

ТЕМА 15

СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ ПРИПИНЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ

Лекція 24

ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ МЕТОДОМ ОХОЛОДЖЕННЯ

План лекції.

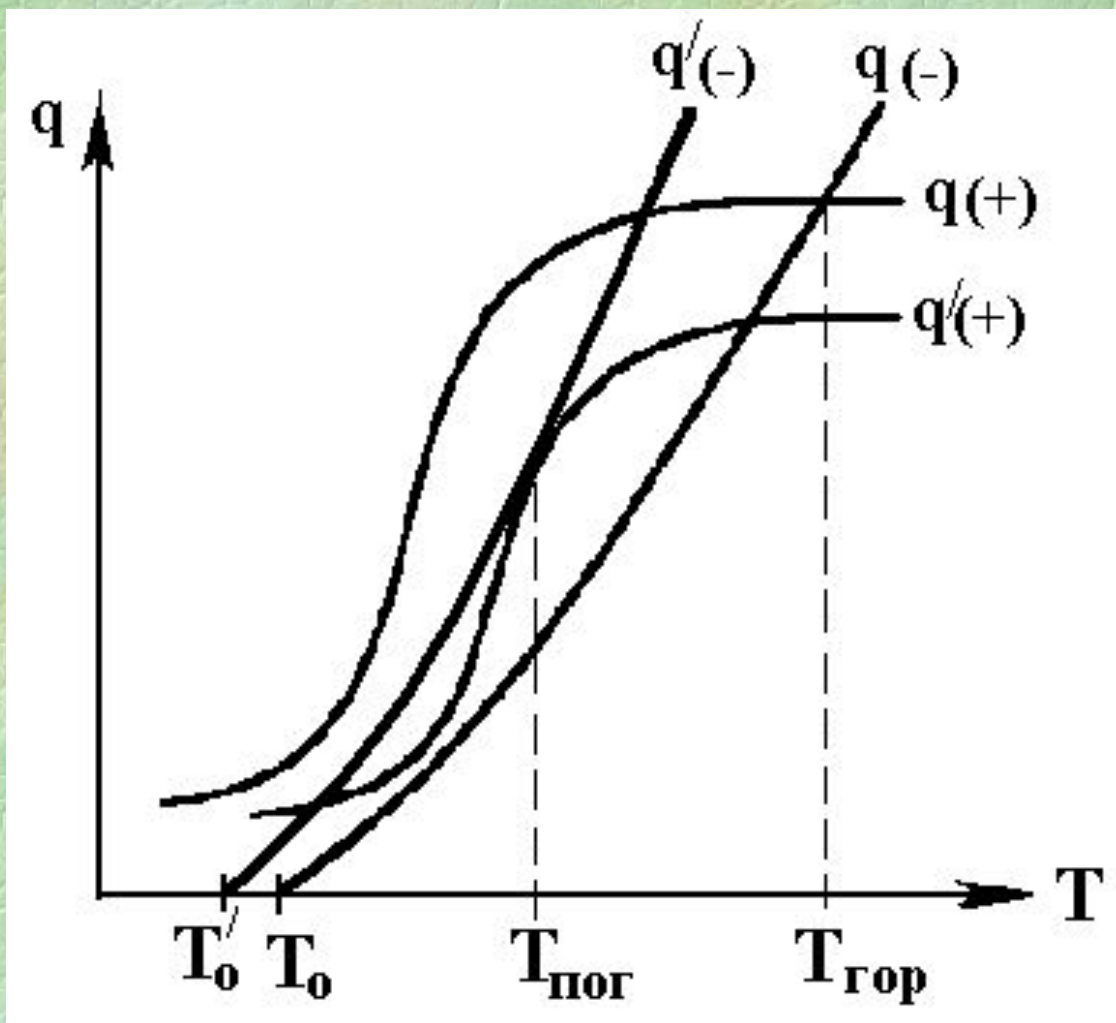
1. Механізм припинення горіння охолодженням
2. Теоретична інтенсивність подачі води на гасіння пожежі
3. Методи підвищення вогнегасної ефективності води

1. МЕХАНІЗМ ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ ОХОЛОДЖЕННЯМ

Припинення горіння охолодженням ґрунтується на зниженні температури в зоні реакції до температури погасання за рахунок:

- збільшення інтенсивності тепловіддачі при охолодженні самої зони горіння;
- зменшення інтенсивності тепловиділення при охолодженні поверхні конденсованої горючої речовини.

