

Розділ 4
ЗАПОБІГАННЯ ТА ПРИПИНЕННЯ
ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ

Тема 12
ТЕПЛОВА ТЕОРІЯ ПОГАСАННЯ

Лекція

ТЕПЛОВА ТЕОРІЯ
ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ.
ВОГНЕГАСНІ ЗАСОБИ.

План лекції.

1. Фізико-хімічні основи припинення горіння
2. Методи та способи припинення горіння.
3. Поняття та загальні вимоги до вогнегасних речовин
4. Параметри пожежогасіння вогнегасними речовинами

1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ

Стійке горіння відбувається при балансі тепло-виділення хімічної реакції окислення і тепловіддачі від системи в навколишнє середовище:

$$q(+) = q(-).$$

Припинення горіння відбувається при порушенні теплової рівноваги в зоні горіння внаслідок зміни співвідношення між тепловиділенням та теплопередачею так, що $q(+) < q(-)$.

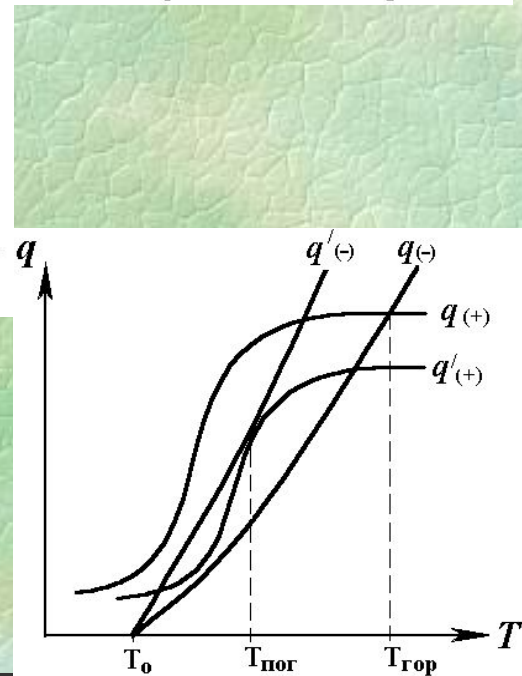
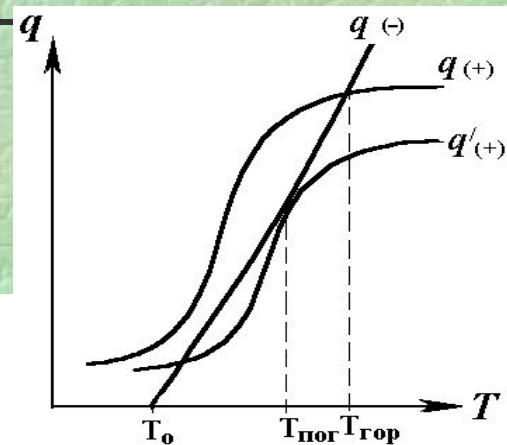
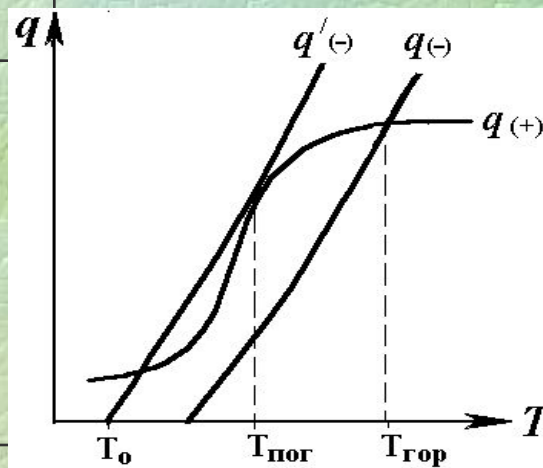
При цьому відбувається зниження температури в зоні горіння нижче критичного значення, і зона реакції вже не може бути джерелом запалювання

Температуру, нижче якої горіння стає неможливим, називають **температурою погасання**.
Порушення теплової рівноваги в зоні горіння можна здійснити за рахунок:

