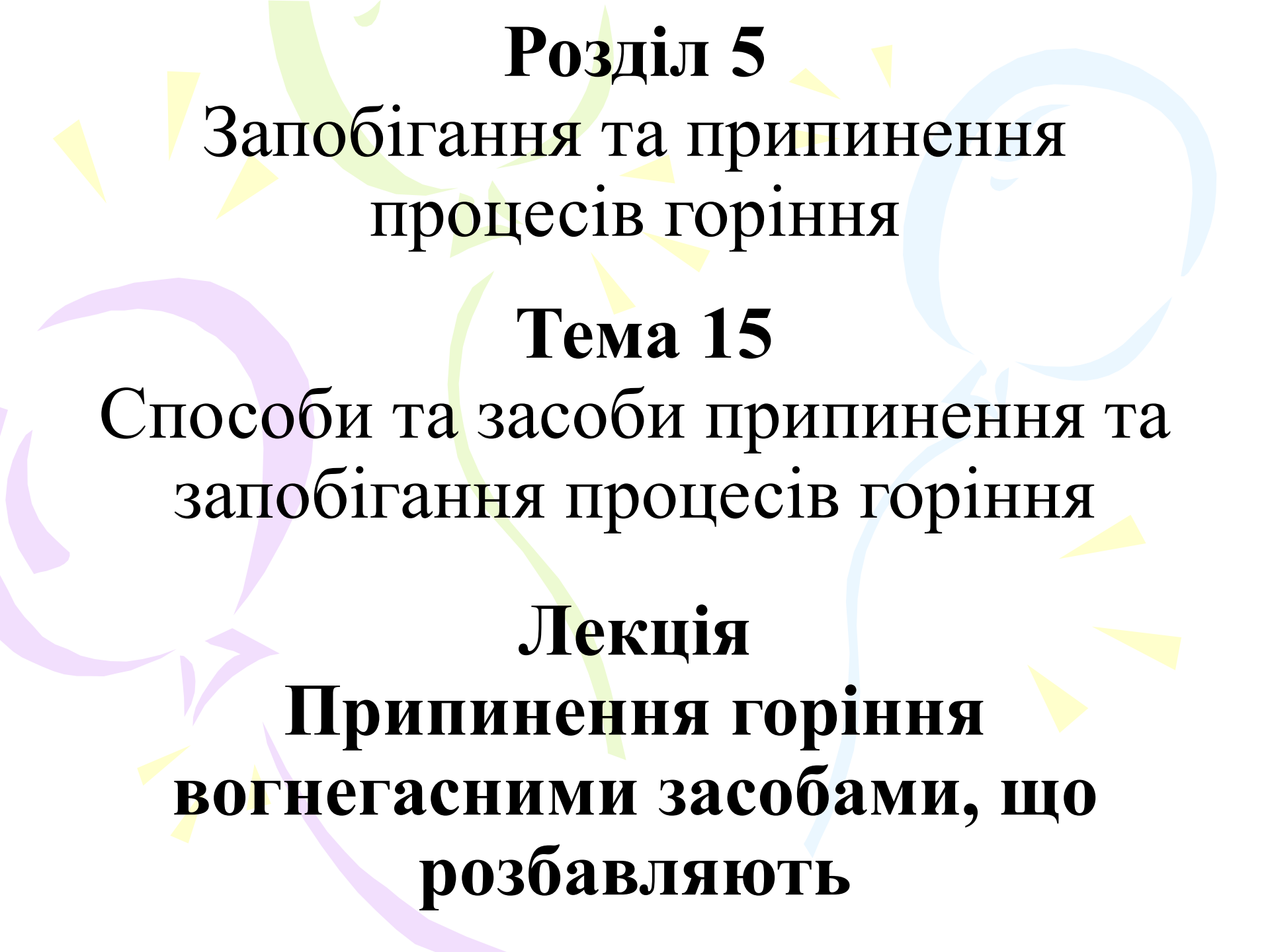




Розділ 5

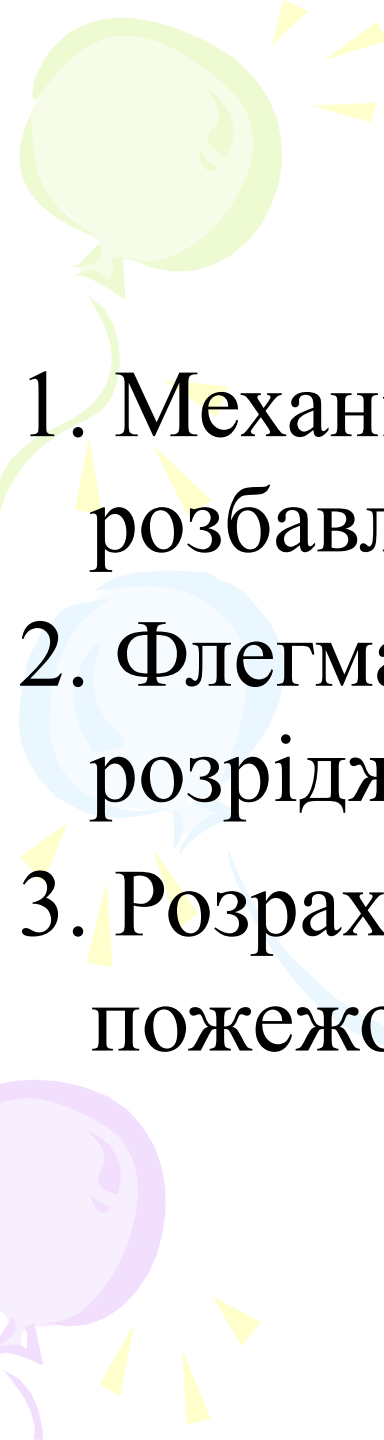
Запобігання та припинення процесів горіння

Тема 15

Способи та засоби припинення та запобігання процесів горіння

Лекція

Припинення горіння вогнегасними засобами, що розбавляють



План лекції.

1. Механізм припинення горіння методом розбавлення
2. Флегматизація горючих сумішей газами-розріджувачами.
3. Розрахунок основних параметрів пожежогасіння негорючими газами

