



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ ХХХХ:201Х

(проект, перша редакція)

ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКА РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Номенклатура показників і методи їх визначення

Видання офіційне

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
201Х

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» від __ _____ 201_ р. № __ з _____ - ____ - ____
- 3 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України
- 4 НА ЗАМІНУ ГОСТ 12.1.044-89 ТА ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94)

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

ДП «УкрНДНЦ», 201_

ЗМІСТ

		с.
1	Сфера застосування.....	4
2	Нормативні посилання.....	4
3	Терміни та визначення понять.....	6
4	Позначки та скорочення.....	6
5	Загальні положення.....	7
6	Показники пожежовибухонебезпеки та класифікація.....	9
7	Методи визначення показників пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів.....	16
Додаток А (довідковий)	Форми протоколів визначення показників пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів.....	105
Додаток Б (довідковий)	Розрахункові методи визначення показників пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів.....	112
Додаток В (довідковий)	Токсичні речовини, що виділяються при горінні матеріалів різної хімічної природи, та приклад розрахунку показника токсичності.....	138

**ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКА РЕЧОВИН І
МАТЕРІАЛІВ**
Номенклатура показників і методи їх визначення

**FIRE AND EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND
MATERIALS**
**Nomenclature of indices and methods of their
determination**

Чинний від 201Х-ХХ-ХХ

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

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

Стандарт не поширюється на вибухові і радіоактивні речовини і матеріали.

Стандарт встановлює номенклатуру показників пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів і методи їх визначення.

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 і визначення основних понять

ДСТУ 2273 Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять

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

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

ДСТУ Б В.2.7-52-96. (ГОСТ 18124-95) Будівельні матеріали. Листи азбестоцементні плоскі. Технічні умови

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

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

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

ДСТУ ISO 13344:2014 Визначення летальної токсичної потенційної небезпечності летких продуктів згоряння (ISO 13344:2004, IDT)

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

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

ДСТУ EN ISO 4589-2:2015 Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 2. Випробування температурою зовнішнього середовища (EN ISO 4589-2:1999, IDT, ISO 4589-2:1996, IDT)

ДСТУ EN ISO 4589-3:2015 Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 3. Випробування в умовах підвищених температур (EN ISO 4589-3:1996, IDT; ISO 4589-3:1996, IDT)

ДСТУ EN 13821:2017 Потенциально взрывоопасные среды. Предотвращение и защита от взрыва. Определение минимальной энергии воспламенения пылевоздушной смеси (EN 13821:2002, IDT)

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті вжито терміни, визначення яких наведено в ДСТУ 2272 і ДСТУ 2273.

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цьому стандарті вжиті такі позначки та скорочення:

KI – кисневий індекс, % об.;

KI_d – допустимий кисневий індекс при нормальній температурі, % об.;

R – відтворюваність методу визначення показника пожежної небезпеки при довірчій 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, при якій спостерігається самозаймання зразка, °С;

$t_{тл}$ – температура тління, °С;

$W_{без}$ – безпечна енергія запалювання, Дж;

$W_{мін}$ – мінімальна енергія запалювання, Дж;

φ_B – 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. ($г \cdot м^{-3}$);

φ_H – нижня концентраційна межа поширення полум'я по суміші горючої речовини з повітрям, % об. ($\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$);

φ_{O_2} – мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню в горючій суміші, % об.;

$\varphi_{\text{O}_2, \text{без}}$ – безпечна концентрація кисню в горючій суміші, % об.;

φ_ϕ – мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора, % об.;

$\varphi_{\phi, \text{без}}$ – безпечна флегматизуюча концентрація флегматизатора, % об.

N_{CL50} – показник токсичності продуктів горіння матеріалу, $\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$.

5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

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

5.2 Пожежовибухонебезпека речовин і матеріалів визначається показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їх застосування.

5.3 При визначенні пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів розрізняють: гази, рідини, тверді речовини і матеріали, пил.

5.4 Номенклатура показників і їх застосування для характеристики пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів наведені 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 і 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 флегматизуюча концентрація флегматизатора	+	+	-	+
21	Максимальний тиск вибуху	+	+	-	+
22	Швидкість наростання тиску вибуху	+	+	-	+

Примітки:

1. Знак "+" означає застосування, знак "-" – незастосування показника.
2. Окрім вказаних в таблиці 1, допускається використовувати інші показники, що більш детально характеризують пожежовибухонебезпеку речовин і матеріалів

5.5 Перелік показників, необхідних і достатніх для характеристики пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів в умовах виробництва, переробки, транспортування і зберігання, визначає розробник системи забезпечення пожежовибухонебезпеки об'єкту або розробник стандарту і технічних умов на речовину (матеріал).

5.6 Для випробувань можуть бути використані інші засоби вимірювальної техніки з метрологічними характеристиками не гіршими, ніж ті, які наведені в методах випробувань, зазначених в цьому стандарті.

5.7 На засоби вимірювальної техніки повинні бути діючі свідоцтва про повірку та/або калібрування. Випробувальне обладнання повинно бути атестоване та/або каліброване.

5.8 Під час проведення випробувань необхідно дотримуватись вимог безпеки.

5.8.1 Установки, випробувальне обладнання, реакційний посуд слід встановлювати у витяжній шафі або під ковпаком місцевої витяжки.

5.8.2 В процесі підготовки зразків для випробування та безпосередньо під час проведення випробувань слід застосовувати індивідуальні засоби захисту, підібрані відповідно до властивостей досліджуваних речовин і матеріалів.

5.8.3 Робоче місце оператора повинне задовольняти вимогам електробезпеки і санітарно-гігієнічним вимогам й бути оснащено первинними засобами пожегогасіння.

6 ПОКАЗНИКИ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

Пожежовибухонебезпека речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їх здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості і умов протікання, можуть бути пожежа (дифузійне горіння) або вибух (дефлаграційне горіння попередньо змішаної суміші пального з окисником).

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 при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним);

- важкогорючі – речовини і матеріали, здатні горіти в повітрі при дії джерела запалювання, але не здатні самостійно горіти після його видалення;

- горючі – речовини і матеріали, здатні самозайматись, а також займатися при дії джерела запалювання і самостійно горіти після його видалення. Горючі рідини з температурою спалаху не більше 61 °С в закритому тиглі або 66 °С у відкритому тиглі, зафлегматизованих сумішей, що не мають спалаху в закритому тиглі, відносяться до легкозаймистих. Особливо небезпечними називають легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С.

6.1.3 Горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи горючості Г1, Г2, Г3, Г4 відповідно до таблиці 2. Матеріали належить 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 $T, ^\circ\text{C}$	Ступінь пошкодження за довжиною $S_L, \%$	Ступінь пошкодження за масою $S_m, \%$	Тривалість самостійного горіння t_f, c
Низької горючості (група Г1)	≤ 135	≤ 65	≤ 20	0
Помірної горючості (група Г2)	≤ 235	≤ 85	≤ 50	≤ 30
Середньої горючості (група Г3)	≤ 450	> 85	≤ 50	≤ 300
Підвищеної горючості (група Г4)	> 450	> 85	> 50	> 300

Примітка: Для матеріалів груп горючості Г1-Г3 не допускається утворення крапель розплаву, що горять під час випробувань.

6.2 Температура спалаху

6.2.1 Температура спалаху – найменша температура конденсованої речовини, при якій в умовах спеціальних випробувань над його поверхнею утворюються пари, здатні спалахувати в повітрі від джерела 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), при якій в умовах спеціальних випробувань речовина виділяє горючі пари і гази з такою швидкістю, що при дії на них джерела запалювання спостерігається займання. Займання – полуменеве горіння речовини (матеріалу), що ініційоване джерелом запалювання і триває після його видалення.

6.4 Температура самозаймання

6.4.1 Температура самозаймання – найменша температура навколишнього середовища, при якій в умовах спеціальних випробувань спостерігається самозаймання речовини (матеріалу). Самозаймання – різке збільшення швидкості екзотермічних об'ємних реакцій, що супроводжується полуменевим 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, при якому можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалення.

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

6.7 Температура тління

6.7.1 Температура тління – температура речовини (матеріалу), при якій відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій окислення, що призводять до тління. Тління – безполуменеве горіння речовини (матеріалу), що, як правило, супроводжується виділенням диму.

6.8 Умови теплового самозаймання

6.8.1 Умови теплового самозаймання – експериментально виявлена залежність між температурою навколишнього середовища, кількості речовини (матеріалу) і часом до моменту її самозаймання. Самозаймання – різке збільшення швидкості екзотермічних процесів в 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, при якому можливе свічкоподібне горіння матеріалу в умовах спеціальних випробувань.

6.11 Здатність вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і іншими речовинами (взаємний контакт речовин)

6.11.1 Здатність вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і 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, в напрямку, перпендикулярному до його поверхні.

6.13 Швидкість вигорання

6.13.1 Швидкість вигорання – кількість рідини, що згорає 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 при тлінні та полуменевому горінні певної кількості твердої речовини (матеріалу) в умовах спеціальних випробувань.

6.14.2 Значення коефіцієнта димоутворення слід застосовувати для класифікації матеріалів за димоутворювальною здатністю. Розрізняють такі три групи матеріалів:

- з малою (низькою) димоутворювальною здатністю – коефіцієнт димоутворення до $50 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ включно (група Д1);
- з помірною димоутворювальною здатністю – коефіцієнт димоутворення більше 50 до $500 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ включно (група Д2);
- з високою димоутворювальною здатністю – коефіцієнт димоутворення більше $500 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$ (група Д3).

6.15 Індекс поширення полум'я

6.15.1 Індекс поширення полум'я – умовний безрозмірний показник, що характеризує здатність речовин (матеріалів) займатись, поширювати полум'я по поверхні і виділяти тепло.

6.15.2 Значення індексу поширення полум'я слід застосовувати для класифікації матеріалів. Розрізняють такі три групи матеріалів:

- не поширюють полум'я по поверхні – індекс поширення полум'я дорівнює 0 (група І1);
- повільно поширюють полум'я по поверхні – індекс поширення полум'я більше 0 до 20 включно (група І2);
- швидко поширюють полум'я по поверхні – індекс поширення полум'я більше 20 (група І3).

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 при горінні матеріалу, викликають загибель 50% піддослідних тварин.

6.16.2 Значення токсичності продуктів горіння матеріалів слід застосовувати для класифікації матеріалів. Розрізняють такі чотири групи матеріалів, які наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Клас небезпеки	H_{CL50} , $г \cdot кг^{-3}$, 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 210	Більше 150	Більше 120	Більше 90

6.17 Група займистості

6.17.1 Група займистості – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до займання.

6.17.2 Горючі будівельні матеріали в залежності від критичної поверхневої щільності теплового потоку (КПЩТП) поділяють на три групи, які наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

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

6.18 Група поширення полум'я

6.18.1 Група поширення полум'я – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів поширювати полум'я по поверхні.

6.18.2 Горючі будівельні матеріали в залежності від критичної поверхневої щільності теплового потоку (КПЩТП) поділяють на чотири групи, які наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

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

6.19 Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора

6.19.1 Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора – найменша концентрація флегматизатора в суміші з паливом і окисником, при якій суміш стає нездатною до поширення полум'я при будь-якому співвідношенні пального і окисника.

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 при будь-якій концентрації пального в суміші, розбавленій даним флегматизатором.

6.21 Максимальний тиск вибуху

6.21.1 Максимальний тиск вибуху – найбільший надмірний тиск, що виникає при дефлаграційному згорянні газо-, паро- або пило-повітряної суміші в замкнутій посудині при початковому 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 замкнутій посудині від часу.

7 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖОВИБУХО-НЕБЕЗПЕКИ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Експериментальні методи визначення є кращими і обов'язковими, якщо відсутні відповідні розрахункові методи, а також якщо точність або сфера застосування розрахункових 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 і ДСТУ EN ISO 1182.

Матеріал відносять до групи негорючих матеріалів (група НГ), якщо 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 пічною термопарою, не перевищує 30 °С ($\Delta T \leq 30$ °С);

значення втрати маси у відсотках Δm 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 пожежовибухо-небезпеки

7.2.1 Гази

За наявності концентраційних меж поширення полум'я газ відносять до горючих; за відсутності концентраційних меж поширення полум'я і 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

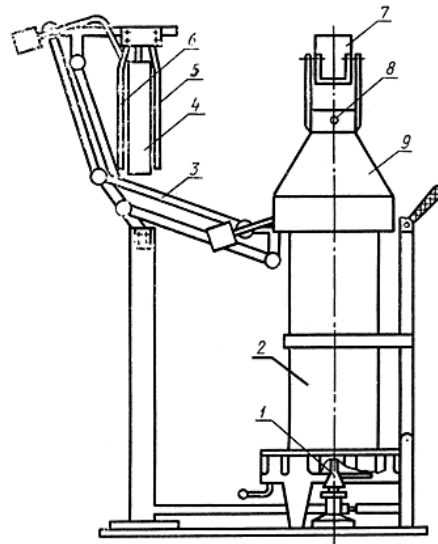
За наявності температури займання рідину відносять до горючих; за відсутності температури займання і наявності температури самозаймання рідину відносять до важкогорючих. За відсутності температур спалаху, займання, самозаймання, температурних і концентраційних меж поширення полум'я рідину відносять до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

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

Метод застосовують для оцінки 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 (рис. 1) складається з керамічної реакційної камери прямокутної форми висотою (295 ± 2) мм, яка має в перерізі квадрат зі стороною (88 ± 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 кромку реакційної камери, і оглядового дзеркала для спостереження за зразком в реакційній камері.



- 1 – пальник; 2 – 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 тармопару діаметром електродів 0,5 мм, робочий спай якої розташовують в центрі зонта на відстані 15 мм від його верхньої кромки.

7.3.1.3 Прилад, що реєструє температуру, з діапазоном виміру від 0 до 1000 °С, клас точності не нижче 0,5.

7.3.1.4 Секундомір з похибкою вимірювань не більше 1 с.

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

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

7.3.2 Підготовка до випробувань

7.3.2.1 Для випробування виготовляють 3 зразки матеріалу шириною (60 ± 1) мм, висотою (150 ± 3) мм і фактичною товщиною, але не більше 30 мм. Для сипучих речовин готують три корзинки прямокутної форми довжиною (60 ± 1) мм, шириною (10 ± 1) мм, висотою (150 ± 3) мм, в які

поміщають (90 ± 1) см³ речовини. Корзинки мають бути виконані з сітки з розмірами чарунків не більше 1,0 мм; матеріал сітки – дріт з жаростійкої сталі діаметром 0,55 мм. Матеріали, які здатні при нагріванні плавитися, поміщають в мішечки прямокутної форми довжиною (65 ± 1) мм, шириною (10 ± 1) мм, висотою (160 ± 1) мм. Мішечки виготовляють зі склотканини завтовшки 0,10 – 0,15 мм, шви зшивають негорючими нитками або металевими скріпками.

7.3.2.2 Підготовлені зразки витримують у вентиляльованій сушильній шафі за температури (60 ± 5) °С не менше 20 годин, потім охолоджують до температури навколишнього середовища, не виймаючи їх з шафи.

7.3.2.3 Після кондиціювання зразки зважують з похибкою не більше $\pm 0,1$ г. Сипучі речовини зважують разом з корзинками, а плавкі з мішечками. Зразки одного матеріалу (речовини) не повинні відрізнятися по масі більш 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 термopарою у зонті установки.

7.3.3 Проведення випробувань

7.3.3.1 Зразок досліджуваного матеріалу закріплюють в тримачі і за допомогою шаблону перевіряють положення зразка відносно його вертикальної осі.

7.3.3.2 Включають прилад для реєстрації температури, запалюють газовий пальник і регулюють витрату газу так, щоб контрольована впродовж 3 хвилин температура газоподібних продуктів горіння складала (200 ± 5) °С.

7.3.3.3 Тримач із зразком вводять в камеру за час не більше 5 секунд і випробовують протягом (300 ± 2) секунд або до досягнення максимальної температури газоподібних продуктів горіння матеріалу, що виділяється, при цьому реєструють час її досягнення. Якщо при випробуванні максимальна температура не перевищує $260\text{ }^{\circ}\text{C}$, то тривалість випробування складає (300 ± 2) секунд. Після чого пальник вимикають. Зразок витримують в камері до повного охолодження (кімнатної температури). Охолоджений зразок виймають з камери і зважують. Якщо при випробуванні максимальна температура перевищила $260\text{ }^{\circ}\text{C}$, то тривалість випробування визначається часом досягнення максимальної температури. Пальник вимикають, зразок виймають з камери і після охолодження зважують.

7.3.3.4 Після отримання даних по п. 7.3.3.3 проводять два аналогічні випробування з новими зразками.

7.3.3.5 Після кожного випробування необхідно очистити від сажі робочий спай термопари.

7.3.4 Оцінка результатів

7.3.4.1 Максимальний приріст температури (Δt_{\max}) обчислюють за формулою:

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

де t_{\max} – максимальна температура газоподібних продуктів горіння досліджуваного матеріалу, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 – початкова температура випробування, яка рівна $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.3.4.2 Втрату маси зразка (Δm) у відсотках обчислюють за формулою:

$$\Delta m = \frac{m_{\text{н}} - m_{\text{к}}}{m_{\text{н}}} \cdot 100 \quad (2)$$

де $m_{\text{н}}$ – маса зразка до випробування, г;

m_k – маса зразка після випробування, г.

7.3.4.3 За значенням максимального приросту температури Δt_{\max} та втрати маси Δm матеріали класифікують таким чином:

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 (τ) досягнення Δt_{\max} поділяють на:

важкозаймисті – $\tau > 240$ с;

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

легкозаймисті – $\tau < 30$ с.

При класифікації матеріалів, просочених вогнезахисними засобами або з нанесеними на них вогнезахисними покриттями, використовують тільки показник Δt_{\max} .

7.3.4.4 Якщо за результатами випробувань 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) по горючості групі.

7.3.4.5 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.4 Метод експериментального визначення групи горючості будівельних матеріалів

7.4.1 Метод застосовують для всіх однорідних і шаруватих горючих будівельних матеріалів, в тому числі таких, що застосовуються як оздоблювальні і лицювальні, а також лакофарбових покриттів.

7.4.2 Зразки для випробування

7.4.2.1 Для кожного випробування виготовляють 12 зразків завдовжки 1000 мм, завширшки 190 мм. Товщина зразків повинна відповідати товщині матеріалу, що застосовується в реальних умовах. Якщо товщина матеріалу складає понад 70 мм, товщина зразків повинна 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 і лицювальні, а також для випробування лакофарбовних покриттів виготовляють у сполученні з негорючою основою. Спосіб кріплення повинен забезпечувати щільний контакт поверхонь матеріалу і основи. Як негорючу основу слід використовувати азбестоцементні листи завтовшки 10 або 12 мм за ДСТУ Б В.2.7-52 (ГОСТ 18124). У тих випадках, коли в конкретній технічній документації не забезпечуються умови для стандартного випробування, зразки повинні виготовляватися з основою і кріпленням, які зазначені в технічній документації.

7.4.2.4 Товщина лакофарбових покриттів повинна відповідати прийнятій в технічній документації, але мати не менше чотирьох шарів.

7.4.2.5 Для матеріалів, що застосовуються як самостійно (наприклад, для конструкцій), так і як оздоблювальні і лицювальні, зразки повинні бути виготовлені відповідно до 7.4.2 (один комплект) і 7.4.2.3 (один комплект).

У цьому разі випробування повинні бути проведені окремо для матеріалу і окремо з застосуванням його як оздоблень і облицювань з визначенням груп горючості для всіх випадків.

7.4.2.6 Для несиметричних шаруватих матеріалів з різними поверхнями виготовляють два комплекти зразків (за 7.4.2) з метою

експонування обох поверхонь. При цьому групу горючості матеріалу установлюють за гіршим результатом.

7.4.3 Обладнання для випробування

7.4.3.1 Установа для випробування складається із камери спалювання, системи подавання повітря в камеру спалювання, газовідвідної труби, вентиляційної системи для видалення продуктів згоряння (рисунок 2).

7.4.3.2 Конструкція стінок камери спалювання повинна забезпечувати стабільність температурного режиму випробувань, 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 кг/м^3 , теплопровідністю не більше ніж $0,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, товщиною не менше ніж 40 мм.

7.4.3.3 В камері спалювання установлюють тримач зразків, джерело запалювання, діафрагму. Передню стінку камери спалювання обладнують дверцятами з заксленими прорізами. В центрі бокової стінки рекомендується 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 повинен забезпечувати показане на рисунку 3 положення зразка відносно джерела запалювання, стабільність положення кожного із чотирьох зразків до закінчення випробування. Тримач зразка слід установлювати на опірній рамі, яка забезпечує його вільне переміщення в горизонтальній площині. Тримач зразка і деталі кріплення не повинні перекривати бокові сторони поверхні, що експонується, більше ніж на 5 мм.

7.4.3.5 Джерелом запалювання є газовий пальник, який складається з чотирьох окремих сегментів. Змішування газу з повітрям здійснюється за допомогою отворів, що розташовані на газопідвідних трубах біля входу в сегмент. Розташування сегментів пальника відносно зразка і його принципова схема показані на рисунку 3.

