
800	23,86	32,14	302,90	24,49	263,93	27,93	181,72	262,11	351,79	23,71	114,48	16,61	401,87
1000	30,36	42,72	309,40	31,36	268,12	35,94	187,76	268,09	355,94	30,13	121,15	20,77	406,02
1200	37,09	53,77	316,14	38,41	272,29	44,48	193,98	274,21	360,09	36,78	128,02	24,92	410,45
1400	44,00	65,19	323,04	45,60	276,46	53,51	200,39	280,49	364,24	43,61	135,04	29,08	415,09
1600	51,05	76,87	330,08	52,91	280,63	62,97	206,99	286,95	368,40	50,58	142,17	33,23	419,90
1800	58,20	88,70	337,21	60,31	284,79	72,82	213,72	293,57	372,55	57,65	149,39	37,38	424,83
2000	65,44	100,71	344,42	67,81	288,96	83,02	220,60	300,36	376,70	64,81	156,66	41,54	429,85
2200	72,76	112,82	351,69	75,41	293,11	93,41	227,60	306,99	380,86	71,97	163,98	45,69	434,53
2400	80,14	125,04	359,01	83,10	297,28	104,14	234,71	314,03	385,01	79,26	171,35	49,85	439,69
2600	86,58	137,32	366,37	90,88	301,44	115,08	241,91	321,19	389,16	86,57	178,75	54,00	444,92
2800	95,06	149,69	373,77	98,74	305,61	126,22	249,22	328,46	393,32	93,91	186,17	58,15	450,20
3000	102,60	162,10	381,18	106,69	309,79	137,56	256,56	335,82	397,47	101,30	193,62	62,307	455,54
3200	110,17	174,55	388,64	114,72	313,98	149,05	263,99	343,27	401,62	108,71	201,08	66,46	460,93
3400	117,77	187,06	396,10	122,82	318,18	160,69	271,49	350,81	405,77	116,14	208,57	70,60	466,37
3600	125,41	193,61	403,60	130,98	322,39	172,47	279,04	358,44	409,93	123,61	216,08	74,77	471,86
3800	133,08	212,19	411,10	139,22	326,62	184,37	286,65	366,13	414,08	131,08	223,60	78,92	477,41
4000	140,78	224,81	418,63	147,51	330,87	196,42	294,30	373,90	418,23	138,56	231,13	83,08	483,00

Таблиця Б.16

T, К	Абсолютні ентальпії простих речовин і продуктів їхнього горіння, кДж · моль <sup>-1</sup>														
	HF	CF <sub>4</sub>	F <sub>2</sub>	F	HCl	Cl <sub>2</sub>	Cl	HBr	Br <sub>2</sub>	Br	P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	P (раз)	SO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	
0	0	75,04	298,14	226,25	27,35	0	119,33	67,90	0	94,93	0	1030,6	64,06	0	
298,15	8,60	87,77	306,97	232,76	35,99	9,18	125,59	76,55	9,73	101,14	30,17	1036,8	44,61	6,93	
400	11,56	94,60	310,25	235,06	38,96	12,71	127,85	79,53	13,43	103,25	51,69	1038,9	78,86	11,97	
600	17,40	110,70	317,11	239,48	44,83	19,92	132,38	85,42	20,84	107,41	102,52	1043,1	88,15	23,85	
800	23,28	128,93	324,29	243,80	50,82	27,30	136,92	91,52	28,38	111,59	159,64	1047,2	98,33	37,57	
1000	29,25	148,32	331,67	248,07	57,04	34,78	141,39	97,86	35,86	115,82	220,03	1051,4	109,04	52,61	
1200	35,36	168,37	339,18	252,30	63,48	42,32	145,80	104,45	43,43	120,13	282,27	1055,5	120,08	66,97	
1400	41,63	188,84	346,82	256,52	70,12	49,91	150,17	111,23	51,02	124,51	345,66	1059,7	131,35	81,26	
1600	48,08	209,58	354,54	260,72	76,94	57,54	154,49	118,19	58,65	128,96	409,78	1063,9	142,77	95,99	
1800	54,70	230,49	362,38	264,91	83,90	65,21	158,79	125,27	66,30	133,45	474,42	1068,0	154,31	111,29	
2000	61,45	251,56	370,35	269,10	90,99	72,93	163,06	132,48	73,98	137,98	539,42	1072,3	165,95	126,59	
2200	68,27	272,46	378,05	273,27	98,08	80,62	167,32	139,64	81,61	142,52	604,11	1076,49	177,55	154,34	
2400	75,26	293,67	386,25	277,45	105,34	88,43	171,56	147,00	89,37	147,08	669,52	1080,81	189,27	174,42	
2600	82,32	314,95	394,55	281,62	112,67	96,30	175,78	154,45	97,16	151,63	735,08	1085,23	201,21	194,50	
2800	89,48	336,25	402,92	285,79	120,09	104,21	180,01	161,74	105,02	156,16	800,76	1089,75	213,16	214,59	
3000	96,74	357,59	411,38	289,96	127,64	112,21	184,22	169,49	112,96	160,71	866,57	1094,38	225,15	234,67	
3200	104,04	378,99	419,91	294,12	135,06	120,26	188,42	177,08	121,00	165,23	932,45	1099,14	237,24	254,75	
3400	111,40	400,39	428,44	298,28	142,62	128,37	192,62	184,75	129,16	169,74	998,40	1104,04	249,36	274,83	
3600	118,84	421,81	436,93	302,44	150,24	136,59	196,82	192,44	137,44	174,23	1064,38	1109,06	261,59	294,92	
3800	126,33	445,00	445,46	306,61	157,90	144,81	201,01	200,20	145,88	178,71	1130,42	1114,21	273,89	315,00	
4000	133,85	464,73	453,91	310,77	165,60	153,14	205,20	207,99	154,46	183,17	1196,50	1119,50	286,20	335,00	