1. МЕХАНІЗМ ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ МЕТОДОМ РОЗБАВЛЕННЯ

Зниження тепловиділення $q(+)$ в зоні горіння можна добитися за рахунок зменшення концентрацій компонентів горючої суміші.

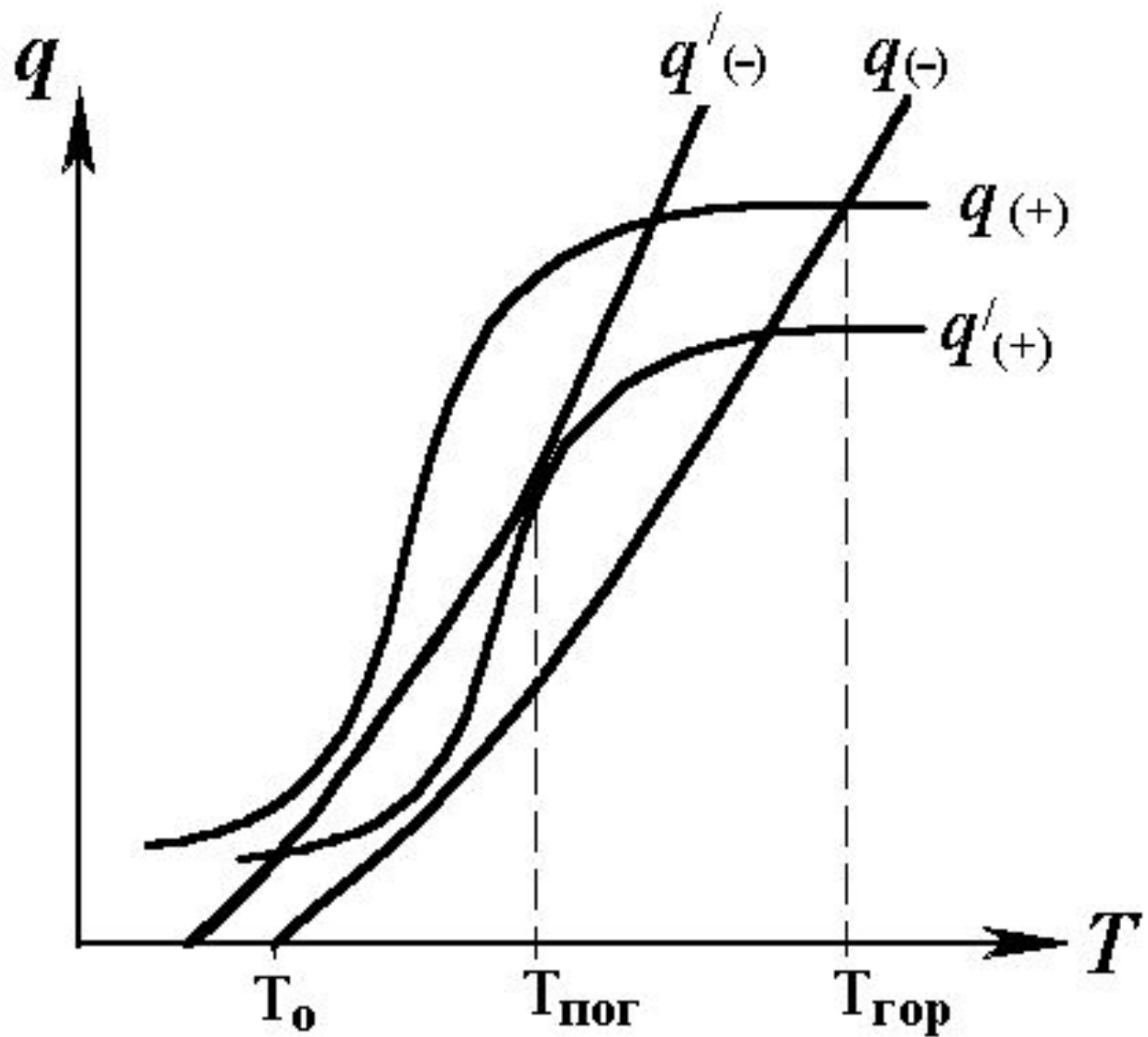
$$q(+)=Q_{\text{н}}V_{\text{гс}}\varphi_{\text{гр}}^{\text{н}}\varphi_{\text{ок}}^{\text{м}}k\exp\left(-\frac{E_{\text{акт}}}{RT_{\text{ад}}}\right)$$