7.4.3.6 Система подавання повітря складається з вентилятора, ротаметра і діафрагми і повинна забезпечувати надходження в нижню частину камери спалювання рівномірно розподіленого по її перерізу потоку повітря в кількості $(10 \pm 1,0)$ м³/хв з температурою не менше (20 ± 2) °С.

7.4.3.7 Діафрагму виготовляють із перфорованого сталевого листа завтовшки 1,5 мм з отворами діаметрами $(20 \pm 0,2)$ мм і $(25 \pm 0,2)$ мм і розташованим над ним на відстані (10 ± 2) мм металевої сітки із дроту діаметром не більше 1,2 мм з розміром чарунок не більше 1,5 мм × 1,5 мм. Відстань між діафрагмою і верхньою площиною пальника повинна складати не менше 250 мм.

7.4.3.8 Газовідвідну трубу з поперечним перерізом $(0,25 \pm 0,025)$ м² і довжиною не менше 750 мм розташовують у верхній частині камери спалювання. В газовідвідній трубі установлюють чотири термомпари для вимірювання температури газів, що відходять (рисунок 2).

7.4.3.9 Вентиляційна система для видалення продуктів згоряння складається із зонта, який установлюється над газовідвідною трубою, повітроводу і вентиляційного насоса.

7.4.3.10 Для вимірювання температури під час випробування використовують термомпари діаметром не більше 1,5 мм і відповідні реєструючі прилади.

7.4.4 Підготовка до випробування

7.4.4.1 Підготовка до випробування складається з проведення калібрування з метою установлення витрати газу (л/хв), який забезпечує

в камері спалювання температурний режим випробування, що установлюється цим стандартом (таблиця 6).

Таблиця 6 – Режим випробування

Відстань від нижньої кромки калібрувального зразка	Температура, °С	
	максимальна	мінімальна
300	350	220
500	220	150
1000	140	100
1600	105	90

7.4.4.2 Калібрування установки проводиться на чотирьох зразках із сталі розмірами 1000 мм × 190 мм × 1,5 мм.

Примітка. Для надання жорсткості калібрувальні зразки із листової сталі рекомендується 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.), і термопар (4 шт.), що постійно установлені в газовідвідній трубі (7.4.3.8).

7.4.4.4 Термопари установлюють на центральній осі будь-яких двох протилежних калібрувальних зразків на рівнях, зазначених в таблиці 5. Гарячий спай термопар повинен знаходитися на відстані 10 мм від поверхні зразка, що експонується. Термопари не повинні торкатися калібрувального зразка. Для ізоляції термопар рекомендується використовувати керамічні плитки.

7.4.4.5 Калібрування шахтної печі проводять через кожні 30 випробувань і при зміні складу газу, 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 з 7.4.4.4;

- увести тримач із зразком у камеру спалювання, включити вимірювальні прилади, подачу повітря, витяжну вентиляцію, джерело запалювання, закрити дверцята, зафіксувати показання термопар через 10 хв після включення джерела запалювання.

Якщо температурний режим в камері спалювання не відповідає вимогам таблиці 5, повторити калібрування з іншими витратами газу.

Установлену під час калібрування витрату газу слід використовувати при випробуванні до проведення наступного калібрування.

7.4.5 Проведення випробування

7.4.5.1 Для кожного матеріалу належить 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 включити вимірювальні прилади і подачу повітря. Зазначену процедуру здійснюють при зачинених дверцятах камери спалювання і непрацюючому джерелі запалювання. Відхилення показань кожної з чотирьох термопар від їх середнього арифметичного значення повинно складати не більше 5 °С.

7.4.5.3 Зважити чотири зразки, помістити їх в тримач, увести його в камеру спалювання.

7.4.5.4 Включити вимірювальні прилади, подачу повітря, витяжну вентиляцію, джерело запалювання, зачинити дверцята камери.

7.4.5.5 Тривалість дії на зразок полум'я від джерела запалювання повинна складати 10 хв. Після закінчення 10 хв джерело запалювання виключають. При наявності полум'я або ознак тління фіксують тривалість самостійного горіння (тління). Випробування вважають закінченим після охолодження зразків до температури оточуючого середовища.

7.4.5.6 Після закінчення випробування виключити подачу 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 і (або) тління;
- довжину пошкодження зразка;
- масу зразка до і після випробування.

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

7.4.5.9 Під час випробування фіксують також такі спостереження:

- час досягнення максимальної температури газоподібних продуктів горіння;
- перекидання полум'я на торці і на поверхню зразків, що не обігріваються;
- наскрізне прогоряння зразків;
- утворення розплаву, що горить;
- зовнішній вигляд зразків після випробування: осідання сажі, зміна кольору, оплавлення, спікання, усадка, спучування, жолоблення, утворення тріщин тощо.

7.4.6 Обробка результатів випробувань

7.4.6.1 Після закінчення випробування вимірюють довжину відрізків неушкодженої частини зразків (за рисунком 4) і 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.

Неушкоджену частину зразків, що залишилась на тримачі, зважують. Похибка зважування повинна складати не більше ніж 1 % від початкової маси зразка.

7.4.6.2 Обробка результатів одного випробування (чотирьох зразків).

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

7.4.6.2.2 Довжина ушкодження одного зразка визначається різницею між номінальною довжиною до випробування і середньою арифметичною довжиною неушкодженої частини зразка, яка визначається із довжини її відрізків, що вимірюються відповідно до рисунка 4.

Вимірювання значень довжини відрізків слід округляти до 1 см.

7.4.6.2.3 Довжина ушкодження зразків під час випробувань визначається як середня арифметична величина із довжин ушкодження кожного з чотирьох випробуваних зразків.

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

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

7.4.6.3 Обробка результатів трьох випробувань (визначення параметрів горючості).

7.4.6.3.1 Під час обробки результатів трьох випробувань розраховують 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 Температура газоподібних продуктів горіння (T , °C) і тривалість самостійного горіння (t_{fg} , с) визначають як середнє арифметичне значення результатів трьох випробувань.

7.4.6.3.3 Ступінь ушкодження за довжиною (Sl , %) визначають процентним відношенням довжини ушкодження зразків до їх номінальної довжини і розраховують як середнє арифметичне значення цього відношення з результатів кожного випробування.

7.4.6.3.4 Ступінь ушкодження за масою (Sm , %) визначають процентним відношенням маси ушкодженої частини зразків до початкової (за результатами одного випробування) і розраховують як середнє арифметичне значення цього відношення із результатів кожного випробування.

7.4.6.3.5 Одержані результати округляють до цілих чисел.

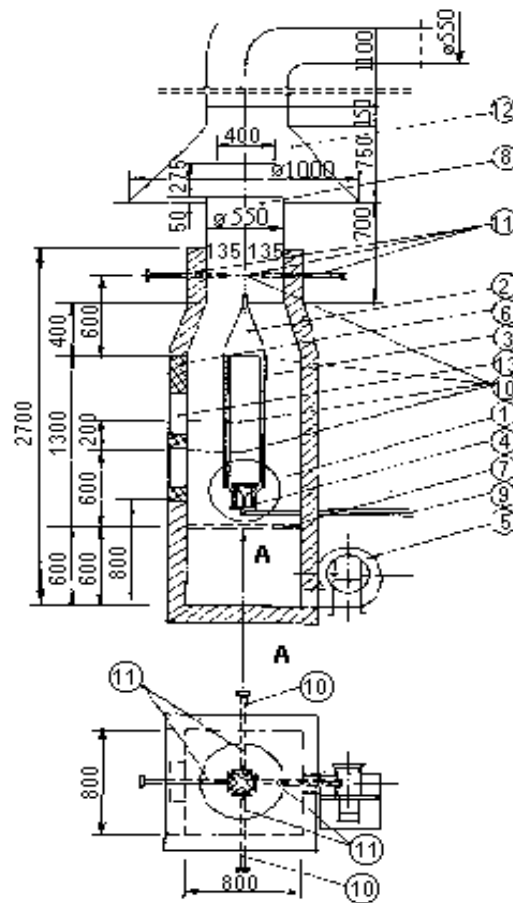
7.4.6.3.6 Матеріал слід відносити до групи горючості відповідно до таблиці 2.

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;

- додаткові 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.



- 1 – камера спалювання; 2 – тримач зразка; 3 – джерело запалювання; 4 – газовий пальник; 5 – вентилятор; 6 – дверцята камери спалювання; 7 – діафрагма; 8 – вентиляційна труба; 9 – газопровід; 10, 11 – термопари; 12 – витяжний зонт; 13 – оглядове вікно

Рисунок 2 – Загальний вигляд установки

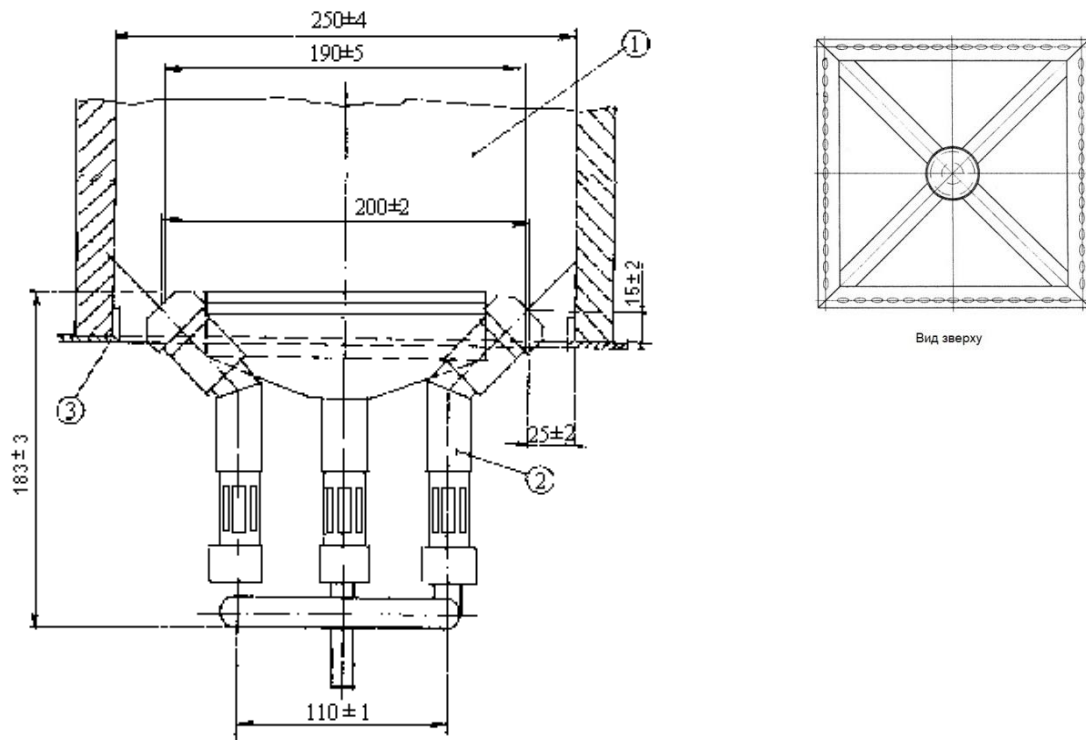
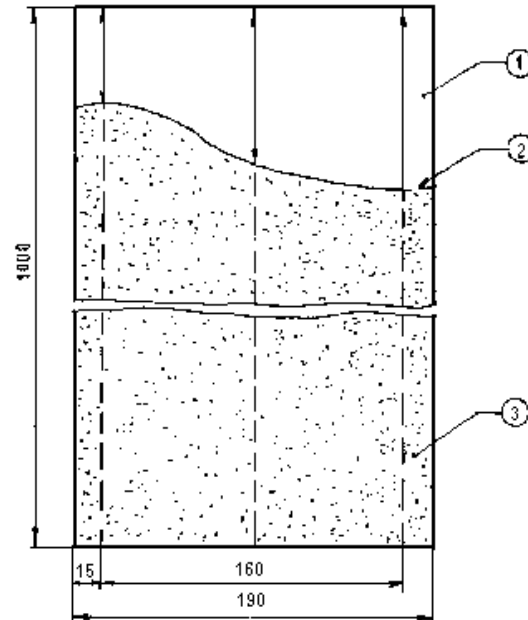


Рисунок 3 – Схема пальника



Визначення довжини ушкодженого зразка
 1 – неушкоджена поверхня; 2 – межа ушкодженої і неушкодженої поверхні;
 3 – ушкоджена поверхня

Рисунок 4 – Схема визначення довжини ушкодженого зразка

7.5 Метод експериментального визначення температури спалаху рідин в закритому тиглі

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

Метод реалізується в діапазоні температур від мінус 15 °С до 360 °С і не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються при нагріванні, та рідин, що гідролізуються і швидко окислюються.

7.5.1 Обладнання для випробування

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

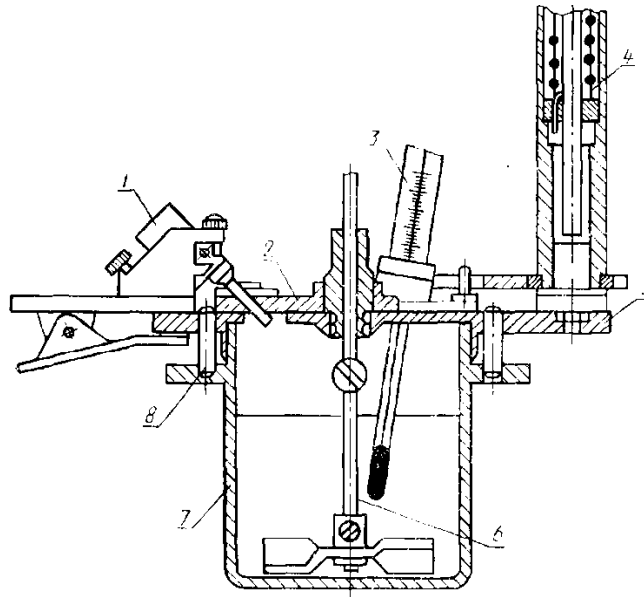
7.5.1.1 Тигель (рис. 5) висотою ($55,9 \pm 0,1$) мм, внутрішнім діаметром 50,8 мм, виконаний з корозійностійкого металу, має покажчик рівня заповнення на глибині 21,8 мм від верхнього краю тигля. Тигель забезпечений кришкою та мішалкою, заслінкою, що відкривається, та пальником. Джерелом полум'я в пальнику 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 і аналогічних продуктів (далі – лаків) можна проводити із застосуванням нагрівальної ванни - ємності з рідиною достатньої теплоємності, що дозволяє регулювати швидкість нагрівання в заданому режимі. Також можна використовувати технічні способи, які забезпечують зазначену швидкість нагрівання.

Для проведення випробувань при температурах проби нижче температури навколишнього середовища тигель охолоджують. Крім технічних способів охолодження, можна використовувати ємність, яка містить суміш льоду з хлористим натрієм, або ацетону або етанолу з

сухим льодом, або гексану з рідким азотом. Тигель повинен бути занурений в цю ємність до рівня випробувальної проби всередині тигля.



1 – пальник; 2 – заслінка; 3 – термометр; 4 – пружинний механізм; 5 – кришка;
6 – мішалка; 7 – тигель; 8 – штифт-фіксатор кришки

Рисунок 5 – Загальний вигляд установки

7.5.1.3 Термометри з діленням шкали не більше 1 °С або інші засоби вимірювання температури з похибкою не більше не більше ± 1 °С.

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

7.5.1.5 Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі.

7.5.2 Підготовка до випробувань

7.5.2.1 Встановлюють відповідність досліджуваної рідини паспортним даним.

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

7.5.2.3 Досліджувану рідину наливають в чистий сухий тигель до мітки, не допускаючи при цьому змочування стінок тигля вище вказаної мітки.

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

Примітка. Температуру рідинної ванни при визначенні температури спалаху лаків встановлюють приблизно на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ нижче передбачуваної температури спалаху.

7.5.2.5 Придатність установки до роботи перевіряють за стандартними зразками, значення температури спалаху яких наведені в таблиці 6.

7.5.2.6 Допускається застосовувати автоматизовані установки для визначення температури спалаху, що дозволяє економити час експерименту і використовувати меншу кількість проб. При використанні цих автоматизованих установок необхідно суворо дотримуватися усіх інструкцій виробника.

Таблиця 7

Стандартний зразок	Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	Похибка, $^{\circ}\text{C}$
Декан	53	$\pm 2,0$
Ундекан	68	$\pm 2,0$
Додекан	84	$\pm 2,0$
Тетрадекан	109	$\pm 2,0$
Гексадекан	134	$\pm 5,0$

7.5.3 Проведення випробувань

7.5.3.1 Включають перемішувачий пристрій, забезпечуючи частоту обертання від $1,5\text{ c}^{-1}$ до $2,0\text{ c}^{-1}$. При випробуванні лаків не обмежують частоту обертання мішалки.

7.5.3.2 Включають установку і нагрівають досліджувану рідину із швидкістю 5–6 °С/хв. При випробуванні лаків швидкість нагрівання повинна складати не більше 1 °С за 3 хв. При використанні рідинної ванни, нагрівання ведуть з такою швидкістю, щоб різниця між температурами рідини в ванні і досліджуваного зразка в закритому тиглі не перевищувала 2 °С.

7.5.3.3 Випробування на спалах починають проводити за температури зразка на 17 °С нижче передбачуваної температури спалаху і повторюють через кожний 1 °С підвищення температури для рідин з температурою спалаху до 104 °С і через кожні 2 °С – для рідин з температурою спалаху більше 104 °С.

Випробування на спалах для лаків починають проводити на 5 °С більше до передбачуваної температури спалаху і повторюють через кожні 0,5 °С підвищення температури.

7.5.3.4 У момент випробування на спалах перемішування припиняють. Поворотом пружинного механізму відкривають заслінку на кришці і опускають полум'я пальника всередину тигля за час 0,5 с, залишають пальник в нижньому положенні на 1 с і швидко повертають в початкове положення. Стежать за полум'ям при відкриванні і закриванні заслінки.

7.5.3.5 За температуру спалаху приймають показники термометра у 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, досягши температури кипіння досліджуваної рідини.

7.5.3.6 Якщо полум'я пальника згасло у 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 пп. 7.5.2.3–7.5.3.6. Цей результат не враховують, якщо розбіжність між

попереднім і подальшим випробуванням перевищує величину, вказану в п. 7.5.4.2.

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

7.5.4 Оцінка результатів

7.5.4.1 За температуру спалаху досліджуваної рідини приймають середнє арифметичне значень температури спалаху, отриманих на двох зразках при випробуванні лаків і на 3 зразках при випробуванні інших рідин, з поправкою на атмосферний тиск. Поправку (Δt) на атмосферний тиск в °С обчислюють за формулою:

$$\Delta t = 0,27(101,3 - p_a) \quad (3)$$

де p_a – атмосферний тиск, кПа.

7.5.4.2 Збіжність і відтворюваність методу відповідають значенням, вказаним в таблиці 8.

Таблиця 8

Речовина	Температура спалаху, °С	Допустимі розбіжності, °С	
		збіжність	відтворюваність
Хімічні органічні речовини та нафтопродукти	До 110	2,0	6,0
	Більше 110	5,0	10,0
Лаки, фарби, емалі і аналогічні продукти	–	1,5	6,0

7.5.4.3 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена 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, який базується на положеннях ДСТУ EN ISO 2592.

Метод реалізується в діапазоні температур від мінус 15 °С до 360 °С і не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються при нагріванні та рідин, що гідролізуються і швидко окислюються.

7.6.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення температури спалаху у відкритому тиглі включає наступні елементи.

7.6.1.1 Тигель з внутрішнім показчиком рівня заповнення (рис. 6), виконаний з корозійностійкого матеріалу.

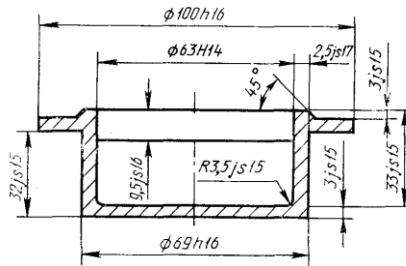
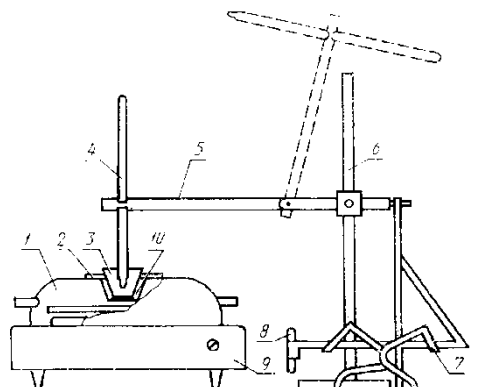


Рисунок 6 – Схема тигеля

Примітка. Допускається використання установки з фарфоровим тиглем (рис. 7).



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

Рисунок 7 – Загальний вигляд установки

7.6.1.2 Пристрій для нагрівання тигля, що забезпечує швидкість нагрівання до 17 °С/хв.