## Б.6 Методи обчислення швидкості наростання тиску вибуху газо- та пароповітряної суміші

**Б.6.1** Метод полягає у визначенні верхніх меж для максимальної та середньої швидкості наростання тиску вибуху газо- та пароповітряних сумішей у сферичній реакційній посудині постійного об'єму. Верхню межу для максимальної швидкості наростання тиску в  $\text{кПа} \cdot \text{с}^{-1}$  обчислюють за формулою:

$$\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_m = (3p_i S_{ui} / \alpha)(\pi_e - 1)\pi_e^{1/\gamma_u + \varepsilon}, \quad (\text{Б.38})$$

- де  $p_i$  — початковий тиск, кПа;  
 $S_{ui}$  — нормальна швидкість поширення полум'я за початкових тиску та температури,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;  
 $\alpha$  — радіус сферичної реакційної посудини, м;  
 $\pi_e = \frac{p_e}{p_i}$  — безрозмірний максимальний тиск вибуху;  
 $p_e$  — максимальний абсолютний тиск вибуху, кПа;  
 $\gamma_u$  — показник адіабати для досліджуваної суміші;  
 $\varepsilon$  — термодинамічний показник ступеня залежно нормальної швидкості поширення полум'я від тиску і температури. Якщо значення  $\varepsilon$  невідомо, його вважають рівним 0,4.

Верхню межу для середньої швидкості наростання тиску в  $\text{кПа} \cdot \text{с}^{-1}$  обчислюють за формулою:

$$\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_c = \frac{3p_i S_{ui} (\pi_e - 1)\pi_e^{1/\gamma_u + \varepsilon}}{\alpha f(\pi_e, \gamma_u, \varepsilon)}, \quad (\text{Б.39})$$

- де  $f(\pi_e, \gamma_u, \varepsilon)$  — функція від параметрів  $\pi_e, \gamma_u, \varepsilon$ , значення якої знаходять за допомогою номограм, наведених на рисунках Б.1 та Б.2.