Одним із способів досягнення цього є *розбавлення горючої суміші негорючими розріджувачами.*

При введенні негорючих газів (НГ) в зону горіння крім зниження концентрації компонентів горючої суміші, відбувається також *втрата частини тепла на нагрівання розріджувачів* від T_0 до $T_{гор}$. Кількість енергії, що витрачається на нагрів НГ:

$$Q_{нагр} = V_{нг} \rho_{нг} c_{р\ нг} (T_{гор} - T_0)$$

Отже, при введенні НГ в зону горіння відбувається одночасно і зменшення інтенсивності тепловиділення і збільшення інтенсивності тепловтрат. За критичної концентрації розріджувача температура в зоні горіння може зменшитися до $T_{пог}$, що призведе до припинення горіння.



Тепло із зони реакції фронту полум'я передається в підготовчу зону за рахунок теплопровідності.

Збільшення коефіцієнта теплопередачі $q_{\text{тер}} = -\lambda \frac{dT}{dx}$ λ прискорює прогрівання свіжої горючої суміші, що сприяє більш швидкому поширенню горіння, і температура зони горіння при цьому підвищуються.

Отже, якщо додавання НГ різкого підвищує коефіцієнт теплопровідності суміші λ , то вогнегасна дія нейтрального газу декілька знижується.

Комплексним параметром, що характеризує вогнегасну ефективність газів-розріджувачів, є *показник ефективності* N_{ef} :

$$N_{ef} = \frac{c_p}{\lambda}$$

Чим більший розмір молекули негорючого газу, тим більша його вогнегасна ефективність.

для діоксиду вуглецю CO_2

$$N_{ef} = \frac{c_p}{\lambda_t} = \frac{0,91}{13,6} = 0,0669$$

для аргону Ar

$$N_{ef} = \frac{c_p}{\lambda_t} = \frac{0,53}{16,6} = 0,0319$$

При гасінні CH_4 вогнегасна концентрація CO_2 дорівнює 27 %, а аргону Ar – 53 %.

При гасінні методом розбавлення газирозріджувачі можуть подаватися ***трьома способами:***

1. **У повітряну зону** (застосовується для припинення горіння в закритих помешканнях малих об'ємів, а також для запобігання вибухів у закритих технологічних апаратах в якості флегматизаторів).
2. **У зону горіння** (застосовується для гасіння пожеж на відкритому просторі).
3. **У горючу речовину** (для зниження інтенсивності горіння речовини або для запобігання запалювання продукту, що надходить із технологічної установки).

Переваги газового пожежогасіння:

- ◆ мінімальний збиток при впливі на матеріали і обладнання, що захищаються;
- ◆ оперативність при використанні;
- ◆ можливість тривалої експлуатації в автоматичному режимі;
- ◆ знижені вимоги до профілактики при обслуговуванні автоматичних систем пожежогасіння;
- ◆ універсальність застосування (можна використовувати при гасінні пожеж класу В, С, Е, А1 в початковій стадії розвитку і А2).