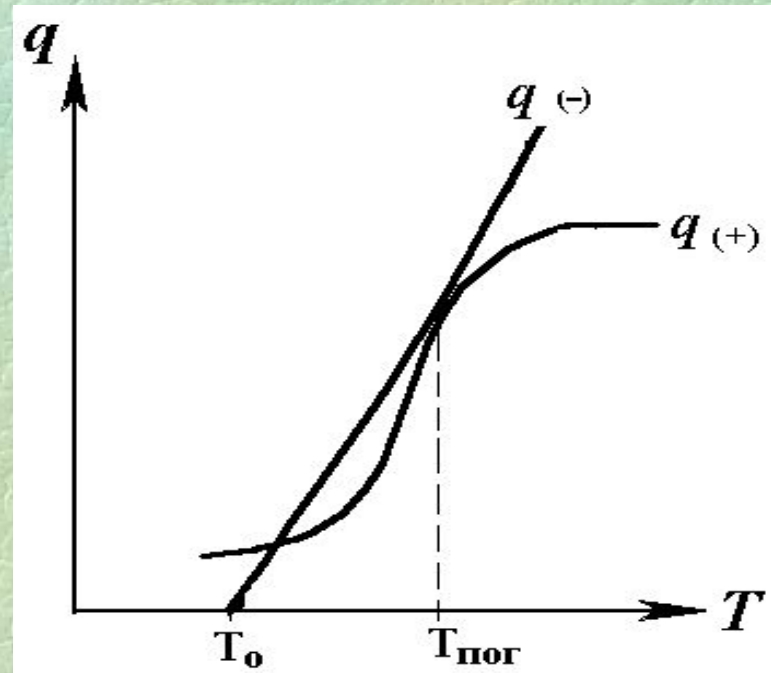
• зниження інтенсивності тепловиділення в зоні реакції ($q(+)$ ↓)

• підвищення інтенсивності тепловіддачі від системи в навколишнє середовище ($q(-)$ ↑)

• одночасного зниження $q(+)$ і підвищення $q(-)$.



Графічне відображення критичних умов припинення горіння



Математичне відображення критичних умов припинення горіння:

$$q(+)=q(-)$$

$$\left. \frac{dq(+)}{dT} \right|_{T_{\text{пог}}} = \left. \frac{dq(-)}{dT} \right|_{T_{\text{пог}}} \quad \left. \frac{d^2q(+)}{dT^2} \right|_{T_{\text{пог}}} < 0$$

В точці дотику система знаходиться в хиткій рівновазі. Незначне зниження температури призводить до порушення теплового балансу і переходу системи в точку стійкої рівноваги в області низьких температур.

Порушення рівноваги системи відбувається при зниженні температури у зоні горіння на деяку критичну величину $\Delta T = T_{\text{гор}} - T_{\text{пог.}}$

● для дифузійного полум'я:
$$\Delta T = \frac{3RT_{\text{ад}}^2}{E_{\text{акт}}}$$

● для кінетичного полум'я:
$$\Delta T = \frac{RT_{\text{ад}}^2}{E_{\text{акт}}}$$

Температура погасання, при якій відбувається припинення дифузійного горіння:

$$T_{\text{пог}} = T_{\text{ад}} - \Delta T = 2400 - \frac{3 \cdot 8,314 \cdot 2400^2}{125000} = 1250\text{K}$$

Дійсна температура горіння менша, ніж адіабатична температура горіння і становить приблизно 1550К, тоді

$$\Delta T(\%) = \frac{1550 - 1250}{1550} 100\% = 20\%$$

2. МЕТОДИ, СПОСОБИ ТА ПРИЙОМИ ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ

Для гасіння пожежі необхідно на практиці реалізувати умови порушення енергетичного балансу в зоні горіння. При цьому можна використовувати різні *методи, способи та прийоми* припинення горіння.

Основні *методи припинення горіння*:

- зменшення тепловиділення в системі $q(+)\downarrow$,

$$q(+)=Q_{\text{н}}V_{\text{гс}}\varphi_{\text{гр}}^{\text{н}}\varphi_{\text{ок}}^{\text{м}}k_0\exp\left(-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}\right)$$

- збільшення тепловіддачі від системи в навколишнє середовище $q(-)\uparrow$.

$$q(-)=\alpha S_{\text{ТВ}}(T_{\text{гор}}-T_0)+\sigma\varepsilon S_{\text{ТВ}}(T_{\text{гор}}^4-T_0^4)$$

Способи зменшення інтенсивності тепло-виділення $q(+)\downarrow$, що призводять до припинення горіння:

- зменшення концентрацій компонентів, що реагують, внаслідок
 - зменшення швидкості надходження компонентів суміші;
 - повного припинення доступу окисника чи горючої речовини в зону горіння,
 - розведення горючої суміші інертною речовиною.
- зменшення об'єму горючої суміші (розбивання зони горіння на малі об'єми з використанням вогнеперешкоджувачів);
- збільшення енергії активації горючої системи $E_{\text{акт}}$ внаслідок введення в систему інгібіторів.