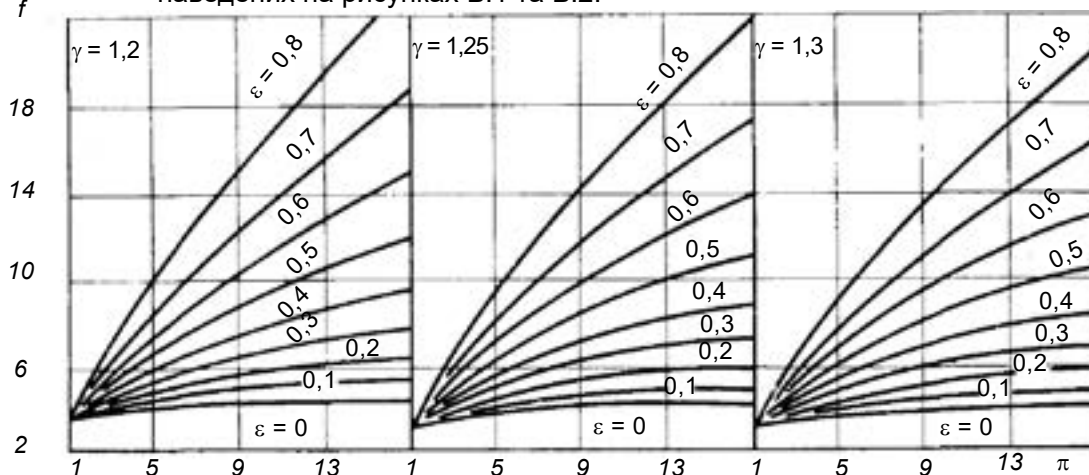


Рисунок Б.1

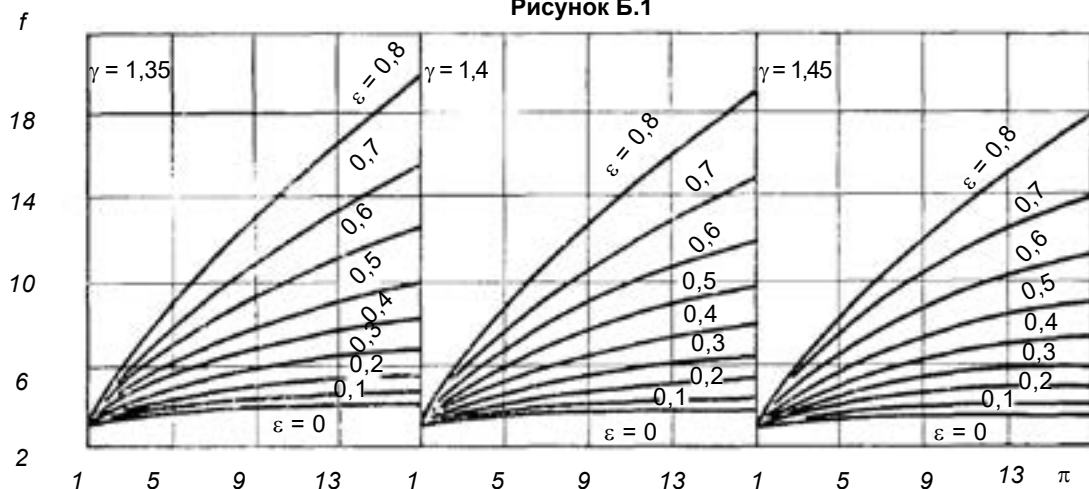


Рисунок Б.2

Значення  $\pi_e$  та  $\gamma_u$  знаходять термодинамічним обчисленням або в разі неможливості обчислення, вважають рівними відповідно 9,0 і 1,4.

Відносна середня квадратична похибка обчислення за формулами (Б.37) та (Б.38) не перевищує 20 %.

**Б.6.2** Максимальну швидкість наростання тиску вибуху газо- та пароповітряних сумішей для речовин, що складаються з атомів С, Н, О, N, S, F, Cl, обчислюють за формулою:

$$\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_i = \frac{84p_i S_u}{V^{0.5}}, \quad (\text{Б.40})$$

де  $V$  — об'єм реакційної посудини, м<sup>3</sup>.

Відносна середня квадратична похибка обчислення за формулою (Б.39) не перевищує 30 %.

ДОДАТОК В  
(довідковий)

**ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ,  
ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПІД ЧАС ГОРІННЯ МАТЕРІАЛУ  
РІЗНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ, ТА ПРИКЛАД ОБЧИСЛЕННЯ  
ПОКАЗНИКА ТОКСИЧНОСТІ**