Особливо ефективно при захисті музейних цінностей, архівів, бібліотек, обчислювальних центрів та інших об'єктів, де пріоритетною задачею є збереження матеріальних цінностей.

Недоліки об'ємного гасіння негорючими газами:

- ◆ сумарна витрата газу становить приблизно двократний об'єм приміщення;
- ◆ для гасіння потрібна велика кількість балонів, отже, великі витрати на їх обслуговування (можуть застосовуватися скраплені гази);
- ◆ вогнегасна концентрація в 3-5 разів вища, ніж небезпечні для людей концентрації, тому необхідна сигналізація і витяжна вентиляція.

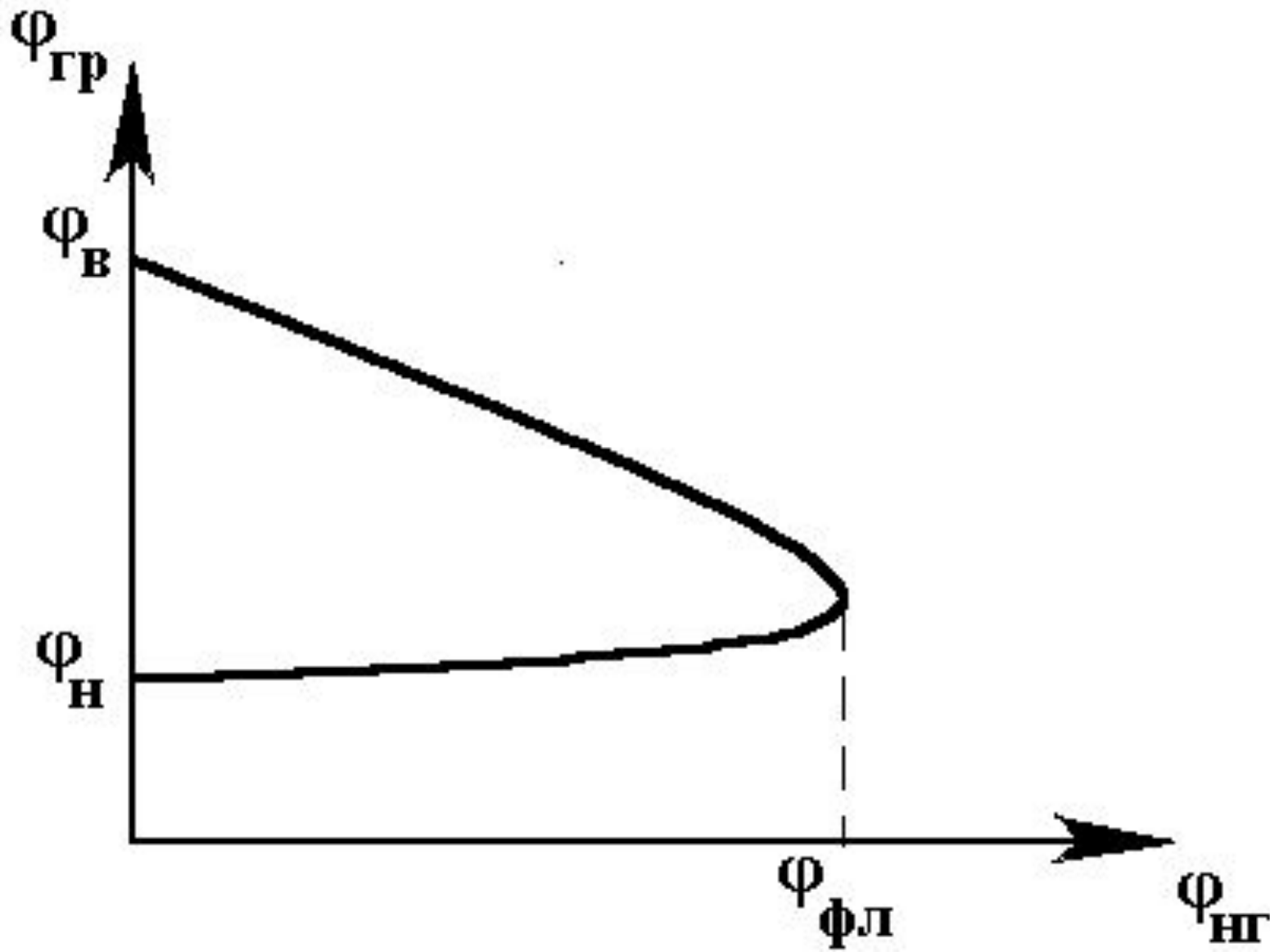
Не рекомендується застосовувати газові засоби при гасінні пожеж волокнистих, сипучих і пористих матеріалів , а також при гасінні пожеж класу **D**.