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

Для проведення випробувань при температурах проби нижче температури навколишнього середовища тигель охолоджують. Крім технічних способів охолодження, можна використовувати ємність, яка містить суміш льоду з хлористим натрієм, або ацетону або етанолу з сухим льодом, або гексану з рідким азотом. Тигель повинен бути занурений в цю ємність до рівня випробувальної проби всередині тигля.

7.6.1.3 Термометри з діленням шкали не більше 1 °С або інші засоби вимірювання температури з похибкою не більше вказаної.

7.6.1.4 Секундомір з похибкою не більше 1 с для контролю швидкості нагрівання рідини.

7.6.1.5 Тресторонній екран з шириною сторони 460 мм та висотою 610 мм для захисту тигля від потоків повітря.

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

7.6.1.7 Допускається застосовувати автоматизовані установки для визначення температури спалаху, що дозволяє економити час експерименту і використовувати меншу кількість проб. При використанні цих автоматизованих установок необхідно суворо дотримуватися усіх інструкцій виробника.

7.6.1.8 Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі.

7.6.2 Підготовка до випробувань

7.6.2.1 Встановлюють відповідність досліджуваної рідини паспортним даним.

7.6.2.2 Зразок рідини, що має температуру спалаху нижче 79 °С, охолоджують до температури, яка не менше ніж на 28 °С нижча передбачуваної температури спалаху. Зразки в'язких рідин перед випробуванням нагрівають до достатньої текучості, але не більше ніж до температури, яка на 5 °С нижче передбачуваної температури спалаху.

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

7.6.2.4 Досліджувану рідину наливають в чистий сухий тигель до мітки, не допускаючи змочування стінок тигля вище вказаної мітки.

Примітка. При використанні установки досліджувану рідину наливають до рівня на 12 мм нижче краю тигля.

7.6.2.5 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.

7.6.2.6 Придатність установки до роботи перевіряють за стандартними зразками, значення температури спалаху яких наведені в таблиці 9.

Таблиця 9

Стандартний зразок	Температура спалаху, °С	Похибка, °С
Тетрадекан	116	± 5
Гексадекан	139	± 5

7.6.3 Проведення випробувань

7.6.3.1 Включають установку. При випробуванні рідин з передбачуваною температурою спалаху вище 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.

При випробуванні рідин з передбачуваною температурою спалаху нижче 79 °С швидкість підвищення температури повинна складати 5–6 °С/хв.

Примітка. При випробуванні в'язких рідин типу лаків нагрівання за 5 °С до передбачуваної температури спалаху слід проводити зі швидкістю 1 °С за 3 хв.

7.6.3.2 Випробування на спалах починають проводити, досягши 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 При випробуванні на спалах, полум'я газового пальника проводять при рівномірному безперервному русі від однієї сторони тигля до іншої в горизонтальній площині не більше ніж на 2 мм вище за верхній край тигля і тільки в одному напрямі. Кожен подальший раз полум'я переміщують в протилежному напрямі, витрачаючи на його переміщення приблизно 1 с.

7.6.3.4 За температуру спалаху у відкритому тиглі приймають температуру, що показує термометр при появі полум'я над частиною або над усією поверхнею рідини. Спалах не слід плутати з блакитнуватим ореолом, що іноді оточує випробувальне полум'я.

7.6.3.5 Якщо випробовують рідину з невідомою температурою спалаху, то проводять попереднє випробування по пп. 7.6.2.4–7.6.3.4, нагріваючи при цьому зразок з постійною швидкістю 5–6 °С/хв.

7.6.3.6 У разі відсутності температури спалаху (при випробуванні індивідуальної рідини) нагрівання і випробування зразка припиняють досягнувши температури кипіння.

Примітка. При випробуванні сумішей, що містять легкокиплячі негорючі або важкогорючі компоненти, нагрівання ведуть до википання названих компонентів. Особливості проведення такого випробування відмічають в протоколі.

7.6.4 Оцінка результатів

7.6.4.1 За температуру спалаху досліджуваної рідини приймають середнє арифметичне значень температури спалаху, отриманих на трьох зразках з поправкою на атмосферний тиск, що розраховується по формулі (3).

7.6.4.2 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 5 °С.

7.6.4.3 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 16 °С.

7.6.4.4 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого приведена в додатку А.

7.7 Метод експериментального визначення температури займання рідин

Для експериментального визначення температури займання рідини у відкритому тиглі застосовують метод, який базується на положеннях ДСТУ EN ISO 2592.

Метод реалізується в діапазоні температур від мінус 15 °С до 360 °С і не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються при нагріванні та рідин, що гідролізуються і швидко окислюються.

7.7.1 Обладнання для випробування

Температуру займання визначають в установці, що застосовують для визначення температури спалаху у відкритому тиглі (див. п. 7.6.1).

7.7.2 Підготовка до випробувань (див. п. 7.6.2).

7.7.3 Проведення випробувань

7.7.3.1 Метод визначення температури займання може застосовуватись як самостійний метод або одночасно з визначенням температури спалаху на тому ж зразку. Після настання спалаху згідно п. 7.6.3.4 зразок продовжують нагрівати в тому ж режимі, що і при визначенні температури спалаху. Випробування на займання проводять через кожні 2 °С підвищення температури.

7.7.3.2 За температуру займання приймають температуру, при якій пари, що утворюються над поверхнею рідини, займаються від полум'я газового пальника і продовжують горіти не менше 5 с після його видалення.

7.7.4 Оцінка результатів

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

7.7.4.2 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 8 °С.

7.7.4.3 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 14 °С.

7.7.4.4 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.8 Метод експериментального визначення температури займання твердих речовин і матеріалів

7.8.1 Обладнання для випробування

Схема установки для визначення температури займання наведена на рис. 8.

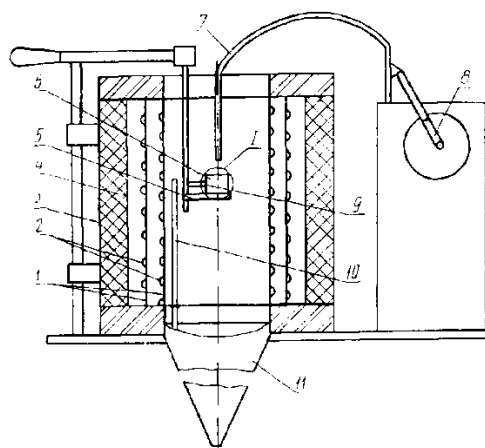
7.8.1.1 Установка являє собою вертикальну електропіч з двома коаксіально розташованими циліндрами, виконаними з кварцевого скла.

Один з циліндрів внутрішнім діаметром (80 ± 3) мм, висотою 240 мм є реакційною камерою; другий циліндр такої ж висоти має внутрішній діаметр (101 ± 3) мм. На циліндри намотані спіральні електронагрівачі загальною потужністю не менше 2 кВт, що дозволяє створювати температуру робочої зони $600 \text{ }^\circ\text{C}$ за час не більше 40 хв.

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

7.8.1.3 Газовий пальник для запалення зразка, що є трубкою внутрішнім діаметром (6 ± 1) мм, виконаний 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, виконаний з листової жаростійкої сталі у формі конуса з верхнім діаметром не більше 78 мм, нижнім діаметром не більше 11 мм і довжиною (500 ± 5) мм, що служить для подання природного потоку повітря в реакційну камеру.



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

Рисунок 8 – Схема установки

7.8.1.5 Термопари діаметром термоелектродів не більше 0,5 мм. Термопара 9 служить для виміру температури зразка і розташований так, щоб забезпечувався контакт з дном і стінкою контейнера (рис. 8). Термопара 10 служить для контролю і регулювання температури в печі і розташована усередині реакційної камери на відстані (140 ± 5) мм від верхнього краю камери і (5 ± 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 вимірювань не більше ± 1 с.

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

7.8.1.9 Джерело стислого повітря для пальника з витратою до $40 \text{ л} \cdot \text{год}^{-1}$.

7.8.1.10 Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі.

7.8.2 Підготовка до випробувань

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

7.8.2.2 Перед випробуванням зразки витримують у вентильованій сушильній шафі за температури (60 ± 5) °С не менше 20 годин, потім охолоджують до температури навколишнього середовища, не виймаючи їх з шафи.

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

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

7.8.3 Проведення випробувань

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

7.8.3.2 Регулюючи подачу газу і повітря в пальник, формують полум'я газового пальника висотою (10 ± 2) мм.

7.8.3.3 Витягають з камери тримач з контейнером. У контейнер поміщають зразок за час не більше 15 с і вводять його в реакційну камеру. Електропривід газового пальника включають в заданий режим роботи. Періодичність підведення газового пальника до зразка на відстань (10 ± 1) мм від його поверхні повинна складати (10 ± 2) с. Спостерігають за зразком в робочій камері за допомогою дзеркала.

7.8.3.4 Якщо при температурі випробувань зразок загориться, то випробування припиняють, пальник зупиняють в положенні "поза піччю", контейнер із зразком витягають з камери. Відмічають в протоколі температуру займання і наступне випробування проводять з новим зразком при меншій температурі (наприклад, на $50 ^\circ\text{C}$ менше).

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

За температуру випробування приймають показання термомпери, що вимірює температуру зразка.

7.8.3.5 Методом послідовних наближень, використовуючи нові зразки і змінюючи температуру випробування, визначають мінімальну температуру зразка, при якій за час витримки в печі не більше 20 хвилин зразок загориться і горітиме більше 5 с після видалення пальника, а при температурі на $10 ^\circ\text{C}$ менше займання відсутнє.

7.8.4 Оцінка результатів

7.8.4.1 За температуру займання досліджуваної речовини (матеріалу) приймають середнє арифметичне значення двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10 °С, при одній з яких спостерігається займання 3 зразків, а при іншій – три відмови. Отримане значення температури округлюють з точністю до 5 °С.

7.8.4.2 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 7 °С.

7.8.4.3 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 20 °С.

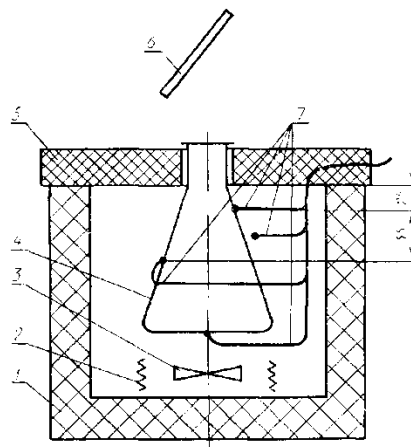
7.8.4.4 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.9 Метод експериментального визначення температури самозаймання газів і рідин

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

7.9.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення температури самозаймання рідин (рис. 9) повинна включати наступні елементи.



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

Рисунок 9 – Загальний вигляд установки

7.9.1.1 Реакційна посудина у вигляді конічної термостійкої скляної колби об'ємом 200 см³. Хімічно чиста колба повинна використовуватися для випробування кожної речовини і проведення основної серії випробувань.

Примітка. Якщо температура самозаймання досліджуваної речовини перевищує температуру розм'якшення скла колби, допускається застосовувати аналогічні колби з металу (це потрібно відмічати в протоколі випробувань).

7.9.1.2 Повітряний термостат, що забезпечує рівномірний нагрів колби до заданої температури. Колбу слід вважати рівномірно нагрітою і стан проведення випробування задовільним, якщо отримані значення температур самозаймання відповідають даним таблиці 10 з допустимими відхиленнями згідно п. 7.9.3.2.

Таблиця 10

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

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

7.9.1.3 Для вимірювання температури колби використовують термопари (одну або декілька) з максимальним діаметром робочого спаю не більше 0,8 мм. Термопари розташовують у вибраних точках в тісному контакті із зовнішньою поверхнею колби. При використанні декількох термопар за температуру випробування приймають середнє арифметичне значення найменшою і найбільшою температур за показанням термопар. Розбіжності між показаннями термопар не повинно перевищувати 1 %.

7.9.1.4 Для дозування досліджуваних речовин застосовують шприци і піпетки.

Для дозованого подавання рідин використовують:

а) шприц об'ємом від $0,25 \text{ см}^3$ до 1 см^3 (ціна поділки не більше $0,01 \text{ см}^3$) з голкою з нержавіючої сталі та максимальним діаметром $0,15 \text{ мм}$;

б) піпетку, яка калібрується об'ємом 1 см^3 , що забезпечує подання 1 см^3 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 $0,05$ - $0,10 \text{ г}$, з похибкою не більше $\pm 0,01 \text{ г}$.

Примітка. Допускається використати інші дозуючі засоби, що забезпечують необхідні параметри.

7.9.1.5 Секундомір з похибкою вимірювань не більше $\pm 1 \text{ с}$ для визначення періоду індукції.

7.9.1.6 Спостереження за реакцією в колбі здійснюється датчиком виявлення полум'я або за допомогою дзеркала, яке встановлюють на висоті $(250 \pm 10) \text{ мм}$ над колбою.

7.9.1.7 Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі.

7.9.2 Проведення випробувань

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 $0,07 \text{ см}^3$, паст, мастик тощо $0,2 \text{ г}$.

Пробу досліджуваної речовини вводять в центр колби за час не більше 2 с . Після введення проби дозуючий пристрій швидко відводять. Під час подання рідини слід уникати її попадання на стінки колби. Наважку

пасти, мастики та інших в'язких речовин слід вносити в колбу на алюмінієвій фользі завтовшки не більше ніж 0,1 мм.

Примітка. При випробуванні речовин з температурою кипіння, близькій або рівній кімнатній температурі, необхідно 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 включають секундомір і спостерігають за вмістом колби до появи полум'я і/або вибуху. У цей момент секундомір зупиняють і реєструють період індукції самозаймання. Якщо полум'я і/або вибух не спостерігається, секундомір зупиняють через 5 хв і випробування припиняють.

7.9.2.4 Після кожного випробування колбу продувають сухим повітрям, після чого вона повинна прийняти необхідну температуру випробування. У разі забруднення колби твердими продуктами згорання її очищають або замінюють чистою.

7.9.2.5 Випробування повторюють при різних температурах і з різними об'ємами проб до досягнення мінімальної температури самозаймання (що визначають по графіку залежності температури самозаймання від маси проби, див. рис. 10).

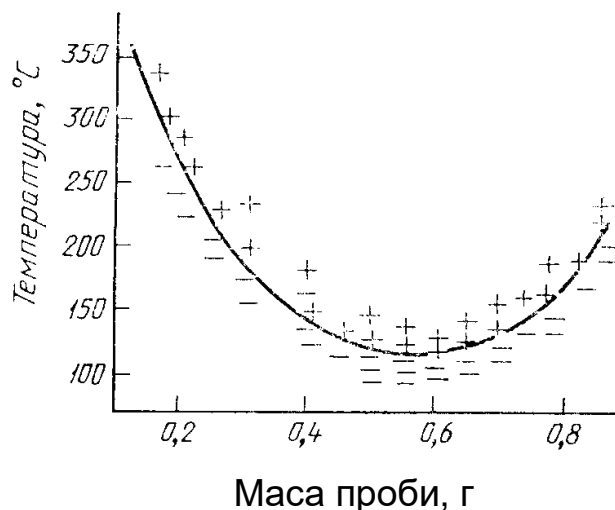


Рисунок 10 – Графік залежності температури самозаймання від маси проби

7.9.2.6 Основну серію випробувань проводять з найлегше самозаймистою кількістю речовини через інтервал температури 2 °С до тих пір, поки не буде визначена найменша температура, при якій спостерігається самозаймання зразка, а при температурі на 2 °С нижче при п'ятикратному повторенні випробування самозаймання не відбувається.

7.9.3 Оцінка результатів

7.9.3.1 За температуру самозаймання досліджуваної речовини приймають найменшу температуру випробувань, при якій спостерігалось самозаймання зразка в умовах, передбачених в п. 7.9.2.6.

7.9.3.2 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 2 %.

7.9.3.3 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 5 %.

7.9.3.4 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.10 Метод експериментального визначення температури самозаймання твердих речовин і матеріалів

Метод реалізується в діапазоні температур від 25 °С до 600 °С і не застосовний 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 наведеній в п. 7.8.1.

Газовий пальник при визначенні температури самозаймання не використовують, він знаходиться в положенні "поза піччю".

7.10.2 Підготовка до випробувань – відповідно до п. 7.8.2.

7.10.2.1 Установку необхідно встановлювати 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 за час не більше 15 с і опускають всередину камери. Спостерігають за зразком за допомогою дзеркала.

7.10.3.3 Якщо при заданій температурі випробувань спостерігається самозаймання, то наступне випробування проводять при меншій температурі (наприклад, на 50 °С).

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

7.10.3.4 Методом послідовних наближень визначають мінімальну температуру робочої камери, при якій зразок займається і горить більше 5 с, а при температурі на 10 °С менше – спостерігається відмова.

7.10.4 Оцінка результатів

7.10.4.1 За температуру самозаймання досліджуваної речовини (матеріалу) приймають середнє арифметичне двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10 °С, при одній з яких спостерігається самозаймання 3 зразків, а при іншій – три відмови. Отримане значення температури самозаймання округлюють з точністю до 5 °С.

7.10.4.2 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 5 °С.

7.10.4.3 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 17 °С.

7.10.4.4 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена 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 за ДСТУ EN 1839.

7.12 Метод експериментального визначення показників вибуху 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 за ДСТУ EN 14034-4.

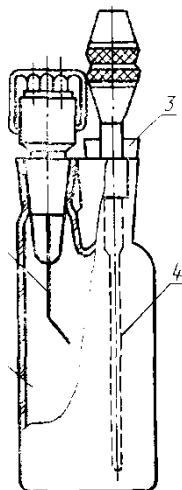
7.13 Метод експериментального визначення температурних меж поширення полум'я по пароповітряних сумішах

Метод реалізується при температурах від мінус 50 °С до 300 °С і не застосовний для випробування рідин, що полімеризуються при нагріванні, гідролізуються та швидко окислюються, а також сумішей, що містять більше 40 % води.

7.13.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення температурних меж поширення полум'я включає наступні елементи.

7.13.1.1 Реакційна посудина (рис. 11) з трьома горловинами із термостійкого скла зовнішнім діаметром (65 ± 2) мм і вистою до горловин (125 ± 5) мм.



1 – реакційна посудина; 2 – запалюючий пристрій; 3 – скидний клапан;
4 – термопара

Рисунок 11 – Загальний вигляд реакційної посудини

7.13.1.2 Запалюючий пристрій, що виробляє іскру потужністю (6 ± 1) Дж за 1 с при розрядному проміжку між електродами (5 ± 1) мм. Електроди пристрою, що запалюється, виконані у вигляді конуса і розташовані в центрі пароповітряного простору.

Примітка. Для речовин, які не запалюються від іскрового джерела запалення, застосовують спіраль з ніхромового дроту діаметром 0,3 мм і довжиною 300 мм; внутрішній діаметр спіралі (5 ± 1) мм. Температура розжареної спіралі – 1000-1200°C, час виходу на робочу температуру – не більше 4 с.

7.13.1.3 Термопари з максимальним діаметром робочого спаю не більше 1 мм для виміру температури досліджуваної рідини і 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 необхідно встановлювати у витяжній шафі.

7.13.2 Підготовка до випробувань

7.13.2.1 Встановлюють відповідність досліджуваної рідини паспортним даним.

7.12.2.2 Заздалегідь розраховують температурні межі поширення полум'я по формулах, приведених в додатку Б.

7.13.2.3 Залежно від розрахункових значень температурних меж, вибирають робочу температуру для термостатування реакційної посудини з досліджуваною рідиною. Для першого випробування в термостаті встановлюють температуру, яка має бути при визначенні нижньої межі меншою його розрахункового значення або значення температури спалаху в закритому тиглі на $(5 - 10) ^\circ\text{C}$, а при визначенні верхньої межі – більше його розрахункового значення на $(10 - 15) ^\circ\text{C}$.

7.13.2.4 У чисту суху реакційну посудину поміщають $(70 \pm 2) \text{ см}^3$ досліджуваної рідини. У одну з горловин встановлюють іскрове джерело запалення, іскровий проміжок якого повинен 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 – в центрі пароповітряного простору. Третя горловина служить для скидання надмірного тиску через клапан, маса якого не більше 6 г. Потім реакційну посудину поміщають в термостат.

7.13.2.5 Придатність установки до роботи перевіряють по додекану (чистотою не менше 99,9 %), температурні межі якого рівні: нижній $(79 \pm 5) ^\circ\text{C}$, верхній $(119 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

7.13.3 Проведення випробувань

7.13.3.1 При вибраній температурі випробування, реакційну посудину з досліджуваною рідиною термостатують впродовж $(12 - 15)$ хв для встановлення термодинамічної рівноваги між рідкою і паровою фазами. При цьому температури рідкої і парової фаз повинні стабілізуватися, а їх різниця не повинна перевищувати $1 ^\circ\text{C}$.

За температуру випробування приймають температуру рідкої фази.

7.13.3.2 Проводять випробування на займання, включаючи джерело запалення на 1 с.