**В.1 Токсичні речовини, що виділяються під час горіння матеріалів різної хімічної природи**

Таблиця В.1

Хімічна основа та токсичні хімічні речовини, що виділяються під час горіння полімерних матеріалів різної хімічної основи*			
1. Азотовмісні полімери (поліуретани, поліаміди, нітроцелюлоза, поліакрилонітрил, вовна, шовк)	2. Полімери полістирольні Оксид вуглецю Діоксид вуглецю Водень ціаністий	3. Епоксидні смоли Оксид вуглецю Діоксид вуглецю Епіхлоргідрин Хлорбензол	4. Амідо- та фенолоформальдегідні смоли Оксид вуглецю Діоксид вуглецю
Оксид вуглецю Діоксид вуглецю Акрілонітрил Водень ціаністий Азоту оксиди Аміни аліфатичні Аміни ароматичні Формальдегід Ацетальдегід Толуїлендіізоціанат Гексаметілендіізоціанат Хлорорганічні сполуки Вуглеводні ароматичні (бензол, толуол, ксилол, етилбензол, мезитилен, псевдокумол тощо) Аміак Сірчистий ангідрид Спирти (метанол, бутанол тощо)	Стирол $\alpha$ -метилстирол Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол, етилбензол, ізопропілбензол, мезитилен, псевдокумол тощо) Спирти (метанол, бутанол тощо) Бензальдегід Метилбензилкетон Формальдегід Азоту оксиди	Діфенілолпропан Дібутилфталат Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол, етилбензол, ізопропілбензол, мезитилен, псевдокумол тощо) Водень хлористий Формальдегід Азоту оксиди	Формальдегід Фенол Метанол Азоту оксиди Аміак Фталевий ангідрид Анілін Ацетальдегід Фурфурол Водень ціаністий Меламін
5. Гума, каучуки	6. Деревина, папір, картон, целюлоза	7. Поліолефіни (поліетилен, поліпропілен)	8. Галогеновмісні полімери

Кінець таблиці В.1

Хімічна основа та токсичні хімічні речовини, що виділяються під час горіння полімерних матеріалів різної хімічної основи*			
<u>Оксид вуглецю</u> Діоксид вуглецю Формальдегід <u>Водень ціаністий</u> <u>Сірчистий ангідрид</u> <u>Стирол</u> <u>Акрилонітрил</u> Дібутилфталат Бутадієн-1,3 (дівініл) Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол, етилбензол, ізопропілбензол, мезитилен, псевдокумол тощо) Формальдегід Азоту оксиди Фенол Аміни аліфатичні	<u>Оксид вуглецю</u> Діоксид вуглецю <u>Формальдегід</u> Водень ціаністий <u>Акролеїн</u> Ацетальдегід Кетони Фенол Оцтова кислота <u>Азоту оксиди</u> Вуглеводні ароматичні (бензол, толуол, ксилол, етилбензол, ізопропілбензол, мезитилен, псевдокумол тощо)	<u>Оксид вуглецю</u> Діоксид вуглецю <u>Формальдегід</u> Ацетальдегід Вуглеводні насичені Вуглеводні ненасичені Ацетон Метилетилкетон Оцтова кислота Ефіри (етилацетат, бутилацетат тощо)	<u>Оксид вуглецю</u> Діоксид вуглецю <u>Водень хлористий</u> <u>Водень фтористий</u> Водень ціаністий <u>Бензол</u> Фосген Вініл хлористий Хлорбензол Діхлоретан Вуглець чотирихлористий Формальдегід Ацетальдегід Оцтова кислота Вуглеводні насичені Вуглеводні ненасичені
Аміни ароматичні Вуглеводні насичені Вуглеводні ненасичені	Вуглеводні насичені Вуглеводні ненасичені		

Примітка\*. Підкресленням позначено провідні токсиканти

## В.2 Приклад обчислення $N_{CL50}$ — середньосмертельної концентрації (дозы) шкідливої хімічної сполуки методом пробіт-аналізу

В.2.1 Припустимо, що в експерименті щодо горіння одержані дані наведено в таблиці В.2.

Таблиця В.2

Концентрація, мг/л	Летальність, %	Місце концентрацій	Пробіти	Ваговий коефіцієнт	$XV$	$X^2V$	$UV$	$XUV$
$X_e$	$U_e$	$X$	$U$	$V$				
0,05	0	1	3,04	1,0	1,0	1,0	3,04	3,04
0,20	25	4	4,33	4,1	16,4	65,6	17,75	71,04
0,25	40	5	4,75	4,8	24,0	120,0	22,80	114,0
0,30	60	6	5,25	4,8	28,8	172,8	25,2	151,20
0,50	100	10	6,96	1,0	10,0	100,0	6,96	69,60

В.2.2 Графи  $X_e$  і  $U_e$  таблиці заповнюються на підставі одержаних в експерименті. Для подальших обчислень величини, одержані в експерименті, замінюються умовними позначеннями місця кожної концентрації. Місце першої концентрації зручніше всього вважати за одиницю. За одиницю граfi  $X$  взято концентрацію 0,05. Наступна концентрація 0,20 одержує в цій граfi цифру 4. Концентрація 0,25 — цифру 5 тощо.

В.2.3 Після заповнення граfi  $X$  за таблицею В.3, знаходять значення пробітів, відповідних значенням експериментальної летальності. У прикладі значенню 25 % летальності відповідає пробіт 4,33, 40 % — пробіт 4,75, 60 % — пробіт 5,25. Для нульової та 100 % летальності величина пробіту залежить від числа тварин в групі. Оскільки в цих групах було по 10 мишей, то значення нульової летальності відповідає пробіту 3,04; 100 % летальності — пробіту 6,96.