2. ФЛЕГМАТИЗАЦІЯ ГОРЮЧИХ СУМІШЕЙ НЕГОРЮЧИМИ ГАЗАМИ

Запобігання утворення горючого середовища в закритому газовому просторі за допомогою газів-розріджувачів називається *флегматизацією*.

При введенні в газоповітряну суміш негорючих газів область займання звужується - нижня межа зростає, а верхня знижується. При деякій критичній кількості флегматизатора верхня і нижня межі сходяться, створюючи точку флегматизації, яка відповідає флегматизуючій концентрації.

Зміна КМПП залежно від вмісту негорючого газу в горючій суміші



Флегматизуюча концентрація - найменша концентрація негорючого газу в горючій суміші, при якій суміш стає нездатною до горіння при будь-якому співвідношенні горючої речовини й окисника.

Найбільш поширеними газами-флегматизаторами є CO_2 , H_2O , N_2 .

$$\varphi_{\text{фл}}^0 = 100 \frac{h_f' H_f + h_{\text{ф}}' + \sum h_j' m_j}{h_{\text{ф}}'' - 1 + \sum h_j'' m_j}$$

де h_f , $h_{\text{ф}}'$, $h_{\text{ф}}''$ - коефіцієнти, що характеризують вид негорючого газу;

h_j , H_f - теплофізичні показники горючої речовини;

m_j - число атомів j -го типу в горючій речовині.

Коефіцієнти формули визначення вогнегасної концентрації флегматизатора

Коефіцієнти	Значення коефіцієнтів при розведенні		
	N_2	H_2O	CO_2
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	0,446	0,570
h'_N	-0,151	-0,147	-0,133
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

Концентрація окисника стане менше, ніж критич-не значення – *мінімальна вибухонебезпечна концентрація кисню*:

$$\varphi_{\text{МВКК}}^0 = \frac{100 - \varphi_{\text{фл}}^0}{4,84}, \%$$

Для забезпечення гарантованих умов пожежовибухобезпеки розраховують *безпечну концентрацію кисню* за формулою:

$$\varphi_{\text{без}}^0 = 1,2\varphi_{\text{МВКК}}^0 - 4,2 \ , \%$$

3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ НЕГОРЮЧИМИ ГАЗАМИ

Для гасіння пожеж необхідно правильно розрахувати *загальну кількість вогнегасного засобу*, при цьому його *витрата G* повинна бути *мінімальною*, *час гасіння τ* - не більш *допустимого*, а *інтенсивність подачі I* - *оптимальною*.

Гасіння негорючими газами методом розбавлення застосовують для пожеж в огороженні, для яких газообмін обмежений будівельними конструкціями.

Якщо при гасінні відсутні втрати негорючого га-зу, то його об'єм, необхідний для створення вогнегасної концентрації, рівний:

$$V_{\text{нг}} = V_{\text{прим}} r_{\text{нг}} = \frac{V_{\text{прим}} \Phi_{\text{вогн}}^0}{100}, \text{ м}^3$$

Вогнегасна концентрація — найменша концентрація газового вогнегасного засобу в суміші горючої речовини з окислювачем, достатня для припинення горіння в умовах стандартного експерименту.

Необхідна *питома витрата НГ* при заданому часі гасіння:

об'ємна:

$$g_{\text{НГ}}^{\text{v}} = \frac{V_{\text{НГ}}}{\tau_{\text{гас}}} = \frac{V_{\text{прим}} \Phi_{\text{вогн}}^0}{100 \tau_{\text{гас}}}$$