Способи збільшення інтенсивності віддачі тепла $q(-)\uparrow$, що призводять до припинення горіння:

- зниження температури навколо зони горіння шляхом введення речовин, які
 - мають низьку початкову температуру;
 - мають велику теплоту фазового переходу;
- збільшення коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією і випромінюванням шляхом
 - різкого збільшення швидкості натікання холодного компонента горючої суміші в зону горіння (зрив полум'я);
 - підвищення ступеню чорноти полум'я (введення в зону горіння спеціальних домішок, які мають велику випромінювальну здатність).

- збільшення площі тепловіддачі шляхом
 - застосування спеціальних пристроїв – вогнеперешкоджувачів;
 - внесення в зону горіння вогнегасних речовини з великої теплоємністю і розвинутою поверхнею теплосприйняття.

Способи пожежогасіння реалізують з використанням певних *тактичних прийомів* припинення горіння:

- **1. охолодження**

- 1.1. охолодження зони горіння до температури менше, ніж температура погасання;
- 1.2. охолодження поверхні конденсованої горючої речовини до температури менше за критичну (для рідини - $T_{сп}$, для ТГМ – $T_{пир}$).

- **2. розведення**

- 2.1. розведення зони горіння інертними розріджувачами;
- 2.2. розведення конденсованих горючих речовин негорючими компонентами.

■ 3. ізоляція

- 3.1. ізоляція горючої речовини від зони горіння;
- 3.2. ізоляція окислювача від зони горіння;
- 3.3. ізоляція зони горіння як джерела запалювання від горючої суміші.

■ 4. хімічне гальмування реакції горіння (інгібірування)

3. ПОНЯТТЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН

Для припинення горіння використовують різні засоби пожежогасіння.

Засіб пожежогасіння – це речовини або пристрої, які використовують для припинення горіння під час пожежі.

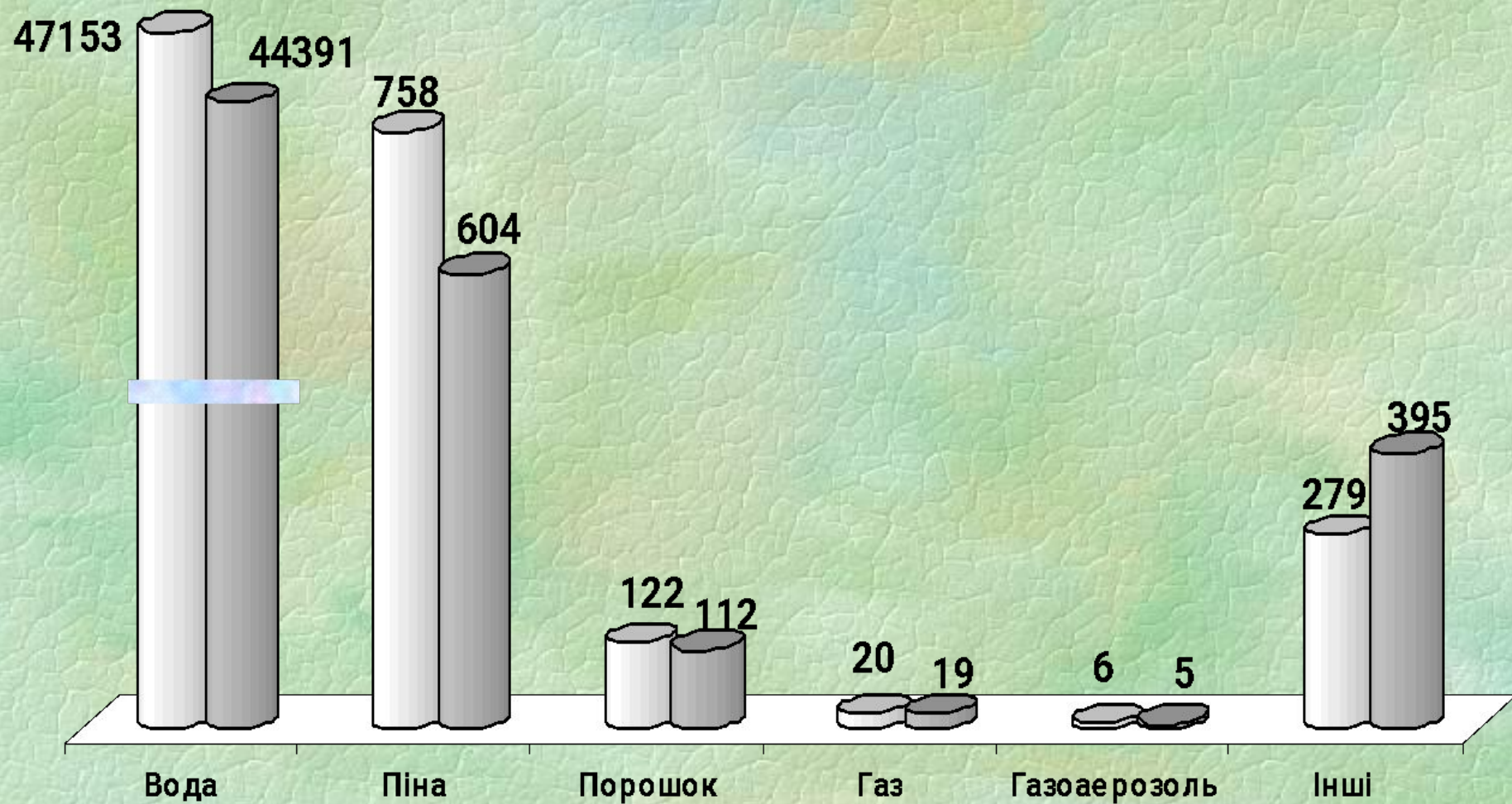
Засобами гасіння пожеж є вогнегасні речовини.