Графічне відображення критичних умов припинення горіння при застосуванні охолоджуючих вогнегасних засобів



Охолодження зони горіння.

Під час гасіння газів або пароповітряних сумішей необхідно *температуру зони реакцій зменшити до температури погасання $T_{\text{пог}}$* . Для цього необхідно забезпечити певну інтенсивність тепловідводу із зони горіння:

$$Q_{\text{відв.зг}} > \sum c_{p_{\text{пг}i}} g_{\text{пг}i} (T_{\text{гор}} - T_{\text{пог}}) \text{ кДж} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$T_0 = 300\text{К}$$

$$T_{\text{гор}} = 1500\text{К} \quad \Delta T = 1200\text{К} \quad - \quad 60\% Q_{\text{H}}$$

$$T_{\text{гор}} = 1500\text{К}$$

$$T_{\text{пог}} = 1300\text{К}$$

$$\Delta T = 200\text{К} \quad - \quad x\% Q_{\text{H}}$$

$$x = \frac{200 \cdot 60\% Q_{\text{H}}}{1200} = 10\% Q_{\text{H}}$$

$$Q_{\text{відв.зг}} \approx 0,1 Q_{\text{г}}' = 0,1(40\,000 \div 50\,000) = 4\,000 \div 5\,000, \text{ кДж} / \text{с}.$$

Охолодження поверхні горючих речовин

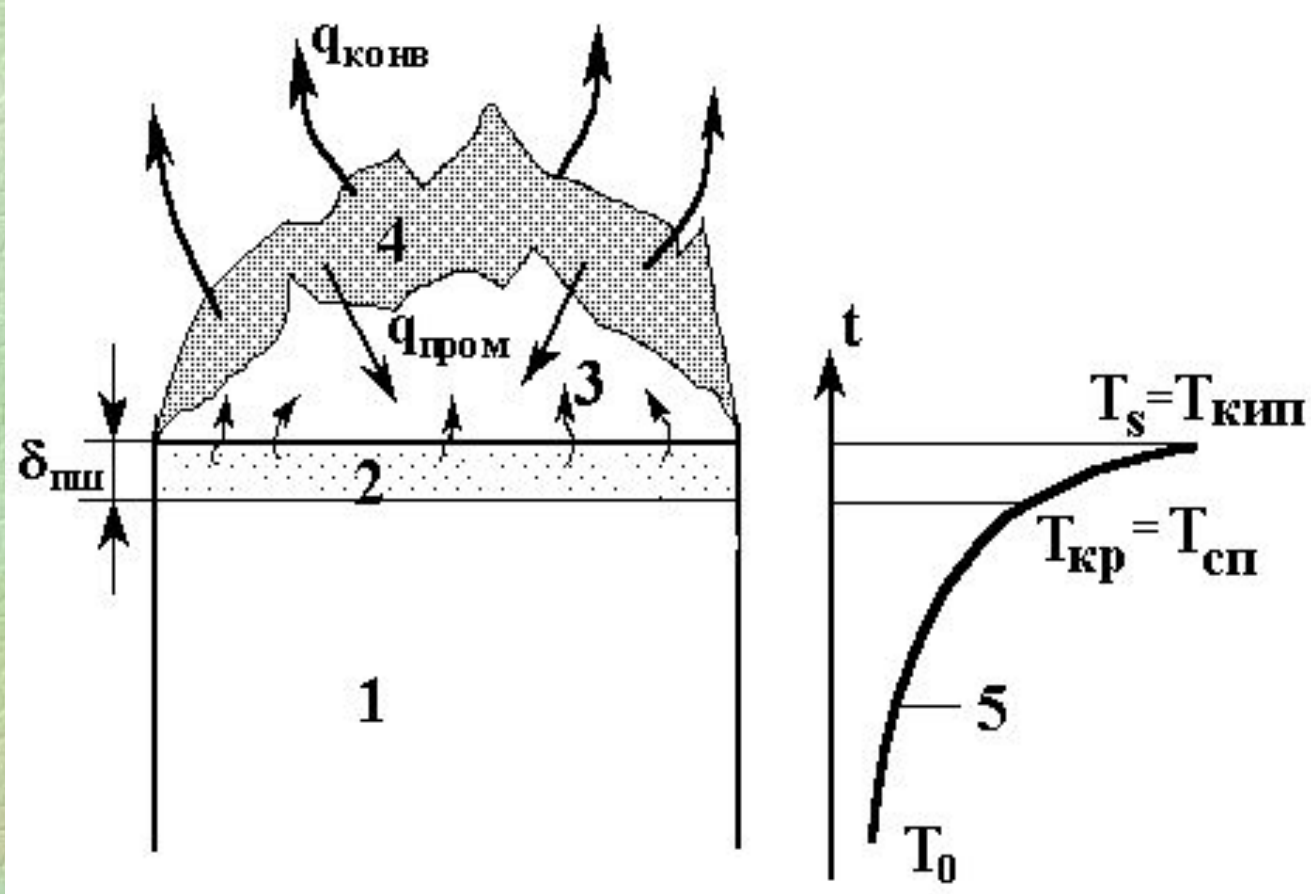
Надійного ефекту гасіння можна домогтися тільки після того, як температура поверхневих шарів стане меншою, ніж критична температура. При цьому інтенсивність надходження горючих газів чи пари в зону реакції знизиться, концентрація стане менше, ніж ϕ_n , горіння припиниться.