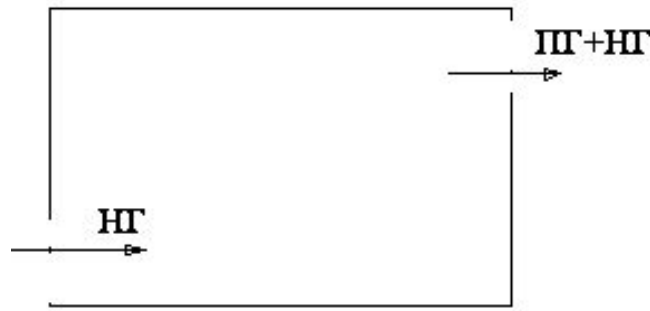
масова:

$$g_{\text{НГ}}^{\text{m}} = \frac{V_{\text{НГ}} \rho_{\text{НГ}}}{\tau_{\text{гас}}} = \frac{V_{\text{прим}} \Phi_{\text{вогн}}^0 \rho_{\text{НГ}}}{100 \tau_{\text{гас}}}$$

Загальна кількість НГ для припинення горіння:

$$m_{\text{НГ}} = V_{\text{НГ}} \rho_{\text{НГ}} = \frac{V_{\text{прим}} \Phi_{\text{вогн}}^0 \rho_{\text{НГ}}}{100}$$

Врахуємо виток НГ з об'єму приміщення через отвори.



Під час подачі НГ в приміщення тиск в ньому практично не підвищується, а з приміщення витісняється суміш продуктів горіння з НГ.

$$g_{\text{Гс}}^{\text{ВИТ}} = g_{\text{НГ}}^{\text{ПОД}}$$

Частина негорючого газу, що подається на гасіння, буде уноситися з продуктами горіння. Кількість НГ, що залишається в приміщенні в будь-який момент часу під час гасіння пожежі:

$$V_{\text{прим}} d\phi'_{\text{НГ}} = g_{\text{НГ}}^{\text{ПОД}} d\tau_{\text{под}} - \frac{g_{\text{Гс}}^{\text{ВИТ}}}{\rho_{\text{Гс}}} \phi'_{\text{НГ}} d\tau_{\text{под}}$$

Збільшення витрати подавання негорючого газу $g_{\text{нг}}$ веде до підвищення концентрації НГ в приміщенні аж до вогнегасних концентрацій $\phi'_{\text{вогн}}$. Вирішення рівняння дає *час гасіння* за певної витрати подавання:

$$\tau_{\text{гас}} = \frac{V_{\text{вл}} \rho_{\text{гс}}}{g_{\text{гс}}^{\text{вит}}} \ln \frac{g_{\text{нг}}^{\text{под}}}{g_{\text{нг}}^{\text{под}} - \frac{g_{\text{гс}}^{\text{вит}}}{\rho_{\text{гс}}} \phi'_{\text{вогн}}}$$

Якщо знаменник дробу дорівнює нулю, то час гасіння прагне до нескінченності, отже, припинення горіння не станеться. Таким чином, *критична питома витрата вогнегасної речовини* дорівнює:

$$g_{\text{нг кр}}^{\text{под}} = g_{\text{гс}}^{\text{вит}} \frac{\phi'_{\text{вогн}}}{\rho_{\text{гс}}}$$

Інтенсивність подавання негорючого газу на гасіння пожежі в об'ємі приміщення можна визначити за формулою:

$$I = \frac{g_{\text{нг}}^{\text{под}}}{V_{\text{віл}}}$$

Якщо інтенсивність подавання помножити на час гасіння, то можна отримати загальну витрату негорючого газу на процес гасіння

$G_{\text{нг}}$:

$$G_{\text{нг}} = \frac{g_{\text{нг}}^{\text{под}} \rho_{\text{гс}}}{g_{\text{гс}}^{\text{вит}}} \ln \frac{g_{\text{нг}}^{\text{под}}}{g_{\text{нг}}^{\text{под}} - \frac{g_{\text{гс}}^{\text{вит}} \phi'_{\text{вогн}}}{\rho_{\text{гс}}}}, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

З урахуванням коефіцієнта нерівномірності розподілу негорючого газу ($k_1 > 1$), коефіцієнта запасу ($k_2 \geq 3$) необхідну кількість негорючого газу можна визначити як

$$m_{\text{необх}} = k_1 k_2 m_{\text{нг}}$$

Вогнегасна концентрація залежить від природи негорючого газу, виду горючої речовини, умов гасіння, часу розвитку пожежі. Так як вогнегасна концентрація завжди менша, ніж флегматизуюча концентрація даного негорючого газу, то в розрахунках зручно використовувати не вогнегасну концентрацію, а флегматизуючу.

ЗАВДАННЯ НА САМОПІДГОТОВКУ:

1. Підготуватися до виконання лабораторної роботи
2. Вивчити матеріал по посібниках:
И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. Фізико-хімічні основи розвитку і гасіння пожеж. С. 149-152; 199-208; 158-172.