Вогнегасні речовини - речовини, які можуть безпосередньо впливати на процес горіння, створювати умови для його припинення, або попереджати процес виникнення горіння.

Загальні вимоги до вогнегасних речовин:

- висока вогнегасна ефективність;
- екологічна безпека і відсутність шкідливого впливу на людей і технологічне обладнання;
- простота і зручність транспортування і подачі в осередок пожежі;
- можливість тривалого зберігання без зміни властивостей;
- доступність і відносна необмеженість запасів;
- економічність (дешевизна).

Використання вогнегасних речовин в процесі гасіння пожеж



КЛАСИФІКАЦІЯ ВОГНЕГАСНИХ ЗАСОБІВ

● За агрегатним станом:

- ◆газові (інертні газові розріджувачі, продукти вибуху, хладони);
- ◆рідкі (вода, водні розчини, водо-пінні засоби);
- ◆тверді (вогнегасні порошки)
- ◆аерозольні (аерозолеутворюючі склади)

■ **За домінуючим впливом на горючу систему в процесі припинення горіння:**

- **охолоджуючі вогнегасні речовини** (вода, водні розчини, твердий діоксид вуглецю, рідкий азот);
- **ізолюючі вогнегасні речовини** (вогнегасні піни, порошки спеціального призначення, продукти вибуху);
- **розбавляючі вогнегасні речовини** (газоподібні діоксид вуглецю, азот, водяна пара, аргон);
- **інгібуруючі вогнегасні речовини** (вогнегасні порошки загального призначення, хладони, аерозолеутворюючі склади).

Вибір вогнегасної речовини залежить від характеру пожежі й визначається:

- властивостями та агрегатним станом речовин, що горять;
- параметрами пожежі (площею пожежі, температурою горіння тощо);
- видом пожежі (в огороженні чи на відкритому просторі);
- умовами тепло- й газообміну на пожежі;
- наявністю та кількістю вогнегасних засобів;
- ефективністю способу гасіння пожежі.

*Забороняється застосовувати
вогнегасні речовини, які можуть:*

- **бурхливо реагувати з горючими речовинами і підтримувати процес горіння.**
- **реагувати з іншими речовинами з виділенням горючих продуктів реакції.**
- **взаємодіяти з горючими речовинами з утворенням вибухонебезпечних продуктів реакції.**

Визначальною умовою вибору вогнегасного засобу є клас пожежі.