Для рідин критичною є *температура спалаху*:

$$t_{\text{пш ГР}} < t_{\text{сп}}$$

Для ТГМ критичною є *температура піролізу*

$$t_{\text{пш ТГМ}} < t_{\text{пір}}$$



- 1 – горюча рідина (або ТГМ);
- 2 – поверхневий шар, прогрітий вище за $t_{\text{сп}}$ (або $t_{\text{пір}}$), товщиною $\delta_{\text{пш}}$;
- 3 – горючі гази, які утворюються в процесі газифікації;
- 4 – факел полум'я;
- 5 – епюра температур в рідині (ТГМ) при сталому горінні.

Для припинення горіння *рідин* необхідно не тільки охолодити її поверхневий шар до температури менше $t_{сп}$, але також і компенсувати тепло, що весь час підводиться до поверхні рідини випромінюванням із зони горіння під час гасіння:

$$Q_{відв\ рід} \geq q_{пром} \tau_{гас} + Q_{зап\ рід}$$
$$Q_{зап\ рід} = c_{р\ рід} \rho_{гр} \delta_{пш\ рід} (t_{кип} - t_{сп})$$

Для припинення горіння *ТГМ* необхідно враховувати також конвекційний потік тепла.

$$Q_{відв\ ТВ} \geq \tau_{гас} (q_{пром} + q_{конв}) + Q_{зап\ ТВ}$$
$$Q_{зап\ ТВ} = c_{р\ ТВ} \rho_{ТВ} \delta_{пш\ ТВ} (t_s - t_{пір})$$

Вода, як охолоджуючий ВЗ.

Переваги води як вогнегасного засобу:

- екологічна чистота;
- відсутність шкідливого впливу на людей;
- доступність і дешевизна;
- можливість довгого зберігання без зміни властивостей;
- легкість транспортування і застосування води (доставки її в зону горіння);
- термічна стійкість;
- поглинання теплового випромінювання;
- адсорбційна здатність води при димоосажденні;
- деякі горючі рідини, змішуючись з водою, утворюють негорючі розчини.

Недоліки води як вогнегасного засобу:

- порівняно *висока реакційна здатність*, що обумовлює неможливість використання води для гасіння речовин, з якими вода бурхливо реагує або розкладається;
- *електропровідність води*, особливо водних розчинів, що обумовлює неможливість використання води для гасіння електроустановок під напругою;
- порівняно *мала в'язкість* води, через що вода швидко стікає з похилих поверхонь, які горять;

- ***високий коефіцієнт поверхневого натягнення***, що ускладнює проникнення води углиб матеріалу, погано змочує ТГМ і особливо волокнисті матеріали;
- ***мала питома площа контакту*** компактних струменів з факелом полум'я, що знижує ефективність охолодження зони горіння;
- ***висока температура замерзання*** води, що ускладнює використання води при від'ємних температурах;
- ***густина більша, ніж у деяких горючих рідин*** (нафтопродуктів), що обумовлює занурення води при подачі її на поверхню горючої рідини.

Твердий діоксид вуглецю.