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

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

7.13.3.4 Якщо при першому випробуванні на займання отриманий негативний результат, то наступне випробування проводять при температурі, збільшеній не більше ніж на 5 °С для нижньої межі і зменшеною не більше ніж на 5 °С для верхньої межі.

7.13.3.5 Якщо при першому випробуванні на займання отриманий позитивний результат, то наступне випробування проводять при температурі, зменшеній не менше чим на 5 °С для нижньої межі і збільшеною не менше чим на 5 °С для верхньої межі.

Змінюючи температуру досліджуваної рідини, знаходять два такі значення температури з різницею не більше 2 °С, при одному з яких відбувається займання, а при 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 або зовнішній вигляд, то подальші випробування необхідно проводити з новим зразком.

7.13.4 Оцінка результатів

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

7.13.4.2 Збіжність і відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищують значень, вказаних в таблиці 11.

Таблиця 11

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

7.13.4.3 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.14 Метод експериментального визначення температури тління твердих речовин і матеріалів

Метод реалізується при температурах від 25 °С до 600 °С і не застосовний для випробування металевих порошків.

7.14.1 Обладнання для випробування

Для визначення температури тління застосовують установку, описану в п. 8.8.1.

7.14.2 Підготовка до випробувань

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

Плівкові і листові матеріали набирають в стопку діаметром (45 ± 1) мм, накладаючи шари один на одного до досягнення вказаної маси.

7.14.2.2 Перед випробуванням зразки витримують у вентильованій сушильній шафі за температури (60 ± 5) °С не менше 20 годин, потім охолоджують до температури навколишнього середовища, не виймаючи їх з шафи.

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

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

7.14.3 Проведення випробувань

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

7.14.3.2 Витягають з реакційної камери тримач з контейнером. За час не більше 15 с, поміщають зразок в контейнер і вводять його в реакційну камеру. Опускають всередину реакційної камери пальник.

7.14.3.3 Якщо при температурі випробування зразок тліє (спостерігається світіння) більше 5 с, то випробування припиняють, контейнер витягають з камери і звільняють від продуктів тління. Наступне випробування з новим зразком проводять при меншій температурі (наприклад, на $50 \text{ }^\circ\text{C}$ менше).

Якщо впродовж 20 хв зразок не тліє, випробування припиняють і в протоколі відмічають відмову. Методом послідовних наближень визначають мінімальну температуру, при якій за час витримки в печі не більше 20 хв спостерігається тління зразка, а при температурі на $10 \text{ }^\circ\text{C}$ менше тління відсутнє.

7.14.4 Оцінка результатів

7.14.4.1 За температуру тління приймають середнє арифметичне значення двох температур, що відрізняються не більше ніж на $10 \text{ }^\circ\text{C}$, при одній з яких спостерігається тління трьох зразків, а при іншій – три відмови. Отримане значення температури округлюють з точністю до $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

7.14.4.2 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує $7 \text{ }^\circ\text{C}$.

7.14.4.3 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 20 °С.

7.14.4.4 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.15 Метод експериментального визначення кисневого індексу пластмас

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

7.16 Метод експериментального визначення здатності речовин і матеріалів вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і іншими речовинами

7.16.1 Обладнання для випробування

Установка, яка застосовується для визначення здатності речовин вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і один з одним включає наступні елементи.

7.16.1.1 Термостат (електрична сушильна шафа) об'ємом не менше 2 дм³ з терморегулятором, що дозволяє підтримувати постійну температуру робочої зони в діапазоні 25 – 100 °С з похибкою не більше 1 °С. Термостат необхідно 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 випробувань

7.16.2.1 Встановлюють відповідність досліджуваних речовин паспортним даним.

7.16.2.2 Попередні випробування речовин на здатність вибухати і горіти при взаємодії один з одним проводять шляхом контакту краплі, кристала або невеликої кількості порошкоподібної речовини з такою ж

кількістю іншої речовини або подаванням декількох крапель однієї речовини на надмірну кількість (до 1 см³) іншої речовини.

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

7.16.2.3 Якщо при контакті малих кількостей речовин не відбувається активної взаємодії, то в подальших випробуваннях досліджують двокомпонентні суміші випробовуваних речовин в співвідношенні 10:10, 2:18 і 18:2 см³ (загальним об'ємом 20 см³).

7.16.2.4 Зразки досліджуваних речовин поміщають в окремі реакційні посудини, встановлюють їх в термостат із заданою температурою випробування і витримують впродовж (40 ± 10) хв до вирівнювання температур досліджуваних речовин і робочої зони термостата (оцінюється за свідченнями термопар: два з яких вимірюють температури в центрі зразків досліджуваних речовин, третій – температуру робочої зони термостата).

7.16.2.5 За температуру випробування приймають покази термопари, 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 і горіти при взаємодії один з одним триває не менше 2 год.

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

Температура випробування не має бути рівній температурі зміни агрегатного стану речовини.

7.16.3 Оцінка результатів

7.16.3.1 Якщо за час не менше 2 год температура суміші в кожному випробуванні збільшиться не більше ніж на 5 °С, то речовини вважаються

сумісними з точки зору пожежної безпеки і допускається їх спільне зберігання.

7.16.3.2 Якщо температура суміші твердих речовин хоч би 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.

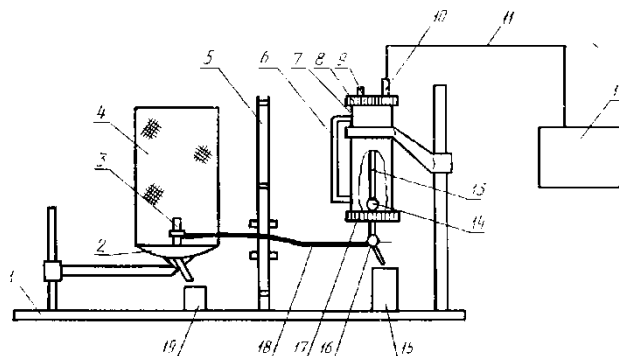
7.16.3.3 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого приведена в додатку А.

7.17 Метод експериментального визначення швидкості вигорання рідин

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

7.17.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення масової швидкості вигорання рідин (рис. 12) включає наступні елементи.



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

Рисунок 12 – Загальний вигляд установки

7.17.1.1 Набір пальників внутрішнім діаметром $10,0^{+0,1}$, $15,0^{+0,1}$, $18,00^{+0,15}$, $20,00^{+0,15}$, $25,0^{+0,2}$, $30,00^{+0,25}$, $40,00^{+0,25}$, $50,00^{+0,25}$, $60,0^{+0,3}$ мм, висотою $(50,0 \pm 0,5)$ мм, товщиною стінки $0,5_{-0,1}$ мм, виготовлених із сталі марки 12Х18Н9Т.

7.17.1.2 Блок пальників, що служить для закріплення пальника в робочому положенні, збору пролітої рідини в склянку і установки сітчастого огороження.

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

7.17.1.4 Заправна місткість висотою 250 мм, внутрішнім діаметром 45 мм, герметично закрита торцевими кришками, виконана з нержавіючої сталі і служить для підтримки постійного рівня досліджуваної рідини в пальнику. Заповнення місткості рідиною роблять через отвір у верхній кришці. Заправна місткість сполучена з вимірювальним блоком гнучким шлангом. По вмонтованій у верхню кришку трубі в заправну ємність поступає повітря з атмосфери. Контроль за роботою установки здійснюють візуально через оглядове вікно по надходженні бульбашок повітря в заправну ємність.

Примітка. Допускається в якості заправної місткості застосовувати скляну посудину таких же розмірів.

7.17.1.5 Подвійний теплоізолюючий екран висотою 460 мм, шириною 230 мм, розташований між блоком пальників і заправною ємністю, забезпечений пересувними шторками, що закривають отвір, через який проходить сполучний шланг від нижньої кришки заправної ємності до пальника.

7.17.1.6 Вимірювальний блок для перетворення зміни тиску у верхній частині заправної ємності, пропорційного масі вигорілої рідини, в електричний сигнал. Запис сигналу здійснюють електронним

потенціометром класу точності не нижче 0,5, ширина діаграмної стрічки – не менше 250 мм. Вимірювальний блок повинен фіксувати втрату маси ($2 \cdot 10^{-6}$ - $1,5 \cdot 10^{-4}$) кг·с⁻¹ і мати градувальний коефіцієнт при максимальній чутливості не нижче 8,5 мм·г⁻¹.

7.17.1.7 Установку слід вважати підготовленою до роботи і стан проведення випробувань задовільним, якщо отримане значення масової швидкості вигорання стандартної речовини етилацетату на пальнику діаметром 30 мм складає $(296 \pm 25) \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹.

7.17.1.8 Установку необхідно встановлювати у витяжній шафі.

7.17.2 Проведення випробувань

7.17.2.1 Встановлюють відповідність досліджуваної рідини паспортним даним. Перед початком випробування рідина повинна мати температуру (20 ± 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 включають вимірювальну систему. На діаграмі повинна фіксуватися пряма лінія, паралельна напрямку руху стрічки потенціометра. Відхилення каретки потенціометра від цієї лінії вказує на недостатню герметичність установки, яку слід 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, в пальнику.

7.17.2.4 Заповнюють заправну місткість досліджуваною рідиною і перевіряють роботу установки по п. 7.17.2.2. Якщо досліджувана рідина має тиск пари вище за допустимий, спостерігаються явища, подібні 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 (п. 7.18.2 або 7.18.3) проводять експерименти на одному пальнику або послідовно на пальниках різного діаметру. Запалюють рідину в пальнику відкритим полум'ям або електричною спіраллю. Встановлюють сітчасте огороження і включають реєструючий прилад.

7.17.2.6 Якщо при горінні рідина закипає або, розширюючись, переливається через край пальника, то необхідно зробити плавне коригування рівня рідини в пальнику, знизивши його на мінімальну відстань, що дозволяє усунути перелічені вище ефекти.

7.17.2.7 У протоколі випробувань фіксують ламінарний або перехідний режим горіння рідини. Ламінарне горіння зазвичай спостерігається в пальниках діаметром менше 20 мм і характеризується відсутністю коливань і закручування полум'я. Пульсуюче горіння слід кваліфікувати як перехідне.

7.17.2.8 Випробування припиняють після того, як реєструючий прилад зафіксує прямолінійну ділянку довжиною не менше 1/3 довжини шкали показань реєструючого приладу.

7.17.2.9 Проводять ще два паралельні випробування на тому ж пальнику згідно пп. 7.17.2.4 – 7.17.2.8.

7.17.3 Оцінка результатів

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

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

де w – швидкість руху діаграмної стрічки, $\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$;

Δl – проекція прямолінійної ділянки діаграми на вісь абсцис, мм ;

d – внутрішній діаметр пальника, мм ;

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

$\Delta\tau$ – проекція прямолінійної ділянки діаграми на вісь ординат, мм.
Обчислення проводять з точністю до 4-го знаку після коми.

7.17.3.2 Обчислюють середнє арифметичне значення швидкості вигорання (\bar{m}_i) за результатами, отриманими при випробуванні досліджуваної рідини на пальнику цього діаметру.

7.17.3.3 За швидкість вигорання досліджуваної рідини приймають швидкість вигорання в турбулентному режимі, що обчислюється за формулою (15).

7.17.3.4 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 15 %.

7.17.3.5 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 23 %.

7.17.3.6 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.18 Методи розрахунку 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, по формулах:

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

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

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

де M – безрозмірна швидкість вигорання;

μ – динамічна в'язкість парів рідини при температурі кипіння, $\text{Н}\cdot\text{с}\cdot\text{м}^{-2}$;

ρ – густина парів рідини при температурі кипіння, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$;

ν – кінематична в'язкість парів рідини при температурі кипіння, $\text{м}^2\cdot\text{с}^{-1}$; якщо величина ν не відома, то її обчислюють по формулі:

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

M_F – молекулярна маса рідини, $\text{кг}\cdot\text{моль}^{-1}$;

d – характерний розмір дзеркала горіння рідини, м. Визначається як корінь квадратний із площі поверхні горіння; якщо площа горіння має форму кола, то характерний розмір дорівнює її діаметру. При розрахунку швидкості турбулентного горіння можна прийняти $d = 10$ м;

T_k – температура кипіння рідини, К.

Порядок розрахунку наступний.

7.18.1.1 Визначають режим горіння по величині числа Галілея Ga , яке обчислюють по формулі:

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

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

7.18.1.2 В залежності від режиму горіння обчислюють безрозмірну швидкість вигорання M . Для ламінарного режиму горіння:

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

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:

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

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

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. При $Ga < 4,8 \cdot 10^8$ для ароматичних вуглеводородів $A = 1,45$ при $s \leq 0,9$ і $A = 3,40s - 1,56$ при $s > 0,9$.

B – безрозмірний параметр, який характеризує інтенсивність масопереносу, що обчислюється 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 згоряння рідини, кДж·кг⁻¹;

$r = \frac{M_0 n_0}{M_F n_F}$ – безрозмірне значення маси кисню, необхідне для згоряння 1 кг рідини;

C – ізобарна теплоємність продуктів горіння (приймається рівною теплоємності повітря $c=1$), кДж·кг⁻¹·К⁻¹;

T_0 – температура навколишнього середовища, яка приймається рівною 293 К;

H – теплота пароутворення рідини при температурі кипіння, кДж·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:

$$m = 0,168 m_{\pi} \frac{d_{\pi}^{0,52}}{\nu^{0,34}} \quad (15)$$

де m_{π} – експериментальне значення швидкості вигорання в перехідному режимі горіння, отримане по пп.7.17.2.5 – 7.17.3.2, кг·м⁻²·с⁻¹;

d_{Π} – діаметр пальника, в якому отримано значення m_{Π} , м. Рекомендується використовувати пальник діаметром 30 мм. Якщо в пальнику діаметром 30 мм спостерігається ламінарний режим горіння, слід застосовувати пальник більшого діаметру.

Відносна похибка розрахунку за формулами (7) і (14) не перевищує 21 %.

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

7.18.3.1 Знаходять швидкість вигорання рідини в пальниках діаметром 10, 15, 18, 20, 25 і 30 мм згідно пп. 7.17.2.5 – 7.17.3.2. Отримані результати заносять в таблицю 12.

Таблиця 12

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

7.18.3.2 Обчислюють середнє арифметичне значення (md) л 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 діаметру пальника. Для перехідного режиму горіння характерне зростання значень $\bar{m}_i d_i$.

7.18.3.3 Результати випробувань, що відносяться до перехідного режиму горіння, заносять в таблиці 13 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 знаку після коми.

Кількість експериментальних точок має бути не менше трьох, інакше проводять додаткові експерименти згідно пп. 7.17.2.5 – 7.17.3.2 в пальниках діаметром більше 30 мм.

Таблиця 13

№ 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 по стовбцям табл. 12 $\sum_{i=1}^n x_i, \sum_{i=1}^n y_i, \sum_{i=1}^n x_i^2, \sum_{i=1}^n x_i y_i$, 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 відносяться до перехідного режиму горіння.

7.18.3.4 Обчислюють параметри a і b по формулах:

$$a = \frac{\bar{y} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x} \sum_{i=1}^n x_i} \quad (16)$$

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

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

$$\nu = 5,77 \cdot 10^{-4} \left\{ \left[(\bar{m}d)_p / 10^a \right]^b \right\}^{0,5} \quad (18)$$

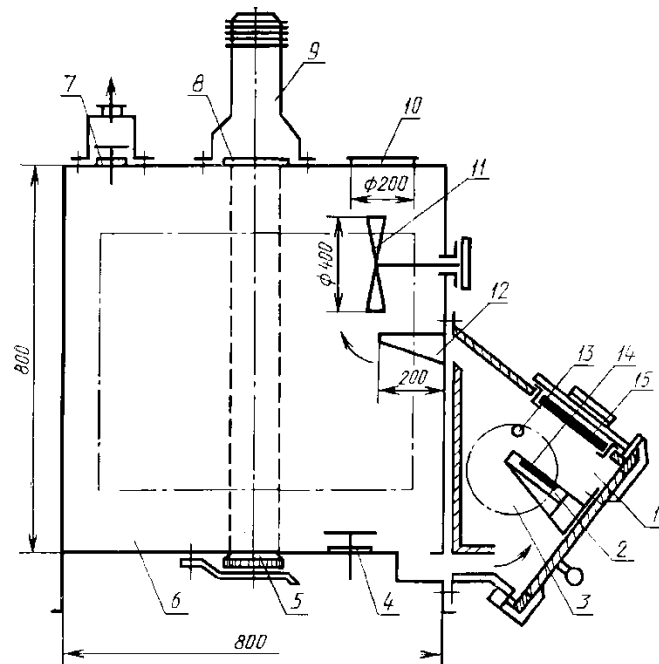
Швидкість вигорання обчислюють за формулою (15).

Відносна похибка методу оцінки по пп. 7.18.3.1 – 7.18.3.5 – не більше 30 %.

7.19 Метод експериментального визначення коефіцієнта димоутворення твердих речовин і матеріалів

7.19.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення коефіцієнта димоутворення (рис. 13) включає наступні елементи.



1 – камера згоряння; 2 – тримач зразка; 3 – вікно з кварцового скла; 4, 7 – клапани продування; 5 – приймач світла; 6 – камера вимірювань; 8 – захисне скло; 9 – джерело світла; 10 – запобіжна мембрана; 11 – вентилятор; 12 – направляючий піддашок; 13 – пальник; 14 – вкладиш; 15 – електронагрівальна панель

Рисунок 13 – Загальний вигляд установки

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

Тримач зразка розмірами (100×100×20) мм кріплять на дверцях камери згоряння. У тримачі встановлений вкладиш з асбосиліта розмірами (92×92×20) мм, в центрі якого є поглиблення для розміщення контейнеру із зразком (поглиблення у вкладиші має бути таким, щоб

поверхня зразка, що нагрівається, знаходилася на відстані 60 мм, від електронагрівальної панелі).

Над тримачем зразка встановлений газовий пальник, що є трубкою з нержавіючої сталі внутрішнім діаметром 1,5-2,0 мм.

В камері згоряння є верхні і нижні отвори перерізом (30×160) мм, що сполучають її з камерою вимірювань.

7.19.1.2 Камера вимірювань розмірами (800×800×800) мм, виготовлена з нержавіючої сталі, має у верхній стінці отвори для клапана продування, джерела світла і запобіжної мембрани. На бічній стінці камери встановлений вентилятор з частотою обертання 5 с^{-1} . На передній стінці камери є герметичні дверцята. У днищі камери мають бути отвори для приймача світла і клапана продування.

7.19.1.3 Фотометрична система, що складається з джерела і приймача світла. Джерело світла (гелій-неоновий лазер потужністю 2–5 мВт) кріплять на верхній стінці камери вимірювань, приймач світла (фотодіод) розташований на днищі камери. Між джерелом світла і камерою вимірювань встановлюють захисне скло.

Фотометрична система повинна забезпечувати вимір світлового потоку в робочому діапазоні світлопроникності від 10 % до 90 % з похибкою не більше ніж $\pm 10\%$.

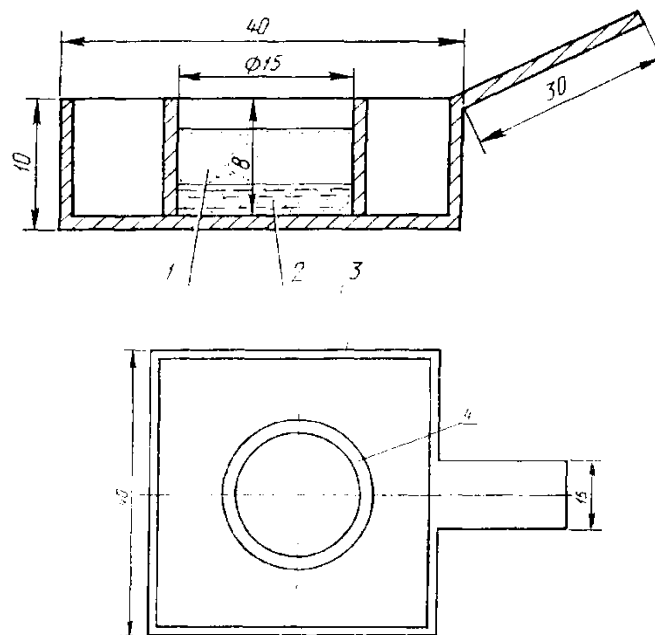
7.19.2 Підготовка зразків

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

7.19.2.2 Підготовлені зразки перед випробуваннями витримують при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менше 48 год, потім зважують з похибкою не

більше 0,01 г. Зразки повинні характеризувати середні властивості досліджуваного матеріалу.

7.19.2.3 Перевірку режимів роботи установки проводять за допомогою стандартного зразка (рис. 14), що включає в себе контейнер з листової нержавіючої сталі товщиною 1 мм, в центрі якої закріплена циліндрична ємність внутрішнім діаметром 15 мм, висотою 8 мм і товщиною стінки 2 мм. Ємність наповнена сумішшю дибутилфталата і дисперсного кварцового піску (розмеленого кварцового скла). За допомогою дозуючого пристрою (наприклад, медичного шприца) в чисту суху циліндричну ємність контейнера наливають певну кількість дибутилфталата, а потім туди ж насипають $(1,0 \pm 0,1)$ г кварцового піску. Кількість дибутилфталата для режиму тління $(0,10 \pm 0,01)$ г, для режиму горіння – $(0,20 \pm 0,01)$ г.