Клас пожежі	Вогнегасний засіб, що може застосовуватися (рекомендується)
A	Всі види вогнегасних засобів, (найбільш ефективного використання охолоджуючих засобів)
B	Всі види вогнегасних засобів, (найбільш ефективного використання вогнегасних пін)
C	Всі види вогнегасних засобів, крім ізолюючих пін та порошків спеціального призначення (найбільш ефективного використання інгібіруючих вогнегасних речовин та компактних струменів води для відриву зони горіння)
D	Вогнегасні порошки спеціального призначення
E	Розбавлюючі і інгібіруючі вогнегасні засоби

4. ПАРАМЕТРИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ВОГНЕГАСНИМИ РЕЧОВИНАМИ

- *Час гасіння* ($\tau_{\text{гас}}$) – час від початку подачі вогнегасної речовини до припинення горіння.
- *Вогнегасна концентрація* ($\phi_{\text{вогн}}$) – найменша конценртація вогнегасної речовини, при якій досягається припинення горіння.
- *Вогнегасна ефективність* (E) – зворотна величина вогнегасної концентрації речовини або часу гасіння.

$$E = \frac{1}{\phi_{\text{вогн}}}; \quad E = \frac{1}{\tau_{\text{гас}}}$$

- **Загальна кількість вогнегасної речовини (m)** – кількість вогнегасного засобу, що подається за весь час гасіння пожежі на загальну площу пожежі або в об'єм приміщення.
- **Інтенсивність подачі (I)** – кількість вогнегасного засобу, що подається в одиницю часу на одиницю розрахункового параметра пожежі Π (фронту, площі пожежі або об'єму приміщення, в якому відбувається пожежа).

$$I = \frac{m}{\Pi_{\text{пож}} \tau_{\text{гас}}}$$

Розрізняють інтенсивності подачі
 лінійну [$\text{л} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$],
 поверхневу [$\text{л} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$] і
 об'ємну [$\text{л} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$].

Питома витрата (g) – кількість вогнегасної речовини, що витрачається за одиницю часу на гасіння розрахункового параметра пожежі.

$$g = \frac{m}{\tau_{\text{гас}}}, \quad (\text{л/с}, \text{кг/с}, \text{м}^3/\text{с})$$

Загальна витрата (G) – кількість вогнегасної речовини, що витрачено під час гасіння пожежі на одиницю розрахункового параметра пожежі.