Використовується в тих випадках, коли застосування води неможливе або малоефективне. Твердий діоксид вуглецю має ряд переваг перед водою:

- не проводить електричний струм;
- має низьку початкову температуру (- 78,4°C);
- густина менше густини більшості рідин;
- повністю переходить в газову фазу при сублімації (минає рідку фазу);
- газова фаза, що утворюється, має густину вище за густину повітря і активно флегматизує процес горіння.

2. ТЕОРЕТИЧНА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПОДАЧІ ВОДИ НА ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ

Тепло, яке потрібно відвести від зони горіння, може бути поглинене вогнегасним засобом на проходження ендотермічних процесів - нагрів і фазовий перехід. Кількість поглиненої енергії складається з:

$$Q_{\text{погл}} = Q_{\text{нагр 1}} + Q_{\text{ф.п}} + Q_{\text{нагр2}}, \text{ кДж/кг}$$

$Q_{\text{нагр.1}}$ – теплота нагріву ВЗ від початкової температури до температури фазового переходу;

$Q_{\text{ф.п}}$ – теплота фазового переходу (сублімації або випаровування);

$Q_{\text{нагр.2}}$ – теплота нагріву пари (газу) від температури фазового переходу до температури зони горіння.

Питому кількість енергії, що поглинається 1 кг води, можна оцінити як:

$$Q_{\text{погл}} = Q_{\text{наг}}^{\text{рід}} + \Delta I_{\text{вип.}} + Q_{\text{наг}}^{\text{пар}} = \\ = c_{\text{р}}^{\text{рід}} (t_{\text{кип}} - t_{\text{о}}) + \Delta I_{\text{вип.}} + c_{\text{р}}^{\text{пар}} (t_{\text{гор}} - t_{\text{кип}})$$

де $c_{\text{р}}^{\text{рід}}$ - теплоємність води **4,18** кДж/(кг К);

$\Delta H_{\text{ф.п.}}$ - теплота пароутворення **2260** кДж/кг;

$c_{\text{р}}^{\text{пар}}$ - теплоємність пари **1,96** кДж/(кг К).

Якщо початкова температура води 20°C , а температура горіння 1200°C , то кількість тепла, яку може поглинути 1 кг води, дорівнює:

$$Q_{\text{погл}} = 4,2 \cdot (100 - 20) + 2260 + 1,9 \cdot (1200 - 100) = 4465 \text{ кДж/кг}$$

Гасіння відбудеться за умови:

$$Q_{\text{погл}} \geq Q_{\text{відв}}$$

Питома теоретична витрата вогнегасного засобу для припинення горіння складає:

$$g_{\text{теор}} = \frac{Q_{\text{відв}}}{Q_{\text{погл}}}, \left[\frac{\text{л}}{\text{кг}} \right]$$

Якщо охолоджують зону горіння, питома витрата води дорівнює:

$$g_{\text{теор}} = \frac{0,1Q'_{\text{н}}}{Q_{\text{погл}}} = \frac{0,1 \cdot 45\,000}{4500} = 1 \text{ л / кг}$$

На практиці в зону реакції горіння попадає не більше за 80 % води, яка не нагрівається до температури кипіння, а лише біля 70 % нагрівається максимально до 80°C, при цьому випаровується не повністю, а переходить в пару не більше за 75 %, а в зоні горіння залишається і нагрівається до температури погасання біля 75 % пари.

Тоді питома кількість тепла, що поглинається водою, оцінюється як:

$$Q_{\text{погл}} = 0,7c_p^{\text{рід}}(80 - t_0) + 0,55\Delta I_{\text{вип.}} + 0,4c_p^{\text{пар}}(t_{\text{гор}} - 80)$$

Теоретичну інтенсивність подачі охолоджуючого вогнегасного засобу на гасіння можна розрахувати як:

$$I_{\text{теор}} = v_m K_{\text{п}} g_{\text{теор}}, \left[\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \right]$$

Коефіцієнт використання води в якості вогнегасного засобу:

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

Коефіцієнт використання води на пожежі при подачі її в осередок горіння компактними струменями не перевищує 10%, а в деяких випадках становить 2%.

3. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДИ

Найбільший ефект при гасінні водою досягають, якщо вся подана вода випарується за рахунок відведення тепла від факела полум'я або від прогрітого шару палаючої горючої речовини.