1 – пісок; 2 – рідина; 3 – контейнер; 4 – циліндрична ємність

Рисунок 14 – Загальний вигляд контейнера

Значення коефіцієнта димоутворення (D_m) повинно 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 випробувань

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

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

7.19.3.3 Включають джерело і приймач світла. Встановлюють початкове значення світлопроникності, що приймається за 100 %.

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

7.19.3.5 Випробування припиняють досягнувши мінімального значення світлопроникності. При цьому, тривалість випробування першого зразка повинна складати не менше ніж 10 хв. Тривалість випробувань інших зразків приймається за результатом випробувань першого зразка.

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

При випробуваннях в режимі тління зразки не повинні займатися. У разі самозаймання зразка подальші випробування проводять при зменшеному на $5 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ значенні щільності теплового потоку. Щільність теплового потоку знижують з інтервалом $5 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ до тих пір, поки не припиниться самозаймання зразка під час випробування.

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

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

Примітка. У разі, коли не досягається початкове значення світлопроникності, протирають фотометричну систему.

7.19.3.7 У кожному режимі випробовують по п'ять зразків.

7.19.4 Оцінка 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 вимірювань, м^3 ;

L – довжина шляху променя світла в задимленому середовищі, м;

m – маса зразка, кг;

T_0, T_{\min} – відповідно значення початкової і кінцевої світлопроникності, %.

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

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

7.19.4.3 Збіжність і відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищують 15 %.

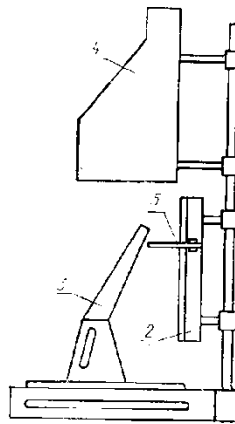
7.19.4.4 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.20 Метод експериментального визначення індексу поширення полум'я

7.20.1 Обладнання для випробування

Установка для визначення індексу поширення полум'я (рис. 15) включає наступні елементи.

7.20.1.1 Електронагрівальна панель, що складається з керамічної плити, в пази якої укладені спіралі з ніхромового дроту. Параметри спіралей (діаметр, крок намотування, електричний опір) мають бути такими, щоб при рівномірному розподілі спіралей по поверхні керамічної плити сумарна споживча потужність не перевищувала 8 кВт. Керамічна плита закріплена в теплоелектроізолюваному корпусі, що має отвори для кріплення до стійки установки і колодку підключення електричного живлення. Для збільшення потужності інфрачервоного випромінювання і зменшення впливу потоків повітря перед керамічною плитою, встановлена сітка з жароміцної сталі.



1 – стійка; 2 – електронагрівальна панель; 3 – рамка тримача зразка;
4 – витяжний зонт; 5 – пальник

Рисунок 15 – Загальний вигляд установки

7.20.1.2 Тримач зразка, що складається з підставки і рамки. Рамку закріплюють на підставці так, щоб площа зразка матеріалу, встановленого в ній, була нахилена під кутом 30° від вертикалі у 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 ділення через кожні (30 ± 1) мм, пронумеровані від нуля до дев'яти.

7.20.1.3 Витяжний зонт розмірами $(360 \times 360 \times 700)$ мм, встановлений над тримачем зразка, служить для збору і видалення продуктів горіння.

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

7.20.1.5 Пальник встановлений перед електронагрівальною панеллю так, щоб відстань від трубки пальника, що знаходиться навпроти середини нульової ділянки, до поверхні випробувального зразка складала (8 ± 1) мм, а осі п'яти отворів були орієнтовані по нормалі до поверхні зразка. Для стабілізації полум'я пальник оснащують одношаровим чохлом з металевої 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 1 с.

7.20.1.8 Під час випробувань матеріалів і тарування установки слід включати примусову вентиляцію приміщення, при цьому швидкість повітряного потоку має бути не більшою ніж $0,35 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

7.20.2 Підготовка до випробувань

7.20.2.1 Для випробувань готують 5 зразків досліджуваного матеріалу довжиною (320 ± 2) мм, шириною (140 ± 2) мм, фактичною товщиною, але не більше 20 мм. Оздоблювальні і облицювальні матеріали, а також лакофарбові і плівкові покриття випробують нанесеними на ту ж основу, яка прийнята в реальній конструкції.

Матеріали товщиною менше 10 мм випробують з підкладкою з азбоцементної плити розмірами $(320 \times 140 \times 10)$ мм.

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

7.20.2.2 Підготовлені зразки перед випробуваннями витримують при температурі (20 ± 2) °С не менше 48 год. Вони повинні характеризувати середні властивості досліджуваного матеріалу.

7.20.2.3 Регулюють витрату газу через газовий пальник так, щоб висота полум'я складала (11 ± 2) мм. Після чого пальник вимикають і переводять в положення "контроль".

7.20.2.4 Встановлюють перед електронагрівальною панеллю в робоче положення тримач зразка із закріпленою азбоцементною плитою, в першому контрольному отворі якої знаходиться датчик теплового потоку.

7.20.2.5 Вмикають електронагрівальну панель, забезпечуючи щільність теплового потоку в стаціонарному режимі для першої контрольної точки (32 ± 3) кВт·м⁻². Щільність теплового потоку контролюють датчиком теплового потоку з похибкою не більше ніж ± 8 %.

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

7.20.2.6 Перестановкою датчика теплового потоку в наступні контрольні отвори азбоцементної плити реєструють профіль теплового потоку, що падає, уздовж поверхні зразка. У другій і третій точках він має бути рівний відповідно (20 ± 3) кВт·м⁻² і $(12,0 \pm 1,5)$ кВт·м⁻².

7.20.2.7 Після закінчення вимірювань рівнів теплових потоків датчик знімають і приступають до визначення теплового коефіцієнта установки (β), що характеризує кількість теплоти, яке підводиться до поверхні зразка в одиницю часу і необхідного для підвищення температури газоподібних продуктів горіння на 1 °С. Для цього перед азбоцементною плитою

встановлюють щілинний калібрувальний газовий пальник. Переводять в робоче положення і включають основний газовий пальник, реєструючи через 15 хв температуру горіння (t_0) у витяжному зонті. Потім запалюють щілинний калібрувальний пальник, регулюючи подання газу з витратою $(0,030 \pm 0,001)$ л·с⁻¹. Через 10 хв горіння реєструють температуру (t_1) у витяжному зонті.

Тепловий коефіцієнт установки (β) обчислюють за формулою:

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

де q – питома теплота згорання газу, кДж·л⁻¹;

Q – витрата газу щілинного калібрувального пальника, л·с⁻¹.

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

7.20.3 Проведення випробувань

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

7.20.3.2 Підготовлений до випробувань зразок матеріалу встановлюють в тримач і на поверхню зразка наносять риски 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 за час не більше 30 с.

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

час від початку випробування до моменту проходження фронтом полум'я нульової відмітки $\tau_0, \text{с}$;

час проходження фронтом полум'я i -ї ділянки поверхні зразка ($i = 1, 2, \dots, 9$) $\tau_i, \text{с}$;

відстань l , на яке поширився фронт полум'я, мм;

максимальну температуру газоподібних продуктів горіння $t_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$;

час від початку випробування до досягнення максимальної температури $\tau_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$.

7.20.4 Оцінка результатів

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

$$I = \left[\frac{0,0115\beta}{\tau_0} (t_{\text{max}} - t_0)(\tau_{\text{max}} - \tau_0) \left(1 + 0,21 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau_i} \right) \right]^{0,5} \quad (30)$$

де 0,0115 – розмірний коефіцієнт, Вт^{-1} ;

0,2 – розмірний коефіцієнт, $\text{с} \cdot \text{мм}^{-1}$.

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

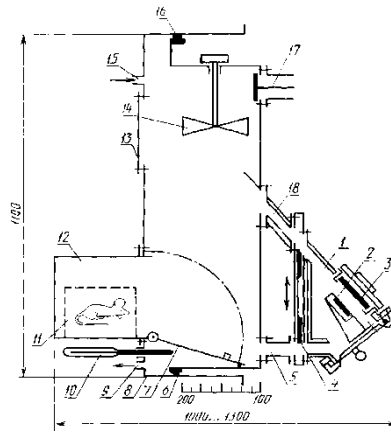
7.20.4.2 Збіжність і відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує 25 %.

7.20.4.3 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого приведена 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 (рис. 16) включає наступні елементи.



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

Рисунок 16 – Загальний вигляд установки

7.21.1.1 Камера згоряння місткістю $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, сполучена з експозиційною камерою перехідними рукавами, виконана з листової нержавіючої сталі товщиною $(2,0 \pm 0,1) \text{ мм}$. Внутрішня поверхня камери згоряння ізолювана азбоцементними плитами товщиною 20 мм. В камері встановлений екранований електронагрівальний випромінювач розмірами $(120 \times 120) \text{ мм}$ і тримач зразка розмірами $(120 \times 120 \times 25) \text{ мм}$. Випромінювач є нагрівальною спіраллю, розміщеною в трубках з кварцового скло і розташований перед сталевим полірованим відбивачем з водяним охолодженням. Він закріплений на верхній стінці камери під кутом 45° до горизонталі. Спіраль випромінювача опором $(22,0 \pm 0,1) \text{ Ом}$ виготовлена з ніхромового дроту діаметром $(0,9 \pm 0,1) \text{ мм}$. Електроживлення випромінювача регулюють за допомогою трансформатора і контролюють за показанням вольтметра з похибкою не більше $\pm 0,5 \text{ В}$.

Тримач зразка виконаний у вигляді металевої рамки, в якій закріплений азбоцементний піддон. Піддон має поглиблення для розміщення вкладиша із зразком матеріалу. Поверхня зразка, що

нагрівається, і поверхня електронагрівального випромінювача паралельні, відстань між ними дорівнює 60 мм.

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

На виході з камери згорання розміщені заслінки верхнього і нижнього перехідних рукавів. Довжина верхнього рукава 250 мм, нижнього – 180 мм, прохідні перерізи рукавів відповідно (160×40) мм і (160×30) мм. Внутрішня поверхня верхнього перехідного рукава також облицьована азбоцементними плитами.

7.21.1.2 Експозиційна камера, що складається із стаціонарної і рухомої секцій. По периметру стаціонарної секції є паз для надувної гумової прокладки з робочим тиском не менше 6 МПа. У верхній частині камери знаходиться вентилятор перемішування діаметром 150 мм з частотою обертання 5 с^{-1} . На бічній стінці встановлений клапан продування. На торцевій стінці рухливої секції закріплені запобіжна мембрана, передкамера, штуцери для підключення газоаналізаторів, термометр для вимірювання температури в нижній частині камери. Переміщення рухливої секції дозволяє змінювати об'єм експозиційної камери від $0,1 \text{ м}^3$ до $0,2 \text{ м}^3$.

7.21.1.3 Передкамера об'ємом $0,015 \text{ м}^3$, обладнана зовнішньою і внутрішньою дверцями і оглядовим вікном.

7.21.1.4 Датчик 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 вимірювань від 0 до 1 % та допустимою похибкою $\pm 2 \%$, для диоксиду вуглецю з діапазоном вимірювань від 0 до 5 % та допустимою похибкою $\pm 2 \%$, для кисню з діапазоном вимірювань від 0 до 21 % та допустимою похибкою $\pm 2 \%$.

7.21.1.6 Термометр лабораторний будь-якого типу з діапазоном вимірювань від 0 до 100 °С і похибкою не більше ніж ± 1 °С.

7.21.2 Підготовка до випробувань

7.21.2.1 Установа перед кожним випробуванням повинна бути очищена від залишків матеріалу, сажі, продуктів горіння і провентильована.

7.21.2.2 При наладці установки слід визначити параметри напруги на спіралі електронагрівального випромінювача, при яких забезпечуються задані рівні щільності теплового потоку. Для виміру величини теплового потоку, що падає, датчик теплового потоку закріплюють на центральній ділянці тримача зразка. Виміри проводять при герметизованій експозиційній камері і відкритих заслінках перехідних рукавів. За результатами вимірювань будують графік залежності щільності теплового потоку (Q), що падає, від напруги на спіралі електронагрівного 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 14.

Таблиця 14

Q , кВт·м ⁻²	10,0	13,5	18,0	23,0	28,0	32,5	38,0	44,0	52,5	65,0
$t_{\text{випроб}}$, °С	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750

7.21.2.4 Установку слід вважати готовою до випробувань матеріалів, якщо при контрольній перевірці:

значення щільності теплового потоку, що падає, відповідають встановленим значенням напруги на спіралі електронагрівного випромінювача;

вихід СО в умовах термоокислювального розкладання порошкової целюлози (фракція 0,25–0,75) масою 2,5 г при температурі випробування 450 °С (щільність теплового потоку 23 кВт·м⁻², що падає) складає (200±4) мг·г⁻¹;

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

7.21.2.5 Для випробувань готують не менше 20 зразків розмірами (40×40) мм фактичної товщини, але не більше 10 мм. Зразки кондиціонують в лабораторних умовах не менше 48 год, потім зважують з похибкою не більше ± 0,1 г. Вони повинні характеризувати середні властивості досліджуваного матеріалу. Не допускається зміна агрегатного стану зразків матеріалу, їх дроблення, пресування, а також розшарування, розділення на складові частини композитної структури матеріалу. Оцінка токсичності продуктів горіння клеїв, фарб, емалей проводиться у складі відповідної конструкції або на спеціальних металевих пластинах (фарбується одна поверхня).

7.21.2.6 Заздалегідь зразки кожного матеріалу піддають впливу теплових потоків різної щільності, що забезпечують в кожному подальшому 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, при якій спостерігається самозаймання зразка (приблизно 450 °С).

7.21.2.7 Активне полум'яне горіння матеріалу проводять при температурі 750 °С (щільність падаючого теплового потоку 65 кВт·м⁻²).

7.21.3 Проведення випробувань

7.21.3.1 Встановлюють кількість основних токсичних продуктів горіння в кожному з вказаних режимів. Для оцінки токсикологічної значущості основних токсичних компонентів розраховують сумарний показник FLD згідно ДСТУ ISO 13344, який характеризується як сума

співвідношень концентрацій токсичних компонентів до їх середньосмертельної концентрації:

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

де C_i – концентрація i -го компоненту;

n – кількість основних токсичних компонентів;

C_{L50} – середньосмертельна концентрація i -го компоненту.

Одержаний результат обчислення FLD дозволяє визначити орієнтовну наважку матеріалу для проведення основних випробувань.

7.21.3.1 Матеріали випробовують в одному з двох режимів – термоокислювального розкладання або полуменевого горіння, а саме в режимі, сприяючому виділенню більш токсичних сумішей летких речовин. Критерієм вибору температурного режиму для основних випробувань служить мінімальне значення HCL_{50} відповідного температурного режиму випробування.

7.21.3.2 При проведенні основних випробувань у встановленому режимі знаходять ряд 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 при постійних розмірах зразків матеріалів.

7.21.3.3 Затравку тварин проводять у статичному режимі. У кожному досліді використовують не менше 8 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 16 % об.

Примітка. В окремих випадках на вимогу замовника час експозиції може бути змінений в межах 5-60 хв.

7.21.3.4 Передбачають наступний порядок проведення випробування. Нагнітають повітря в надувну прокладку до тиску 0,6 МПа, перевіряють заземлення установки, справність приладів і устаткування, ефективність вентиляції. Подають воду для охолодження випромінювача, після чого включають його на відповідну напругу. Заслінки перехідних рукавів, клапан продування, дверці камери згоряння знаходяться в положенні "закрито".

Зважений зразок матеріалу поміщають, а при необхідності закріплюють у вкладиші, що має кімнатну температуру. Клітку з тваринами встановлюють в передкамері, зовнішні дверці якої закривають.

З моменту виходу електронагрівного випромінювача на стабілізований режим (через 3 хв після включення) відкривають заслінки перехідних рукавів і дверці камери згоряння. Вкладиш із зразком без затримки поміщають в тримач зразка, після чого дверці камери згоряння швидко закривають. Відмічають час початку експозиції тварин в токсичному середовищі.

Після досягнення максимальних значень концентрації СО і СО₂ в експозиційній камері заслінки перехідних рукавів закривають. Знімають напругу з нагрівального елемента випромінювача. Включають на 2 хв вентилятор перемішування. Через спеціальні патрубки відбирають проби повітря для хіміко-аналітичних досліджень. Перелік компонентів, що визначаються, встановлюють в попередніх випробуваннях.

Після закінчення часу експозиції тварин, відкривають клапан продування, заслінки перехідних рукавів і зовнішні дверці передкамери. Установку вентилюють не менше 10 хв. Реєструють число загиблих та живих тварин. При визначенні токсичного ефекту враховують загибель тварин, що наступила під час експозиції, а також протягом подальших 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 CO₂ але не пізніше ніж через 15 хв після розкладання зразка.

7.21.3.5 Визначають масу сухого залишку дослідного зразку та втрату маси зразку, (%).

7.21.3.6 Залежно від складу матеріалу при аналізі продуктів горіння визначають кількісний вихід оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, ціаністого водню, оксидів азоту, альдегідів та інших речовин. Для оцінки вкладу оксиду вуглецю в токсичний ефект, вимірюють вміст карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин. При вмісті карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин $\geq 60\%$ вважають, що токсичний ефект продуктів горіння обумовлений, в основному, дією оксиду вуглецю. Якщо цей показник $< 60\%$, вважають, що вклад до смертельного ефекту вносять також інші компоненти.

7.21.3.7 Якщо маса зразка прийнятих розмірів (40×40) мм не дозволяє отримати ефекти менше або більше рівня летальності 50 %, допускається зменшити розміри зразка або збільшити їх до (80×80) мм і товщини до 20 мм.

7.21.4 Оцінка результатів

7.21.4.1 Отриманий ряд значень залежності летальності від відносної маси матеріалу використовують для розрахунку показника токсичності $H_{CL_{50}}$ в г·м⁻³. Розрахунок проводять за допомогою пробіт-аналізу (приклад розрахунку наведено у додатку В.2).

7.21.4.2 Якщо значення $H_{CL_{50}}$, отримане в результаті випробування матеріалу, близько до граничного значення двох класів, то при визначенні міри небезпеки матеріалу беруть до уваги режим випробування, час розкладання зразка, дані про склад продуктів горіння, зведення про токсичність виявлених з'єднань.

7.21.4.4 При вмісті карбоксигемоглобіну в крові піддослідних тварин 60 % і більше вважають, що токсичний ефект продуктів горіння обумовлюється в основному дією оксиду вуглецю.

7.21.4.5 Збіжність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує по виходу СО (мг·г⁻¹) 15 %.

7.21.4.6 Відтворюваність методу при довірчій вірогідності 95 % не перевищує по виходу СО (мг·г⁻¹) 25%.

7.21.4.7 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого приведена в додатку А.

7.22 Метод експериментального визначення групи займистості

Експериментальне визначення групи займистості проводять за 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 за ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97).

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

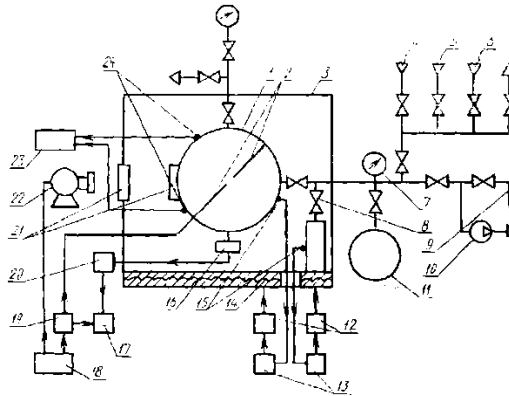
Експериментальне визначення мінімальної флегматизуючої концентрації флегматизатора і мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню в газо- і пароповітряних сумішах проводять за ДСТУ EN 1839.

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

Схема установки для визначення нормальної швидкості поширення полум'я наведена на рис. 17.



- 1 – реакційний посуд; 2 – електроди запалення; 3 – термостат; 4 – лінія подачі пального; 5 – лінія подачі окислювача; 6 – лінія подачі флегматизатора;
 7 – вимірювач тиску; 8 – клапани; 9 – ртутний манометр; 10 – вакуумний насос;
 11 – газовий змішувач; 12 – підсилювачі тиристорні; 13 – регулятори температури;
 14 – електронагрівачі; 15, 24 – термопари; 16 – датчик тиску;
 17 – регістратор динамічного тиску; 18 – пульт управління; 19 – запальний пристрій;
 20 – підсилювач; 21 – оглядові вікна; 22 – швидкісна відеокамера;
 23 – вимірювач температури

Рисунок 17 – Загальний вигляд установки

7.25.1.2 Реакційна сферична посудина місткістю 10 дм³, що має оглядове вікно для реєстрації процесу поширення полум'я. Реакційна посудина забезпечена датчиком тиску і з'єднаний через клапани з манометром, вакуумним насосом, системою подачі та скидання газів і парів. У центрі сферичної порожнини посудини сформований розрядний проміжок. Для підвищення точності реєстрації тиску на початковій стадії розвитку процесу рекомендується використовувати другий датчик тиску.