$$G = \frac{m}{\Pi_{\text{пож}}}, \quad \text{кг/м}^2$$

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК

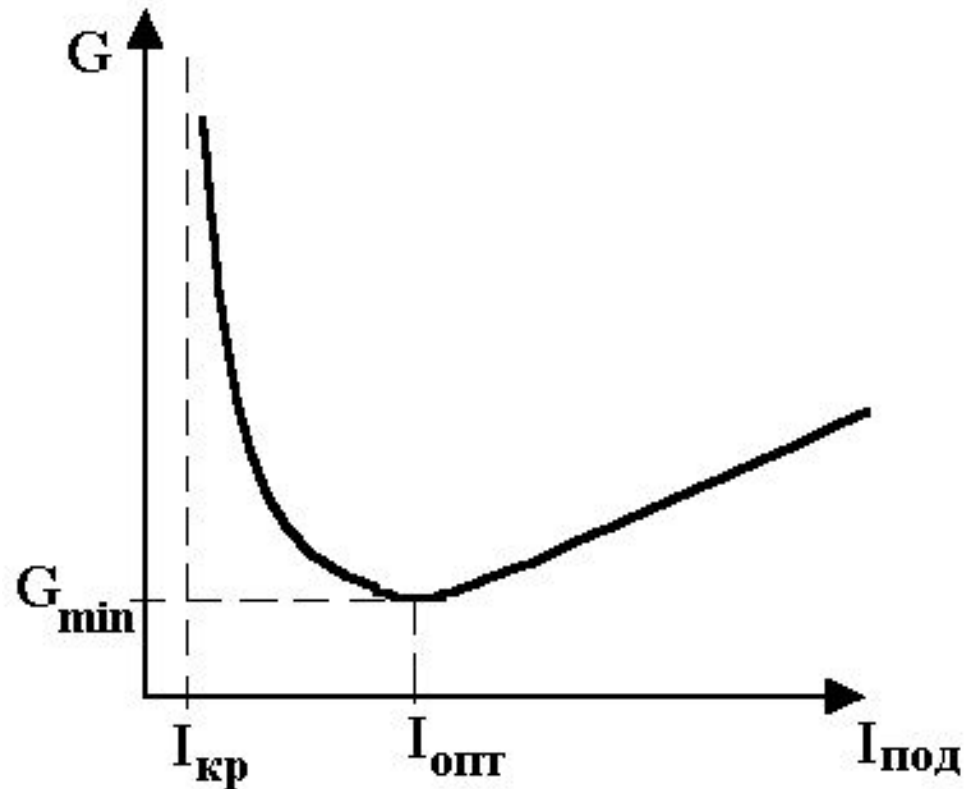
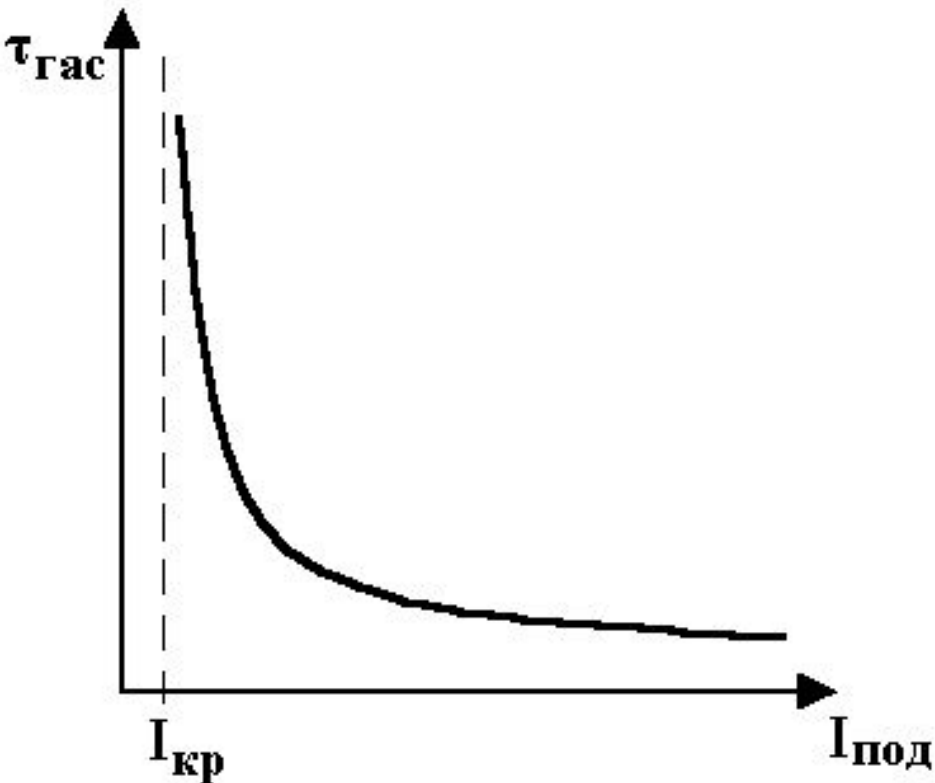
МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

$$I = \frac{G}{\tau_{\text{гас}}}$$

$$G = I \cdot \tau_{\text{гас}}$$

$$I = \frac{g}{\Pi_{\text{пож}}}$$

$$g = I \cdot \Pi_{\text{пож}}$$



Розрізняють наступні інтенсивності подачі вогнегасного засобу

- **Критична**, при якій гасіння не буде досягнуто ніколи (час гасіння наближається до нескінченності).
- **Оптимальна**, при якій витрата вогнегасної речовини буде мінімальною.
- **Теоретична**, яка отримана при аналізі теоретичних умов припинення горіння.
- **Нормативна**, яку отримано при аналізі статистичних даних по гасінню однотипних пожеж.

Відношення теоретичної інтенсивності подачі вогнегасної речовини до фактичної називається **коефіцієнтом використання $K_{\text{вик}}$** .

$$K_{\text{вик}} = \frac{I_{\text{теорет}}}{I_{\text{факт}}}$$

На практиці коефіцієнт використання можна визначити як відношення маси вогнегасної речовини, що приймає участь у гасінні, до маси вогнегасної речовини, що подано на гасіння:

$$K_{\text{вик}} = \frac{m_{\text{под}} - m_{\text{втр}}}{m_{\text{под}}}$$

Для характеристики ефективності роботи пожежних підрозділів по гасінню пожежі використовують **коефіцієнт втрат**:

$$K_{\text{втр}} = \frac{G_{\text{факт}} - G_{\text{норм}}}{G_{\text{норм}}}$$

Завдання на самопідготовку

1. Повзик, П.П. Ключ, А.М. Матвейкин. Пожежна тактика. С. 16-24; 28-30.
2. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. Фізико-хімічні основи розвитку і гасіння пожеж. С. 123-145.