Таблиця В.3

Таблиця для перекладу відсотків в пробіти (за Бліссом (Bliss, 1938))										
Відсотки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,44	3,52	3,60	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,62	4,64	4,67	4,70	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,98
50	5,0	5,02	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,30	5,33	5,36	5,38	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,40	6,48	6,56	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

**В.2.4** Потім за таблицею В.4 знаходять значення вагових коефіцієнтів пробітів і проставляють їх у п'яту графу (В) таблиці В.2. Решту граф заповнюють на підставі величин  $X$ ,  $B$ .

Таблиця В.4

Ваговий коефіцієнт пробітів										
Пробіт	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2
4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
5	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7
6	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2

**В.2.5** Оскільки залежність між концентраціями і летальністю виражають рівнянням  $Y = A_0 + A_1 X$ , необхідно знайти величини  $A_0$  та  $A_1$ . Значення  $A_1$  знаходять з такого рівняння:

$$\frac{\sum X \cdot B}{\sum B} (\sum Y \cdot B - \sum X \cdot B \cdot A_1) + \sum X^2 \cdot B \cdot A_1 = \sum X \cdot Y \cdot B. \quad (B.1)$$

У прикладі  $\frac{80,2}{15,7} (75,75 - 80,2 A_1) + 459,4 A_1 = 408,88$ , тоді  $A_1 = 0,45$ .

$A_0$  знаходять з такого рівняння:

$$A_0 = \frac{\sum Y \cdot B - \sum X \cdot B \cdot A_1}{\sum B} \quad (B.2)$$

$A_0 = \frac{75,75 - 80,2 \cdot 0,45}{15,7}$ , тоді  $A_0 = 2,53$ .

**В.2.6** Величину летальності в пробітах для всіх досліджених концентрацій обчислюють за формулою  $Y = A_0 + A_1 \cdot X$ . Оскільки предметом зацікавлення є концентрація, яка спричиняє загибель 50 % піддослідних тварин, а також нахил лінії, що відбиває залежність між концентраціями та летальністю, необхідно розрахувати  $H_{CL50}$  (пробіт 5),  $H_{CL16}$  (пробіт 4) і  $H_{CL84}$  (пробіт 6). Для цього в формулу  $Y = A_0 + A_1 \cdot X$  підставляємо значення відповідних пробітів:

$$4 = 2,53 + 0,45 X, \text{ звідки } X = 3,27;$$

$$5 = 2,53 + 0,45 X, \text{ звідки } X = 5,5;$$

$$6 = 2,53 + 0,45 X, \text{ звідки } X = 7,7.$$

**В.2.7** Оскільки за 1 у графі  $X$  таблиці В.2 взято концентрацію 0,05 мг/л, то можна скласти таку пропорцію:

$$\begin{array}{l} 1 \quad \text{— } 0,05, \\ 3,27 \text{ — } X_e, \end{array}$$

звідки  $X_e = 3,27 \cdot 0,05 = 0,164$  мг/л ( $164$  мг/м<sup>3</sup>) =  $H_{CL16}$ .

Відповідно до  $HCL_{50}$  та  $HCL_{84}$  становитимуть  $0,275$  мг/л ( $275$  мг/м<sup>3</sup>) і  $0,385$  мг/л ( $385$  мг/м<sup>3</sup>).

Величину похибки ( $m$ ) для  $HCL_{50}$  обчислюють за формулою:

$$m = \frac{HCL_{84} - HCL_{16}}{\sqrt{2N}} = \pm 0,0285, \quad (\text{В.3})$$

де  $N$  — загальна кількість тварин у групах, летальність яких складає не менше ніж 6,7 % (пробіт 3,5) і не більше ніж 93,9 % (пробіт 6,5).

Код згідно з ДК 004: 13.220.01, 13.220.40

**Ключові слова:** експериментальні методи, класифікація, номенклатура показників, оформлення результатів, пожежовибухонебезпечність, розрахункові методи, токсичність.

Редактор **О. Марчук**  
Верстальник **Л. Мялківська**

Підписано до друку 31.03.2020. Формат 60 × 84 1/8.  
Ум. друк. арк. 9,30. Зам. 302. Ціна договірна.

Виконавець  
Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр  
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)   
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115  
Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 серія ДК № 1647