Примітка. Допускається застосовувати сферичні реакційні посудини місткістю від 3 дм³ до 25 дм³.

7.25.1.3 Змішувач газовий для приготування гомогенної газопарової суміші при підвищеному тиску дозволяє проводити поспіль кілька експериментів в реакційній посудині з сумішшю заданої концентрації.

7.25.1.4 Датчик тиску повинен 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. При необхідності систему вимірювання тиску тарують подачею 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 0,1 Дж і тривалістю не більше 3 мс. Відстань між конусоподібними кінцями електродів не більше 2,5 мм. Діаметр електродів не більше 3 мм.

7.25.1.6 Термошафа, яка забезпечує нагрів реакційної посудини, випарника і зв'язуючу їх пневмолінією до необхідної температури.

7.25.1.7 Реєстратор динамічного тиску повинен забезпечувати безперервний або дискретний запис зміни в часі тиску всередині судини в процесі горіння. За початок відліку часу приймають 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 $\pm 0,133$ кПа при тиску до 100 кПа, і не більше $\pm 0,25\%$ – притиску понад 100 кПа.

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

7.25.1.10 Клапани та пневмолінії, що витримують тиск вибуху і забезпечують можливість вакуумування сосуда.

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 випробувань

7.25.1.2.1 Реакційну посудину перевіряють на герметичність. Герметичність сосууду повинна бути такою, щоб при залишковому тиску не більше 1 кПа зміна тиску протягом 10 хв не перевищила 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 подають в нього компоненти суміші по парціальному тиску або газову суміш з змішувача, де вона попередньо піддається конвективному перемішуванню.

7.25.1.2.3 При необхідності посудину і випарник нагрівають до температури випробувань, для цього використовують термошафу і пристрої автоматичного регулювання температури. Допускається нагрівати вихідну суміш до температури, що не перевищує 55 % від температури самозаймання.

У реакційному сосууді створюють необхідний для випробувань тиск горючої суміші.

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

7.25.1.2.5 Випробування при заданих значеннях початкового тиску, температури і концентрації суміші повторюють не менше трьох разів.

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

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

7.25.1.2.7 З метою визначення максимального значення нормальної швидкості поширення полум'я для досліджуваної речовини при заданих

значеннях 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 Оцінка результатів

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

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

в якому

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

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

де $\pi = p / p^i$ – відносний тиск;

p – поточний розрахунковий тиск в посудині, кПа;

p_i – початковий тиск в посудині, кПа;

t – час, с;

a – радіус реакційної посудини, м;

γ_u, γ_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 при початковому тиску p_i , кПа;

s_u – поточне значення нормальної швидкості поширення полум'я, м·с⁻¹.

Радіус полум'я (r_b) розраховують за формулою:

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

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

Залежність нормальної швидкості від тиску і температури суміші приймають у вигляді:

$$s_u = s_{ui} (p / p_i)^n (T_u / T_i)^m \quad (36)$$

де s_{ui} – початкова швидкість поширення полум'я (при початкових тиску і температурі), м·с⁻¹;

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 зміна нормальної швидкості з ростом відносного тиску описується виразом

$$s_u = s_{ui} \pi^\varepsilon \quad (37)$$

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

Вхідні в розрахункові формули параметри $\gamma_u, \gamma_b, \pi_e$ визначають термодинамічним розрахунком. При відсутності розрахункових значень γ_b і π_e обчислення можуть проводитися в наближенні $\gamma_b = \gamma_u$, а значення π_e може бути взято з експериментальних даних.

Розрахункова залежність $\pi(t)$ визначається двома невідомими параметрами – s_{ui} і ε .

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

$$1,1p_i \leq p_k(t_k) \leq 0,9p_{\Pi} \quad (38)$$

де p_{Π} – тиск, відповідний точці перегину кривої зміни тиску вибуху від часу, кПа.

Примітка. Для оцінки відповідності енергії іскри умовам випробування використовують експериментальну точку $p_i(0)$, що відповідає моменту спрацьовування запального пристрою. При цьому вважають, що енергія іскри відповідає умовам випробування, якщо розрахункова залежність зміни тиску, отримана в результаті оптимізації, збігається з експериментальною, включаючи точку $p_i(0)$.

7.25.1.3.3 Оптимізують розрахункову залежність зміни тиску всередині судини по експериментальній, шляхом мінімізації 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 $\bar{\Theta} = \begin{pmatrix} s_{ui} \\ \varepsilon \end{pmatrix}$ – вектор-стовпець невідомих параметрів;

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

$\pi^p(t_k, \bar{\Theta})$ – розрахунковий відносний тиск в момент часу t_k , що отримують чисельним інтегруванням рівняння (32);

N – кількість точок експерименту, за якими проводять оптимізацію.

7.25.1.3.4 Метод нелінійних оцінок

В даному методі мінімізацію функціоналу (39) здійснюють ітеративно, при цьому:

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

де L – номер ітерації. Значення поправки визначають при кожній 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{X} ;

$\bar{Z} = \|\pi_k^3 - \pi^p(t_k, \bar{\Theta}_L)\|$ – 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:

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

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

В 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 обчислюється за формулою:

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

в якій N – кількість експериментальних точок, використуваних при 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 по формулі (40), в якій $\Delta\bar{\Theta}_L$ визначають за формулою:

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

де λ_L – довжина кроку пошуку, яка визначається одновимірним пошуком в напрямку мінус $H_L(\bar{\Theta}_L) g_L(\bar{\Theta}_L)$;

H_L – симетрична матриця, яка обчислюється за рівнянням:

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

прагне в кінці ітераційного процесу до зворотної матриці частинних похідних другого порядку $B(\bar{\Theta}) = \left\| \frac{\partial^2 \Phi(\bar{\Theta})}{\partial \Theta_i \partial \Theta_j} \right\|$ в 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 $\frac{\partial \Phi(\bar{\Theta})}{\partial \Theta_i} = \sum_{k=1}^N 2[\pi_k^p(t_k) - \pi^p(t_k, \bar{\Theta})] \frac{\partial \pi^p(t_k, \bar{\Theta})}{\partial \Theta_i}$, а $\frac{\partial \pi^p(t_k, \bar{\Theta})}{\partial \Theta_i}$

знаходиться аналогічно елементам матриці методу нелінійних оцінок.

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

В 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 визначаються в процесі оптимізації параметрів, обчислюють при заданій довірчій ймовірності α відповідно до умови:

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

з формули

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

де $m = 1, 2$ (індекс 1 відповідає параметру s_{ui} , індекс 2 – параметру ε);

b_{mm} – m -й діагональний елемент інформаційної матриці Фішера;

$F_\alpha(K, N - K)$ – табуліровані значення критерію Фішера.

Для експерименту с порядковим номером l получают:

$$\bar{\Theta}^l = \hat{\Theta}^l \pm \Delta \bar{\Theta}^l \quad (49)$$

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

$\hat{\Theta}^l$ – середнє значення для l -го 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, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

g – прискорення сили тяжіння, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$;

d – діаметр судини, м.

7.25.1.3.6 Обробляють відповідно до п. 7.25.1.3.3 серію експериментальних залежностей зміни тиску, які отримані при одних і тих же умовах. Оцінюють експериментальне (σ_s) і розрахункове (σ_p) середньоквадратичне відхилення і отримують для конкретних умов експерименту шукане значення невідомих параметрів ($\bar{\Theta}^\circ$) по серії експериментів:

$$\bar{\Theta}^\circ = \langle \hat{\bar{\Theta}} \rangle \pm (\sigma_s + \sigma_p) \quad (51)$$

де $\langle \hat{\bar{\Theta}} \rangle$ – середнє значення по серії L експериментів, що визначається за формулою:

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

$$\sigma_s = \left[\sum_{l=1}^L (\langle \hat{\bar{\Theta}} \rangle - \bar{\Theta}^l)^2 / (L-1) \right]^{0.5} \quad (53)$$

$$\sigma_p = \left[\sum_{l=1}^L (\Delta \bar{\Theta}^l)^2 / (L-1) \right]^{0.5} \quad (54)$$

Контроль правильності використання даного методу здійснюють за умовою рівності нормальної швидкості поширення полум'я в стехіометричній ізопропаноло-повітряній суміші в стандартних умовах значення $(0,29 \pm 0,02) \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Збіжність методу при довірчій ймовірності 95 % не повинна перевищувати 10 %. Відтворюваність методу при довірчій ймовірності 95% не повинна перевищувати 20 %.

7.25.1.3.7 Для кожної серії випробувань, що відрізняється початковим тиском і / або температурою, визначають значення $\bar{\Theta}^\circ = \left\| \frac{s_{ui}^\circ}{\varepsilon^\circ} \right\|$

відповідно до пп. 7.25.1.3.2 – 7.25.1.3.6 і зміна 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) і (44), на графіку $s_u(p)$ будують серію ізотерм. Наприклад, першу ізотерму ($T_u = T_i$), за умови рівності початкової температури суміші у всіх серіях випробувань, будують по точках $s_{ui}^\circ(p_i)$, де різні початкові тиску p_i – задані, а s_{ui}° – визначені методом оптимізації. Для побудови таких ізотерм ($T_u = \text{const}$) за формулою (44) визначають відносний тиск π і тиск $p = \pi p_i$, при якому температура горючої суміші дорівнює обраному значенні T_u в серії випробувань з різними початковими тисками. Визначивши з формули (44) значення π , знаходять за формулою (26) відповідне значення нормальної швидкості s_u для кожної серії випробувань, тобто при однаковій температурі T_u і різних тисках p .

7.25.1.3.8 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.25.2 Метод початкової ділянки, застосовний для визначення одиночних значень нормальної швидкості поширення полум'я

7.25.2.1 Обладнання для випробування

Опис установки приведено в п. 7.25.1.1.

7.25.2.2 Проведення випробування

Випробування проводять згідно п. 7.25.1.2. Для реєстрації процесу поширення полум'я застосовують швидкісну відеокамеру. На відміну від вимоги п. 7.25.1.2.5 експериментальна залежність зміни тиску всередині судини в часі не підлягає обробці за п. 7.25.1.3.

7.25.2.3 Оцінка результатів

7.25.2.3.1 За відеограмою поширення полум'я на початковій ділянці (до $\frac{1}{3}$ радіуса судини), по куту 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 або розрахунковим шляхом за формулою:

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

або за експериментальними даними з співвідношення:

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

де T_{bi} , T_i і M_{bi} , M_i – відповідно температура і молекулярна маса продуктів горіння відразу після запалювання і початкової горючої суміші.

7.25.2.3.3 Нормальну швидкість поширення полум'я при початкових значеннях тиску і температури в посудині обчислюють за формулою:

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

7.25.2.3.4 Збіжність методу при довірчій ймовірності 95 % не повинна перевищувати 10 %.

7.25.2.3.5 Відтворюваність методу при довірчій ймовірності 95 % не повинна перевищувати 20 %.

7.26 Методи експериментального визначення максимального тиску вибуху і максимальної швидкості наростання тиску вибуху газо- і пароповітряної суміші

7.26.1 Обладнання для випробування

Опис установки приведено в п. 7.25.1.1.

7.26.2 Проведення випробувань

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

7.26.3 Оцінка результатів

7.26.3.1 За максимальний тиск вибуху досліджуваної газо- і пароповітряної суміші при відомих значеннях початкового тиску і температури приймають найбільший тиск вибуху, отриманий в процесі випробувань при різних концентраціях пального в суміші.

7.26.3.2 За максимальну швидкість наростання тиску приймають найбільше значення тангенса кута нахилу дотичної до експериментальної залежності "тиск-час", отримане в процесі випробувань при різних концентраціях пального в суміші.

7.26.3.3 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена 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 включає в себе наступні елементи.

7.27.1.1 Термостат місткістю робочої камери не менше 40 дм³ з терморегулятором, що дозволяє підтримувати постійну температуру від 60 °С до 250 °С з похибкою не більше ± 3 °С.

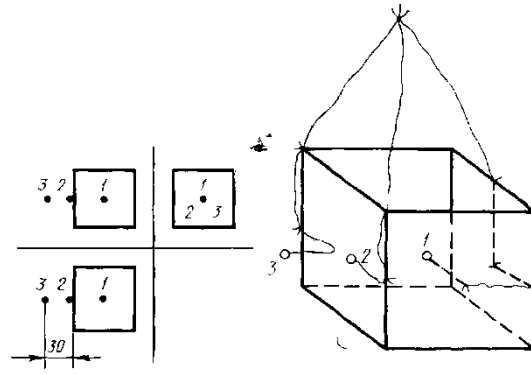
7.27.1.2 Корзинки з корозійностійкого металу кубічної або циліндричної форми висотою 35, 50, 70, 100, 140 і 200 мм (по 10 шт. кожного розміру) з кришками. Діаметр циліндричної корзинки має дорівнювати її висоті. Товщина стінки корзинки – $(1,0 \pm 0,1)$ мм.

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

7.27.2 Підготовка до випробування

7.27.2.1 Проводять тарувальне випробування з метою визначення поправки Δt_T до показників термопар 2 і 3. Для цього в термостат, нагрітий до заданої температури, поміщають корзинку з негорючою речовиною (наприклад, прожареним піском). Встановлюють термопари

(рис. 18) таким чином, щоб робочий спай однієї термопари контактував зі зразком і розташовувався в його центрі, другий – торкався з зовнішньою стороною корзинки, третій – перебував на відстані (30 ± 1) мм від стінки корзинки. Робочі спаї всіх трьох термопар повинні розташовуватися на одному горизонтальному рівні, відповідному середній лінії термостата.



1, 2, 3 – робочі спаї термопар

Рисунок 18 – Схема встановлення термопар

Корзинку з негорючою речовиною витримують в термостаті до встановлення стаціонарного режиму, при якому показання всіх термопар протягом 10 хв залишаються незмінними або коливаються з постійною амплітудою близько середніх температур t_1, t_2, t_3 . Поправку Δt_T обчислюють за формулою:

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

7.27.2.2 Зразки для випробування повинні характеризувати середні властивості досліджуваної речовини (матеріалу). При випробуванні листового матеріалу його набирають в стопку, відповідну внутрішнім розмірам корзинки. У зразках монолітних матеріалів попередньо просвердлюють до центру отвір діаметром $(7,0 \pm 0,5)$ мм для термопари.

7.27.3 Проведення випробувань

7.27.3.1 Заповнюють корзинку досліджуваним зразком. Встановлюють термопари відповідно до п. 7.27.2. Корзинку закривають

кришкою і поміщають її в центр термостата, нагрітого до заданої температури випробування (наприклад, 200 °С).

За температуру випробування приймають середнє арифметичне показань термодар 2 і 3 за розрахунком поправки Δt_T .

7.27.3.2 Зразок витримують в термостаті до самозаймання або (при відсутності самозаймання) протягом часу, зазначеного в табл. 15.

Таблиця 15

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

За самозаймання приймають підвищення температури зразка (за показаннями термодари 1 до (450 ± 50) °С.

7.27.3.3 Якщо при першому випробуванні самозаймання не відбулося протягом часу, зазначеного в табл. 15, то наступне випробування з новим зразком даного обсягу проводять при більшій температурі.

7.27.3.4 Якщо при першому випробуванні сталося самозаймання, то наступне випробування з новим зразком даного обсягу проводять при меншій температурі (наприклад, на 20 °С менше).

7.27.3.5 Випробування повторюють при різних температурах із зразками даного обсягу до досягнення мінімальної температури, при якій відбувається самозаймання, а при температурі на 10 °С меншу за мінімальну, самозаймання не відбувається. Середнє арифметичне значення цих температур приймають за температуру самозаймання зразка даного обсягу.

Аналогічні випробування проводять із зразками досліджуваної речовини в корзинках інших розмірів.

7.27.4 Оцінка результатів

7.27.4.1 На підставі отриманих результатів випробувань будують графіки залежності логарифма температури самозаймання від логарифма питомої поверхні і логарифма часу до самозаймання (рис. 19), які описуються рівняннями прямої лінії:

$$\lg t_c = A_p + n_p \lg S \quad (60)$$

$$\lg t_c = A_\tau - n_\tau \lg \tau \quad (61)$$

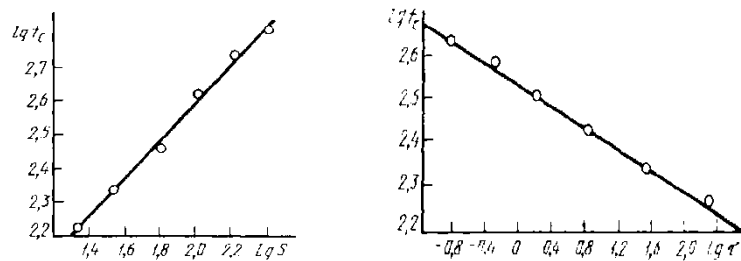


Рисунок 19 – Графіки залежності

де t_c – температура самозаймання, °С;

A_p, n_p, A_τ, n_τ – коефіцієнти, що визначаються за дослідними даними;

τ – тривалість випробування від моменту вирівнювання температур зразка досліджуваної речовини і термостата до моменту самозаймання, хв;

S – питома поверхня зразка, в м^{-1} , обчислюється за формулою:

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

де F – повна зовнішня поверхня зразка, м^2 ;

V – об'єм зразка, м^3 .

7.27.4.2 Умови і результати випробувань реєструють в протоколі, форма якого наведена в додатку А.

7.28 Метод експериментального визначення мінімальної енергії запалення пилоповітряних сумішів

Експериментальне визначення мінімальної енергії запалення пилоповітряних сумішів проводять за ДСТУ EN 13821.

ДОДАТОК А

(довідковий)

ФОРМИ ПРОТОКОЛІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

А.1 ЗАГАЛЬНІ ДАНІ, ЩО МАЄ МІСТИТИ ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

**Дата проведення
випробувань:** _____

Умови у приміщенні:
температура повітря _____ °С
атмосферний тиск _____ мм рт. ст.
відносна вологість повітря _____ %

Назва лабораторії

Місце проведення випробувань

Замовник випробувань

Об'єкт випробувань

Зразки для випробувань

Випробувальне обладнання та засоби вимірювальної техніки

Метод випробувань

Результати випробувань

Висновок

Примітки

Перелік осіб, що проводили випробування

А.2 РЕКОМЕНДОВАНІ ФОРМИ ТАБЛИЦЬ З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ ТА РОЗРАХУНКОВИМИ ДАНИМИ

Таблиця А 1 – Експериментальні та розрахункові 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 довжиною $S_L, \%$	Маса зразка до випробувань $m_1, \text{г}$	Маса зразка після випробувань $m_2, \text{г}$	Середнє арифметичне значення втрати маси $\Delta m_{cp}, \text{г}$	Ступінь пошкодження зразків за масою $S_m, \%$	Тривалість самостійного горіння зразків $\tau, \text{с}$
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 розрахункові дані визначення групи важкогорючих і горючих твердих речовин і матеріалів

№ зразка	Температура летких продуктів згорання, °С		Максимальний приріст температури летких продуктів згорання Δt , °С	Проміжок часу проведення випробувань τ , с	Маса зразка, г		Втрата маси зразка Δm , %
	початкова t_0	максимальна t_{max}			до випробування m_n	після випробування m_k	

Таблиця А.3 – Експериментальні та розрахункові дані визначення температури спалаху рідини в закритому тиглі

№ зразка для випробувань	Швидкість нагрівання зразка, °С·хв. ⁻¹	Температура випробування, °С	Результат випробування на спалах

Таблиця А.4 – Експериментальні та розрахункові дані визначення температури спалаху рідини в відкритому тиглі

№ зразка для випробувань	Швидкість нагрівання зразка, °С·хв. ⁻¹	Температура випробування, °С	Результат випробування на спалах

Таблиця А.5 – Експериментальні та розрахункові дані визначення температури займання рідини в відкритому тиглі

№ зразка для випробувань	Швидкість нагрівання зразка, °С·хв. ⁻¹	Температура випробування, °С	Результат випробування на займання

Таблиця А.6 – Експериментальні та розрахункові дані температури займання (самозаймання або тління) твердих речовин і матеріалів

№ зразка	Температура випробування, °С	Результат випробування

Таблиця А.7 – Експериментальні та розрахункові дані визначення температури самозаймання рідини

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

Таблиця А.8 – Експериментальні та розрахункові дані визначення температури самозаймання газу

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

Таблиця А.9 – Експериментальні та розрахункові дані визначення концентраційних меж поширення полум'я по газо- і пароповітряним сумішам

Номер випробування	Атмосферний тиск мм рт. ст.	Температура випробувань, °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 розрахункові дані визначення нижньої концентраційної межі поширення полум'я, максимального тиску вибуху, максимальної швидкості наростання тиску, мінімального вибухонебезпечного вмісту кисню і мінімальної флегматизуючої концентрації флегматизатора

Номер випробувань	Вміст кисню і газоповітряної суміші, % об.	Маса зразка, г	Концентрація речовини в реакційному посудині, г·м ⁻³	Тиск вибуху, кПа	Скорість наростання тиску, МПа·с ⁻¹

Таблиця А.11 – Експериментальні та розрахункові дані визначення температурних меж поширення полум'я по пароповітряним сумішам

Номер зразка для випробувань	Температура, °С		Потужність джерела запалювання, мДж	Результат випробування на займання
	Рідкої фази	Парової фази		

Таблиця А.12 – Експериментальні та розрахункові дані визначення умов теплового самозаймання твердих речовин і матеріалів

Номер зразка для випробувань	Розмір зразка (за розміром корзинки), мм	Питома поверхня зразка, м ⁻¹	Показання термопар			Температура випробування, °С	Час до самозаймання, хв	Тривалість випробування, хв
			1	2	3			

Таблиця А.13 – Експериментальні та розрахункові дані визначення мінімальної енергії запалювання пилоповітряних сумішей

Номер випробування	Напруга на вібраторі, В	Відстань між розпливачем і 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 ₁	U ₂				

Таблиця А.14 – Експериментальні та розрахункові дані визначення здатності вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами

Номер зразка для випробувань	Кількість досліджуваної речовини в зразку, г (см ³)	Температура випробування, °С	Тривалість випробування, хв	Результат випробування

Таблиця А.15 – Експериментальні та розрахункові дані визначення нормальної швидкості поширення полум'я, максимального тиску вибуху і максимальної швидкості наростання тиску вибуху газо- і пароповітряної суміші

Номер випробування в серії	Результати експерименту		Результати розрахунку		Середнє значення в серії випробувань	
	$p \cdot 10^5$, Па	t , мс	$S_{\text{нi}} \pm \Delta S_{\text{нi}}$	$\varepsilon \pm \Delta \varepsilon$	$S_{\text{нi}} \pm \Delta S_{\text{нi}}$	$\varepsilon \pm \Delta \varepsilon$

Таблиця А.16 – Експериментальні та розрахункові дані визначення швидкості вигорання рідин

Номер випробування	Діаметр пальника, мм	Показання реєструючого приладу, мм		Масова швидкість вигорання m_i , кг·м ⁻² ·с ⁻¹	Середнє значення швидкості вигорання \bar{m}_i , кг·м ⁻² ·с ⁻¹	Характер і режим горіння
		Δl	$\Delta \tau$			

Таблиця А.17 – Експериментальні та розрахункові дані визначення коефіцієнта димоутворення

Режим випробувань та густина теплового потоку	Номер зразка для випробувань	Маса зразка (m), г	Світлопропускання, %		Коефіцієнт димоутворення (D _m), м ² /кг
			початкове значення (T ₀)	кінцеве значення (T _{min})	
Полуменеве горіння, ___ кВт/м ²	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
Середнє значення (округлено до цілого числа)					
Тління, ___ кВт/м ²	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
Середнє значення (округлено до цілого числа)					

Таблиця А.18 – Експериментальні та розрахункові дані визначення індексу поширення полум'я

№ зразка	Температура димових газів, °С		Тривалість проходження фронтом полум'я нульової ділянки T ₀ , с	Тривалість проходження фронтом полум'я і-ї ділянки τ _i , с									Проміжок часу до досягнення максимальної температури димових газів τ _{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 розрахункові дані визначення токсичності продуктів горіння полімерних, синтетичних та інших матеріалів

Позначення температурного режиму випробування	450 °С	750 °С
Результат випробування	H _{CL50} , г/м ³	
	HbCO, %	

ДОДАТОК Б
(довідковий)

**РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ
ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ**

Б.1 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ РІДИН

Б.1.1 Методи розрахунку температури спалаху індивідуальних рідин в закритому тиглі

Б.1.1.1 Температуру спалаху рідин ($t_{сп}$) в °С мають наведені нижче види зв'язків (табл. Б.1), яку обчислюють за формулою:

$$t_{сп} = a_0 + a_1 t_{кип} + \sum_{j=2}^n a_j l_j \quad (Б.1)$$

де a_0 – розмірний коефіцієнт, що дорівнює мінус 73,14 °С;

a_1 – безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,659;

$t_{кип}$ – температура кипіння досліджуваної рідини, °С;

a_j – емпіричні коефіцієнти, наведені в табл. Б.1;

l_j – кількість зв'язків виду j в молекулі досліджуваної рідини.

Середня квадратична похибка розрахунку (δ) за формулою (Б.1) становить 13 °С.

Таблиця Б.1

Вид зв'язку	$a_j, ^\circ\text{C}$	Вид зв'язку	$a_j, ^\circ\text{C}$
C–C	–2,03	C–C1	15,11
C \equiv 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 нижчеперелічених класів речовин температуру спалаху в °C обчислюють за формулою:

$$t_{cn} = a + bt_{кин} \quad (\text{Б.2})$$

де a, b – емпіричні коефіцієнти, наведені в табл. Б.2 разом із середніми квадратичними похибками розрахунку (δ).

Таблиця Б.2

Клас речовин	Коефіцієнти		$\delta, ^\circ\text{C}$
	$a, ^\circ\text{C}$	b	
Алкани	-73,22	0,693	1,5
Спирти	-41,69	0,652	1,4
Алкіланіліни	-21,94	0,533	2,0
Карбонові кислоти	-43,57	0,708	2,2
Алкілфеноли	-38,42	0,623	1,4
Ароматичні вуглеводн	-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 °C обчислюють за формулою:

$$t_{cn} = \frac{A_B}{p_{cn} D_0 \beta} - 273 \quad (\text{Б.3})$$

де A_B – константа, рівна 280 кПа·см²·с⁻¹·К;

p_{cn} – парціальний тиск пара досліджуваної рідини при температурі спалаху, кПа;

D_0 – коефіцієнт дифузії пара в повітрі, см²·с⁻¹;

β – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння, що визначається за формулою:

$$\beta = m_C + m_S + 0,25(m_H - m_X) - 0,5m_O + 2,5m_P \quad (\text{Б.4})$$

де $m_C, m_S, m_H, m_X, m_O, m_P$ – кількість атомів відповідно вуглецю, сірки, водню, галоїда, кисню і фосфору в молекулі рідини.

Середня квадратична похибка розрахунку за формулою (Б.3) становить 13 °С.

Б.1.2 Методи розрахунку температури спалаху сумішей горючих рідин в закритому тиглі

Б.1.2.1 Температуру спалаху сумішей горючих рідин ($t_{сп.см}$) в °С обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=1}^k x_i \exp \left[\frac{\Delta H_{випіi}}{R(t_{спi} + 273)} - \frac{\Delta H_{випіi}}{R(t_{сп.см} + 273)} \right] = 1 \quad (\text{Б.5})$$

де x_i – молярна частка і-го компонента в рідкій фазі;

$\Delta H_{випіi}$ – молярна теплота випаровування і-го компонента, кДж·моль⁻¹;

$t_{спi}$ – температура спалаху і-го компонента, °С;

R – універсальна газова стала.

Значення $\Delta H_{випіi} / R$ може бути обчислено за інтерполяційною формулою:

$$\Delta H_{\text{випі}} / R = -2918,6 + 19,6(t_{\text{кипі}} + 273) \quad (\text{Б.6})$$

де $t_{\text{кипі}}$ – температура кипіння i -го компонента, °С.

Середня квадратична похибка розрахунку за формулою (Б.5) становить 9 °С.

Б.1.2.2 Якщо для компонентів суміші відома залежність тиску насиченої пари від температури, то температуру спалаху суміші обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=1}^k \left[x_i \cdot 10^{a_i} (1642 - \Theta_i) / (1642 - \Theta_{\text{смi}}) \right] = 1 \quad (\text{Б.7})$$

де $a_i = B_i (\Theta_{\text{смi}} - \Theta_i) / \Theta_{\text{смi}} \Theta_i$

$$\Theta_i = t_{\text{спi}} + C_{A_i}$$

$$\Theta_{\text{смi}} = t_{\text{сп.см}} + C_{A_i}$$

B_i, C_{A_i} – константи рівняння Антуана для i -го компонента.

Середня квадратична похибка розрахунку за формулою (Б.7) становить 11 °С.

Б.1.2.3 Температуру спалаху бінарних сумішей рідин, що належать одному гомологічному 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;

Δ – гомологічна різниця по температурі спалаху в розглянутому ряду, °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 . При $x \geq 0,5$ $x' = 2x - 1$; при $x < 0,5$ $x' = 0$.

Формула (Б.8) може бути застосована для гомологічних рядів *n*-спиртів і складних ефірів нормальної будови.

Середня квадратична похибка розрахунку становить 2 °С.

Б.1.3 Методи розрахунку 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 табл. Б.3.

Таблиця Б.3

Вид зв'язку	$a_j, ^\circ\text{C}$	Вид зв'язку	$a_j, ^\circ\text{C}$
C–C	3,63	C–S	14,86
C \equiv C	6,48	Si–H	–4,58
C=C	–4,18	–SiCl ₃	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 і a_1 при розрахунку температури спалаху у відкритому тиглі рівні відповідно мінус 73 °С і 0,409.

Середня квадратична похибка розрахунку 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 розрахунку становить 13 °С.

Б.2 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАЙМАННЯ РІДИН

Б.2.1 Температуру займання ($t_{\text{займ}}$) індивідуальних рідин в °С обчислюють за формулою (Б.1), де a_0 – розмірний коефіцієнт, що дорівнює мінус 47,78 °С; a_1 – безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,882; a_j – емпіричні коефіцієнти, наведені в табл. Б.4.

Таблиця Б.4

Вид зв'язку	$a_j, ^\circ\text{C}$	Вид зв'язку	$a_j, ^\circ\text{C}$
C–C	0,027	C=O	–0,826
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 розрахунку 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 кПа·см²·см^{–1}·К (для фосфорорганічних речовин $A_{\text{Б}} = 1333$ кПа·см²·см^{–1}·К);

$P_{\text{займ}}$ – парціальний тиск пару досліджуваної рідини при температурі займання, кПа;

β – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння, який вираховується за формулою (Б.4).

Середня квадратична похибка розрахунку 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 розрахунку становить $2 \text{ }^\circ\text{C}$ для спиртів і $4 \text{ }^\circ\text{C}$ – для складних ефірів.

Б.3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ КОНЦЕНТРАЦІЙНИХ МЕЖ ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я ПО ГАЗО- І ПАРОВОПІТРЯНИМ СУМІШАМ

Методи розрахунку застосовні для індивідуальних органічних речовин, що складаються з атомів С, Н, О, N, Cl (не більше одного атома хлору в молекулі) і їх сумішей. У випадках, обумовлених в пп. Б.3.2 і Б.3.3, до складу сумішей можуть входити водень, діоксид вуглецю, азот, водяна пара. Відносна середня квадратична похибка розрахункових значень концентраційних меж поширення полум'я не перевищує 20 %.

Б.3.1 Методи розрахунку концентраційних меж поширення полум'я індивідуальних речовин для початкової температури $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Б.3.1.1 Нижню межу (φ_{H}) в % об. обчислюють за формулами:

$$\varphi_{\text{H}} = 100 / (1 + h_f \Delta H_f^\circ + \sum_{j=1}^l h_j m_j + \sum_{r=1}^p h_r m_r) \quad (\text{Б.11})$$

або

$$\varphi_{\text{H}} = 100 / \sum_{s=1}^q h_s m_s \quad (\text{Б.12})$$

де h_f – емпіричний параметр теплоти утворення речовини, моль · кДж $^{-1}$;

ΔH_f° – стандартна теплота утворення речовини в газоподібному стані при $25 \text{ }^\circ\text{C}$, кДж · моль $^{-1}$;


h_j, h_r, h_s – коефіцієнти, що характеризують внесок j -х 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 -го елемента, r і s -х структурних груп в молекулі речовини;

l, p, q – кількість хімічних елементів і типів структурних груп в молекулі речовини.

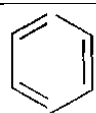
Значення коефіцієнтів h_f, h_j, h_r наведені в табл. Б.5.

Таблиця Б.5

h_j					h_r		$h_f,$ моль·кДж ⁻¹
h_C	h_H	h_O	h_N	h_{Cl}	$h_{C\equiv C}$		
9,134	2,612	-0,522	-0,494	-3,57	7,88	6,50	0,0246

Значення коефіцієнтів h_s наведені в табл. 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	C≡C	31,05
C–N(тривалентний)	2,27		44,13

Б.3.1.2 Верхню межу поширення полум'я (φ_b) в % об. обчислюють залежно від величини стехіометричного коефіцієнта кисню (β) за формулами:

$$\varphi_B = 100 / (\sum_{j=1}^l h_j m_j + \sum_{s=1}^q q_s) \quad \text{при } \beta \leq 8 \quad (\text{Б.13})$$

$$\varphi_B = 100 / (0,768\beta + 6,554) \quad \text{при } \beta > 8 \quad (\text{Б.14})$$

де h_j, q_s – коефіцієнти, що враховують хімічну будову речовини;

m_j – кількість зв'язків j -го елемента;

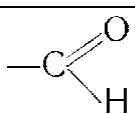
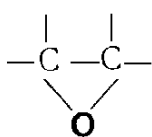
m_C, m_H, m_{Cl}, m_O – кількість атомів відповідно вуглецю, водню, хлору і кисню в молекулі речовини.

Значення коефіцієнтів h_j і q_s наведені в табл. Б.7 і Б.8.

Таблиця Б.7

Вид структурної групи	h_j	Вид структурної групи	h_j
C–C	–0,84	C=O	1,31
C \cdots C	0,89	C–N	–1,17
C=C	0,24	C \equiv N	2,07
C \equiv 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 розрахунку концентраційних меж поширення полум'я для сумішей горючих речовин при початковій температурі 25 °С.

Метод призначений для речовин, не вступаючих між собою в хімічну реакцію при початковій температурі. 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.

Нижній φ_H (верхній φ_B) межа поширення полум'я для суміші горючих речовин в% об. обчислюють за формулою:

$$\varphi_H, \varphi_B = \sum_{k=1}^n \varphi_k / \sum_{k=1}^n (\varphi_k / \varphi_{пк}) \quad (\text{Б.15})$$

де φ_k – концентрація k -го горючого компонента суміші, % об.;

$\varphi_{пк}$ – нижня або верхня межа для бінарної суміші k -го 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 розрахунку меж поширення полум'я для сумішей горючих речовин з негорючими, при випуску їх в повітря для початкової температури 25 °С.

Дані методи розрахунку застосовуються в тому випадку, якщо компоненти суміші не вступають між собою в хімічну реакцію при початковій температурі, 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 (φ_H) в % об. обчислюють за формулою:

$$\varphi_H = 100 / (1 + \nu_B) \quad (\text{Б.16})$$

де ν_B – кількість молей повітря, що припадає на 1 моль вихідної суміші, визначають за формулою:

$$\nu_B = \sum_{k=1}^n \varphi_k / \varphi_{hk} - 0,01 \left(\sum_{k=1}^n \varphi_k + \sum_{j=1}^m \varphi_j C_j \right) \quad (\text{Б.17})$$

де φ_{hk} – нижня межа поширення полум'я k -го горючого компонента, % об.;

φ_j – концентрація j -го негорючого компонента, % об.;

C_j – коефіцієнт j -го негорючого компонента;

m – кількість негорючих компонентів суміші.

Значення коефіцієнта C_j наведені в табл. 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 (φ_B) в % об. обчислюють за формулою:

$$\varphi_B = \left(\sum_{k=1}^n \varphi_k + \sum_{j=1}^m \varphi_j \right) / \left(\sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{Bk}} + \sum_{j=1}^m \frac{\varphi_j}{\varphi'_{Bj}} \right) \quad (\text{Б.18})$$

де φ_{Bk} – верхня межа поширення полум'я для бінарної суміші k -го горючого компонента з повітрям, % об.;

φ'_{vj} – верхня умовна межа поширення полум'я j -го негорючого компонента, яка вираховується для кожного негорючого компонента по формулі:

$$\varphi'_{vj} = \frac{\varphi_{\phi}}{(1 - \sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{BK}} / \sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{HK}})(1 - K_{\phi})} \quad (\text{Б.19})$$

де φ_{ϕ} – мінімальна флегматизуюча концентрація негорючого компонента, % об.;

K_{ϕ} – коефіцієнт флегматизації.

Мінімальну флегматизуючу концентрацію (φ_{ϕ}) 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 в газоподібному стані, моль·кДж⁻¹;

h'_{ϕ}, h''_{ϕ} – вільні члени;

h'_j, h''_j – коефіцієнти атомів і структурних груп горючих компонентів (їх значення наведені в табл. Б.10);

m_j – кількість атомів j -го виду в суміші горючих компонентів.

Таблиця Б.10

Коефіцієнти h'_j, h''_j	Значення коефіцієнта при розведенні суміші		
	азотом	водяною паром	діоксидом водню
h'_f	$0,865 \cdot 10^{-2}$	$0,802 \cdot 10^{-2}$	$0,736 \cdot 10^{-2}$

h'_{Φ}	1,256	0,780	0,584
h'_C	2,528	1,651	1,292
h'_H	0,759	0,527	0,427
h'_O	0,197	0,416	0,570
h'_N	-0,151	-0,147	-0,133
$h'_{C\equiv C}$	1,500	1,500	1,500
h''_{Φ}	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
$h''_{C\equiv C}$	0	0	0

Для суміші горючих компонентів величини ΔH_f° в кДж·моль⁻¹ і m_j обчислюють за формулами:

$$\Delta H_f^\circ = \left(\sum_{k=1}^n \Delta H_{fk}^\circ \varphi_k \right) / \sum_{k=1}^n \varphi_k \quad (\text{Б.21})$$

$$m_j = \left(\sum_{k=1}^n m_{jk} \varphi_k \right) / \sum_{k=1}^n \varphi_k \quad (\text{Б.22})$$

де ΔH_{fk}° – стандартна теплота утворення k -го горючого компонента в газоподібному стані, кДж·моль⁻¹;

m_{jk} – кількість j -х атомів в молекулі k -го горючого компонента.

Якщо серед горючих компонентів суміші відсутні молекулярний водень, монооксид вуглецю і оцтова кислота, то значення коефіцієнта

флегматизації K_{ϕ} беруть з табл. Б.11. В іншому випадку K_{ϕ} , обчислюють за формулою (Б.22) з використанням даних табл. Б.11.

$$K_{\phi} = \frac{\sum_{k=1}^n \varphi_k}{\sum_{k=1}^n \varphi_k \frac{\varphi_k}{K_{\phi_k}}} \quad (\text{Б.23})$$

де K_{ϕ_k} – коефіцієнт флегматизації k -го горючого компонента даним флегматизатором.

Таблиця Б.11

Флегматизатор	K_{ϕ} при 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 розрахунку меж поширення полум'я при підвищених температурах

При температурах (t) в діапазоні від 25 °С до 150 °С нижню ($\varphi_{нт}$) і верхню ($\varphi_{вт}$) межі поширення полум'я в % об. обчислюють за формулами:

$$\varphi_{нт} = \varphi_{нт25} \left(1 - \frac{t - 25}{1250}\right) \quad (\text{Б.24})$$

$$\varphi_{вт} = \varphi_{вт25} \left(1 + \frac{t - 25}{800}\right) \quad (\text{Б.25})$$

Б.4 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРНИХ МЕЖ ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я

Б.4.1 Розрахунок температурних меж поширення полум'я індивідуальних рідин

Б.4.1.1 Якщо відома залежність тиску насиченої пари від температури, то значення нижньої або верхньої температурної межі поширення полум'я (t_{Π}) в °С обчислюють за відповідним значенням концентраційної межі поширення полум'я (φ_{Π}) за формулою:

$$t_{\Pi} = \frac{B}{A - \lg(\varphi_{\Pi} p_0 \cdot 0,01)} - C_A \quad (\text{Б.26})$$

де A, B, C_A – константи рівняння Антуана;

p_0 – атмосферний тиск, кПа.

Значення φ_{Π} може бути розраховане за методами, наведеними в Б.3. Похибка розрахунку за формулою (Б.25) визначається похибкою розрахунку φ_{Π} .

Б.4.1.2 Якщо невідома залежність тиску насиченої пари від температури, то для речовин, що складаються з атомів С, Н, О, N, значення нижньої або верхньої температурної межі (t_{Π}) обчислюють за формулою:

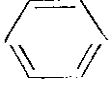
$$t_{\Pi} = a_0 + a_1 t_{\text{кип}} + \sum_{j=2}^n a_j l_j \quad (\text{Б.27})$$

де a_0 – розмірний коефіцієнт, що дорівнює мінус 62,46 °С для нижньої і мінус 41,43 °С для верхньої межі;

a_1 – безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,655 для нижньої і 0,723 для верхньої межі;

a_j – емпіричні коефіцієнти, що характеризують внесок j -х структурних груп, наведені в табл. Б.12.

Таблиця Б.12

Вид структурної групи	$a_j, ^\circ\text{C}$		Вид структурної групи	$a_j, ^\circ\text{C}$	
	t_{H}	t_{B}		t_{H}	t_{B}
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 розрахунку за формулою (Б.26) становить $9 ^\circ\text{C}$.

Б.4.1.3 Якщо невідома температура кипіння досліджуваної речовини при нормальному атмосферному тиску, то значення нижньої температурної межі поширення полум'я (t_{H}) обчислюють за формулою:

$$t_{\text{H}} = t_{\text{сп}} - C \quad (\text{Б.28})$$

де $t_{\text{сп}}$ – експериментальне значення температури спалаху, $^\circ\text{C}$;

C – константа, рівна $2 ^\circ\text{C}$, якщо для розрахунку використовують значення $t_{\text{сп}}$ в закритому тиглі, і рівна $8 ^\circ\text{C}$, якщо для розрахунку використовують значення $t_{\text{сп}}$ у відкритому тиглі.

Середня квадратична похибка розрахунку за формулою (Б.27) не перевищує $12 ^\circ\text{C}$.

Б.4.2 Розрахунок температурних меж поширення полум'я для сумішей рідин, що представляють собою розчини

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 $t_{п.см}$ в °С обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=1}^k \gamma_i x_i 10^{a_i} = 1 \quad (\text{Б.29})$$

де k – кількість компонентів суміші;

γ_i – коефіцієнт активності i -го компонента;

x_i – молярна частка i -го компонента в рідкій фазі;

$$a_i = \frac{B_i (\Theta_{см} - \Theta_i)}{\Theta_{см} \Theta_i}; \quad \Theta_{см} = t_{п.см} + C_{A_i}; \quad \Theta_i = t_{пi} + C_{A_i}$$

B_i, C_{A_i} – константи рівняння Антуана для i -го компонента;

$t_{пi}$ – температурна межа поширення полум'я i -го компонента, °С.

Середня квадратична похибка розрахунку становить 10 °С для нижньої температурної межі і 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 ($t_{п.см}$) в °С обчислюють за формулою:

$$\sum_{i=1}^k x_i \exp \left[\frac{\Delta H_{випi}}{R(t_{пi} + 273)} - \frac{\Delta H_{випi}}{R(t_{п.см} + 273)} \right] = 1 \quad (\text{Б.30})$$

де $\Delta H_{випi}$ – молярна теплота випаровування i -го компонента, кДж·моль⁻¹;

$t_{пi}$ – нижня температурна межа поширення полум'я i -го компонента, °С.

Значення $\Delta H_{випi} / R$ може бути визначене за інтерполяційною формулою (Б.5).

Середня квадратична похибка розрахунку за формулою (Б.29) становить 10 °С.

Б.4.3 Розрахунок 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 ($T_{н.см}$) в градусах Кельвіна за формулою:

$$\sum_{i=1}^k x_i \exp\left[\Delta H_{випіi} \left(\frac{1}{T_{ні}} - \frac{1}{T_{ні}}\right)\right] - \sum_{j=1}^n x_j \exp\left[\Delta H_{випіj} \left(\frac{1}{T_{ні}} - \frac{1}{T_{н.см}}\right)\right] = 1 \quad (Б.31)$$

де x_i, x_j – молярні долі i -го горючого і j -го негорючого компонентів в рідкій фазі;

$\Delta H_{випіi}, \Delta H_{випіj}$ – молярна теплота випаровування i -го горючого і j -го негорючого компонента, кДж·моль⁻¹;

$T_{ні}$ – нижня температурна межа поширення полум'я i -го горючого компонента, К;

$T_{ніj}$ – умовна нижня температурна межа поширення полум'я j -го негорючого компонента, яку розраховують за формулою:

$$T_{ніj} = \frac{B}{A - \lg[p_0 / (\gamma - 1)]} - C_A + 273 \quad (Б.32)$$

де A, B, C_A – константи рівняння Антуана для даного негорючого компонента;

p_0 – атмосферний тиск, кПа;

γ – параметр, що характеризує флегматизуючий або інгібіруючий вплив негорючого компонента в паровій фазі. Значення γ для найбільш поширених негорючих компонентів наведені в табл. Б.13

Таблиця Б.13

Найменування речовини	γ
Вода	1,23
Тетрахлорметан	4,80
1, 1, 2 – Трифтортрихлоретан	5,60
1, 2 – Дибромтетрафторетан	21,30

Середня квадратична похибка розрахунку становить 10 °С.

Б.5 МЕТОД РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНОГО ТИСКУ ВИБУХУ ГАЗО- І ПАРОВОПІТРЯНИХ СУМІШЕЙ

Б.5.1 Метод розрахунку максимального тиску вибуху газо- і 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 врахування ступеня дисоціації продуктів горіння в кПа обчислюють за формулою:

$$p_{\text{макс}} = \frac{p_{\text{н}} T_{\text{ад}}(V) \sum m_{j\text{к}}}{T_{\text{н}} \sum m_{i\text{н}}} \quad (\text{Б.33})$$

де $p_{\text{н}}$ – початковий тиск, при якому знаходиться вихідна суміш, кПа;

$T_{\text{ад}}(V)$ – адіабатична температура горіння стехіометричної суміші пального з повітрям при постійному об'ємі, К;

$\sum m_{j\text{к}}$ – сума кількості молей кінцевих продуктів горіння;

$T_{\text{н}}$ – температура вихідної суміші, К;

$\sum m_{i\text{н}}$ – сума кількості молей газоподібних вихідних речовин.

Б.5.1.2 Якщо для горючої речовини невідома адіабатична температура горіння стехіометричної суміші, то її розраховують за формулою:

$$\sum m_{in} (H_i^\circ - RT^\circ) = \sum m_{jk} (H_j' - RT')$$
 (Б.34)

де H_i° – абсолютна ентальпія пального, кДж·моль⁻¹, яку обчислюють за формулою:

$$H_i^\circ = H_f^\circ + m_C H_{C(графит)}^\circ + 0,5(m_H H_{H_2}^\circ + m_O H_{O_2}^\circ + m_N H_{N_2}^\circ + m_X H_{X_2}^\circ) + m_S H_S^\circ + m_{Si} H_{Si}^\circ + m_P H_P^\circ$$
 (Б.35)

ΔH_f° – стандартна теплота утворення горючої речовини, кДж·моль⁻¹;

$H_C^\circ, H_{H_2}^\circ, H_{O_2}^\circ, H_{N_2}^\circ, H_S^\circ, H_{Si}^\circ, H_P^\circ$ – абсолютна ентальпія простих речовин і продуктів їх горіння, значення яких наведені в табл. Б.14–Б.16;

$H_{X_2}^\circ$ – абсолютна ентальпія галогену, кДж·моль⁻¹. Якщо в молекулі горючої речовини декілька галогенів, то вираз $m_X H_{X_2}^\circ$ замінюють на $(m_F H_{F_2}^\circ + m_{Cl} H_{Cl_2}^\circ + m_{Br} H_{Br_2}^\circ + m_J H_{J_2}^\circ)$;

R – універсальна газова постійна, Дж·моль⁻¹·К⁻¹;

T°, T' – відповідно початкова температура вихідної горючої суміші і температура горіння, К ;

H_j' – абсолютні ентальпії продуктів горіння, значення яких наведені в табл. Б.15 і Б.16.

Завдання обчислення адіабатичної температури горіння зводиться до знаходження такої температури (T'), при якій спостерігається рівність внутрішніх енергій вихідних речовин і продуктів їх горіння.

Таблица Б.14

Речовина	Абсолютна ентальпія при 298,15 К, кДж·моль ⁻¹
Br ₂ (рідина)	-21,159
C (газ)	1108,235
H ₂ O (рідина)	-34,071
P (тв., білий)	719,625

S (ромб.)	298,460
S ₂ (газ)	725,954
Si	906,514

Значення $\sum m_{jk}$ без врахування ступеня дисоціації продуктів горіння розраховують 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 β – стехіометричний коефіцієнт кисню, який визначається за формулою (Б.4).

Відносна середня квадратична похибка розрахунку за формулою (Б.33) становить 30 %.

Таблиця Б.15

T, К	Абсолютні ентальпії простих речовин і продуктів їх горіння, кДж·моль ⁻¹												
	Повітря	CO ₂	CO	O ₂	O	H ₂ O	ОН	H ₂	H	N ₂	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	333,32	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, K	Абсолютні ентальпії простих речовин і продуктів їх горіння, кДж·моль ⁻¹													
	HF	CF ₄	F ₂	F	HCl	Cl ₂	Cl	HBr	Br ₂	Br	P ₄ O ₁₀	P (газ)	SO ₂	SiO ₂
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 РОЗРАХУНКУ ШВИДКОСТІ НАРОСТАННЯ ТИСКУ ВИБУХУ ГАЗО- І ПАРОВОПІТРЯНОЇ СУМІШІ

Б.6.1 Метод полягає у визначенні верхніх меж для максимальної і середньої швидкості наростання тиску вибуху газо- і пароповітряних сумішей в сферичній реакційній посудині постійного об'єму.

Верхню межу для максимальної швидкості наростання тиску в кПа·с⁻¹ обчислюють за формулою:

$$(dp/d\tau)_m = (3p_i S_{ui} / a)(\pi_e - 1)\pi_e^{1/\gamma_u + \varepsilon} \quad (\text{Б.38})$$

де p_i – початковий тиск, кПа;

S_{ui} – нормальна швидкість поширення полум'я при початкових тиску і температурі, м·с⁻¹;

a – радіус сферичної реакційної судини, м;

$\pi_e = \frac{p_e}{p_i}$ – безрозмірний максимальний тиск вибуху;

p_e – максимальний абсолютний тиск вибуху, кПа;

γ_u – показник адіабати для досліджуваної суміші;

ε – термодинамічний показник ступеня в залежності нормальної швидкості поширення полум'я від тиску і температури. Якщо значення ε невідомо, його приймають рівним 0,4.

Верхню межу для середньої швидкості наростання тиску в кПа·с⁻¹ обчислюють за формулою:

$$\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_c = \frac{3p_i S_{ui} (\pi_e - 1)\pi_e^{1/\gamma_u + \varepsilon}}{af(\pi_e, \gamma_u, \varepsilon)} \quad (\text{Б.39})$$

де $f(\pi_e, \gamma_u, \varepsilon)$ – функція від параметрів $\pi_e, \gamma_u, \varepsilon$, значення якої знаходять за допомогою номограм, наведених на рис. Б.1 і Б.2.

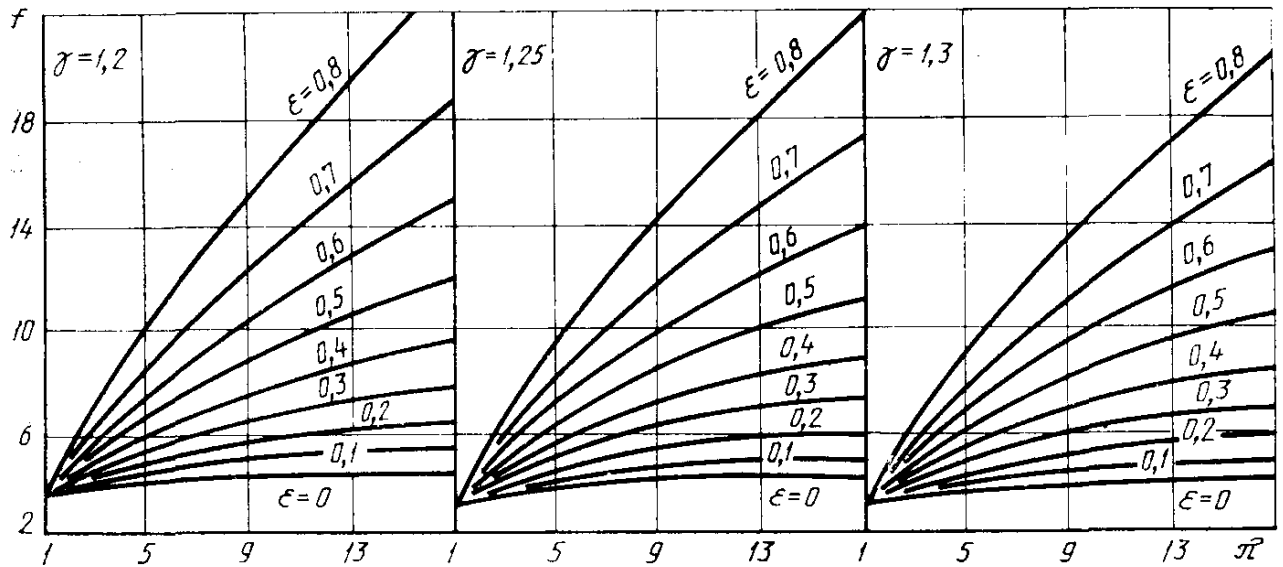


Рисунок Б.1

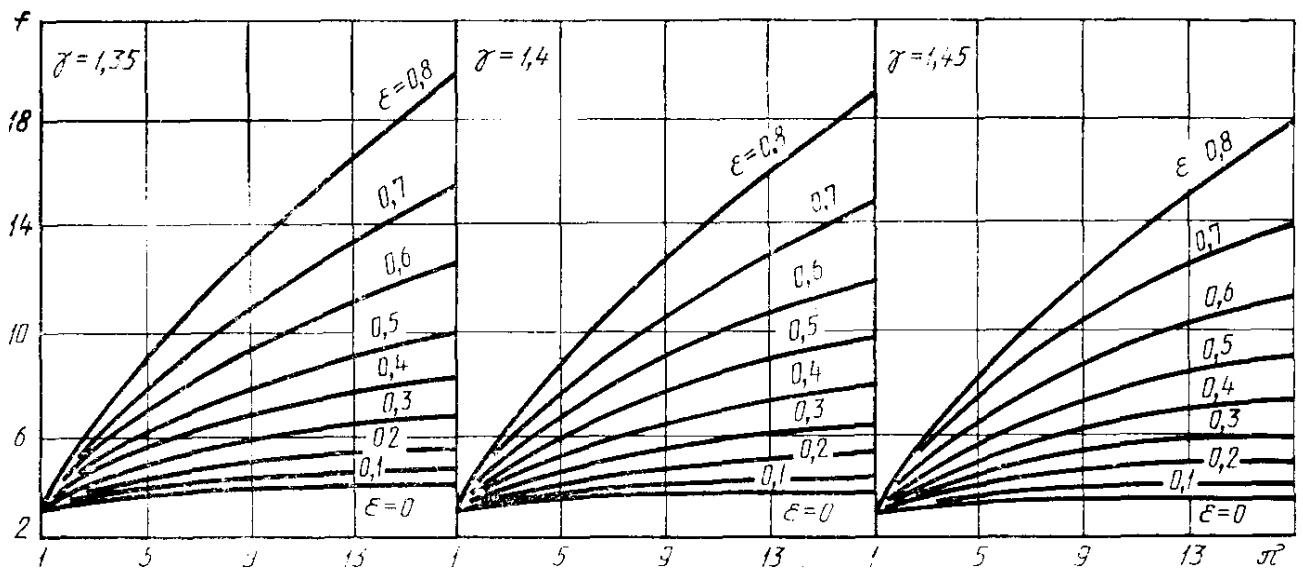


Рисунок Б.2

Значення π_e і γ_u знаходять термодинамічних розрахунком або в разі неможливості розрахунку, приймають рівними відповідно 9,0 і 1,4.

Відносна середня квадратична похибка розрахунку за формулами (Б.37) і (Б.38) не перевищує 20 %.

Б.6.2 Максимальну швидкість наростання тиску вибуху газо- і пароповітряних сумішей для речовин, що складаються з атомів С, Н, О, N, S, F, Cl, обчислюють за формулою:

$$\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_M = \frac{84p_i S_u}{V^{0,5}} \quad (\text{Б.40})$$

де V – об'єм реакційної посудини, м³.

Відносна середня квадратична похибка розрахунку за формулою (Б.39) не перевищує 30 %.

ДОДАТОК В

(довідковий)

ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПРИ ГОРІННІ МАТЕРІАЛУ РІЗНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ, ТА ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКА ТОКСИЧНОСТІ

В.1 ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПРИ ГОРІННІ МАТЕРІАЛІВ РІЗНОЇ ХІМІЧНОЇ ПРИРОДИ

Таблиця В.1

Хімічна основа та токсичні хімічні речовини, що виділяються при горінні полімерних матеріалів різної хімічної основи*			
1. Азотовмісні полімери (поліуретани, поліаміди, нітроцелюлоза, поліакрилонітрил, шовк)	2. Полімери полістирольні Оксид вуглецю Диоксид вуглецю Водень ціаністий	3. Епоксидні смоли Оксид вуглецю Диоксид вуглецю Епіхлоргідрин Хлорбензол	4. Амідо- і фенолоформальдегідні смоли Оксид вуглецю Диоксид вуглецю
Оксид вуглецю Диоксид вуглецю Акрилонітрил <u>Водень ціаністий</u> 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 <u>α-метилстирол</u> Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол, етилбензол, ізопропілбензол, мезитилен, псевдокумол тощо) Спирти (метанол, бутанол тощо) Бензальдегід Метилбензилкетон Формальдегід Азоту оксиди	Діфенілпропан 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. Галоїдовмісні полімери

<u>Оксид вуглецю</u> Діоксид вуглецю <u>Формальдегід</u> <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 чотиріххлористий Формальдегід Ацетальдегід Оцтова кислота Вуглеводні насичені Вуглеводні ненасичені
Аміни ароматичні Вуглеводні насичені Вуглеводні ненасичені	Вуглеводні насичені Вуглеводні ненасичені		

Примітка*: Підкресленням позначені провідні токсиканти

В.2 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ $H_{Cl 50}$, - СЕРЕДНЬОСМЕРТЕЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ (ДОЗИ) ШКІДЛИВОЇ ХІМІЧНОЇ СПОЛУКИ МЕТОДОМ ПРОБІТ-АНАЛІЗУ

В.2.1 Припустимо, що в експерименті по горінню одержані дані наведені у таблиці В.2.

Таблиця В.2

Концент- рація, мг/л	Леталь- ність, %	Місце концент- рацій	Пробіти		Ваговий коефіці- єнт	XV	X^2V	UV	XUV
			X	U					
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 Y_e таблиці заповнюються на підставі знайдених в експерименті. Для подальших розрахунків величини, одержані в експерименті, замінюються умовними позначеннями місця кожної концентрації. Місце першої концентрації зручніше всього приймати за одиницю. За одиницю граfi X прийнята концентрація 0,05. Наступна концентрація 0,20 одержує в цій граfi цифру 4. Концентрація 0,25 – цифру 5 і т.д.

В.2.3 Після заповнення граfi X за таблицею В.3, знаходять значення пробітів, відповідних значенням експериментальної летальності. В прикладі значенню 25 % летальності відповідає пробіт 4,33, 40 % - пробіт 4,75, 60 % - пробіт 5,25. Для нульової і 100% летальності величина пробіту залежить від числа тварин в групі. Оскільки в цих групах було по 10 мишей, те 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 в п'яту графу (В) таблиці В.2. Решта граф заповнюється на підставі величин X , B , V .

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 виражається рівнянням $Y = A_0 + A_1 X$. Необхідно знайти величини A_0 і A_1 . Значення A_1 знаходиться з наступного рівняння:

$$\frac{\sum X \cdot B}{\sum B} (\sum Y \cdot B - \sum X \cdot B \cdot A_1) + \sum X^2 \cdot B \cdot A_1 = \sum X \cdot Y \cdot B \quad (\text{В.1})$$

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 знаходимо з наступного рівняння:

$$A_0 = \frac{\sum Y \cdot B - \sum X \cdot B \cdot A_1}{\sum B} \quad (\text{В.2})$$

$$A_0 = \frac{75,75 - 80,2 \cdot 0,45}{15,7}, \text{ тоді } A_0 = 2,53.$$

В.2.6 Величину летальності в пробітах для всіх досліджених концентрацій обчислюють за формулою: $Y = A_0 + A_1 X$. Оскільки нас цікавить концентрація, яка викликає загибель 50 % піддослідних тварин, а також нахил лінії, що відбиває залежність між концентраціями і летальністю, необхідно розрахувати H_{CL50} (пробіт 5), H_{CL16} (пробіт 4) и H_{CL84} (пробіт 6). Для цього в формулу $Y = A_0 + A_1 X$ 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 в графі Х таблиці В.2 прийняли концентрацію 0,05 мг/л, то можна скласти наступну пропорцію: 1 – 0,05

3,27 – Хэ, звідки

$$Хэ = 3,27 \cdot 0,05 = 0,164 \text{ мг/л (164 мг/м}^3\text{)} = H_{CL16},$$

Відповідно HCL_{50} і HCL_{84} складатимуть 0,275 мг/л (275 мг/м³) і 0,385 мг/л (385 мг/м³).

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 в групах, летальність яких складає не менше 6,7 % (пробіт 3,5) і не більше 93,9 % (пробіт 6,5).

Код УКНД 13.220.01, 13.220.40

Ключові слова: пожежовибухонебезпека, номенклатура показників, класифікація, експериментальні методи, розрахункові методи, оформлення результатів, токсичність.

Голова ТК 25

В.С. Кропивницький