Кількість тепла, яку поглинає крапля води при контакті з поверхнею матеріалу:

$$Q = \tau S_k \alpha (T_{\text{пов.}} - T_k)$$

Отже, збільшення часу і площі контакту, коефіцієнту тепловіддачі призводять до зростання кількості тепла, що відбирається вогнегасною речовиною від поверхні горіння.

Для підвищення вогнегасної ефективності води використовують два основні *методи*:

- зміна фізичних характеристик водяних струменів;
- хімічна модифікація властивостей водних розчинів.

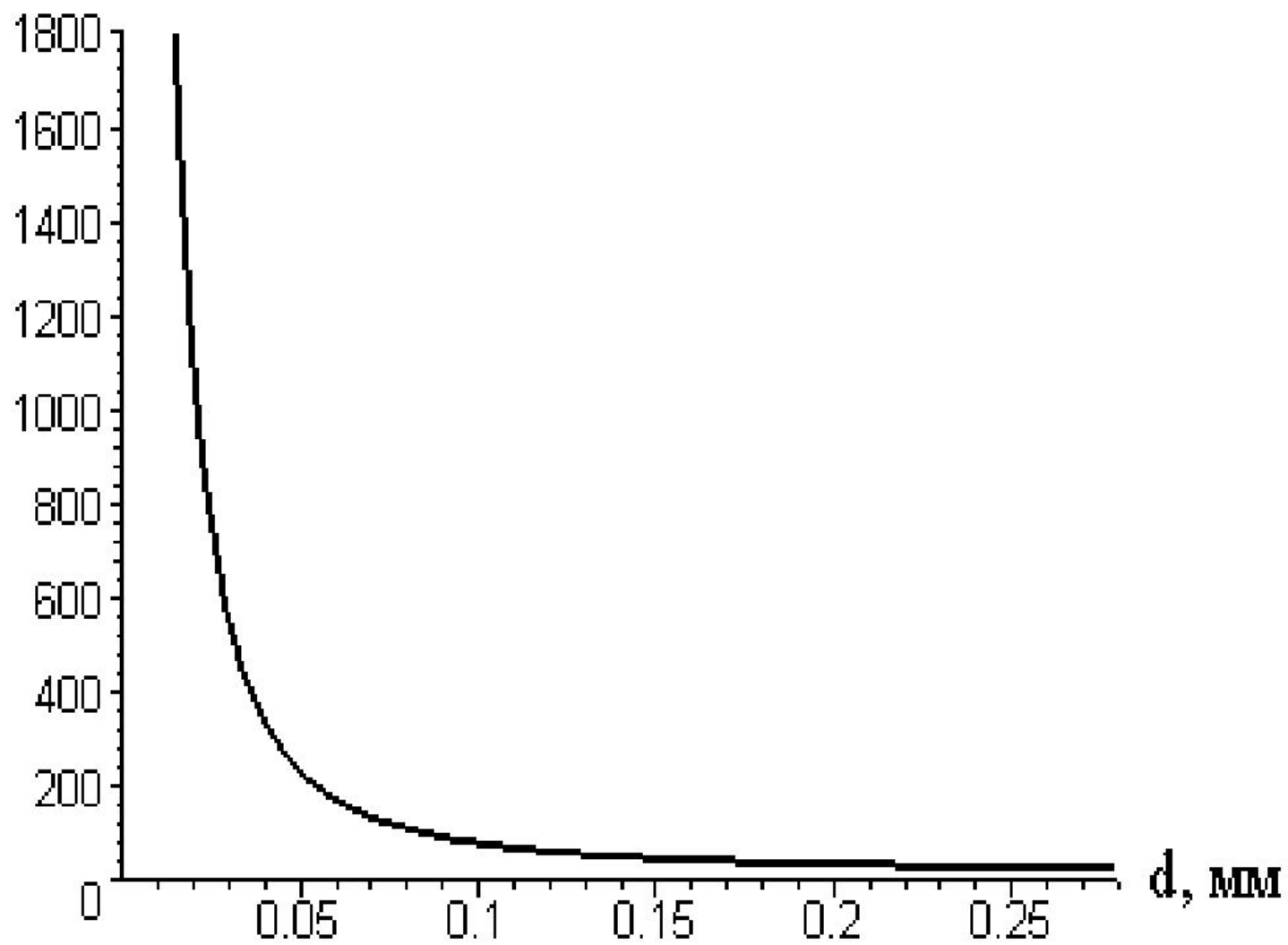
Способи підвищення вогнегасної ефективності води:

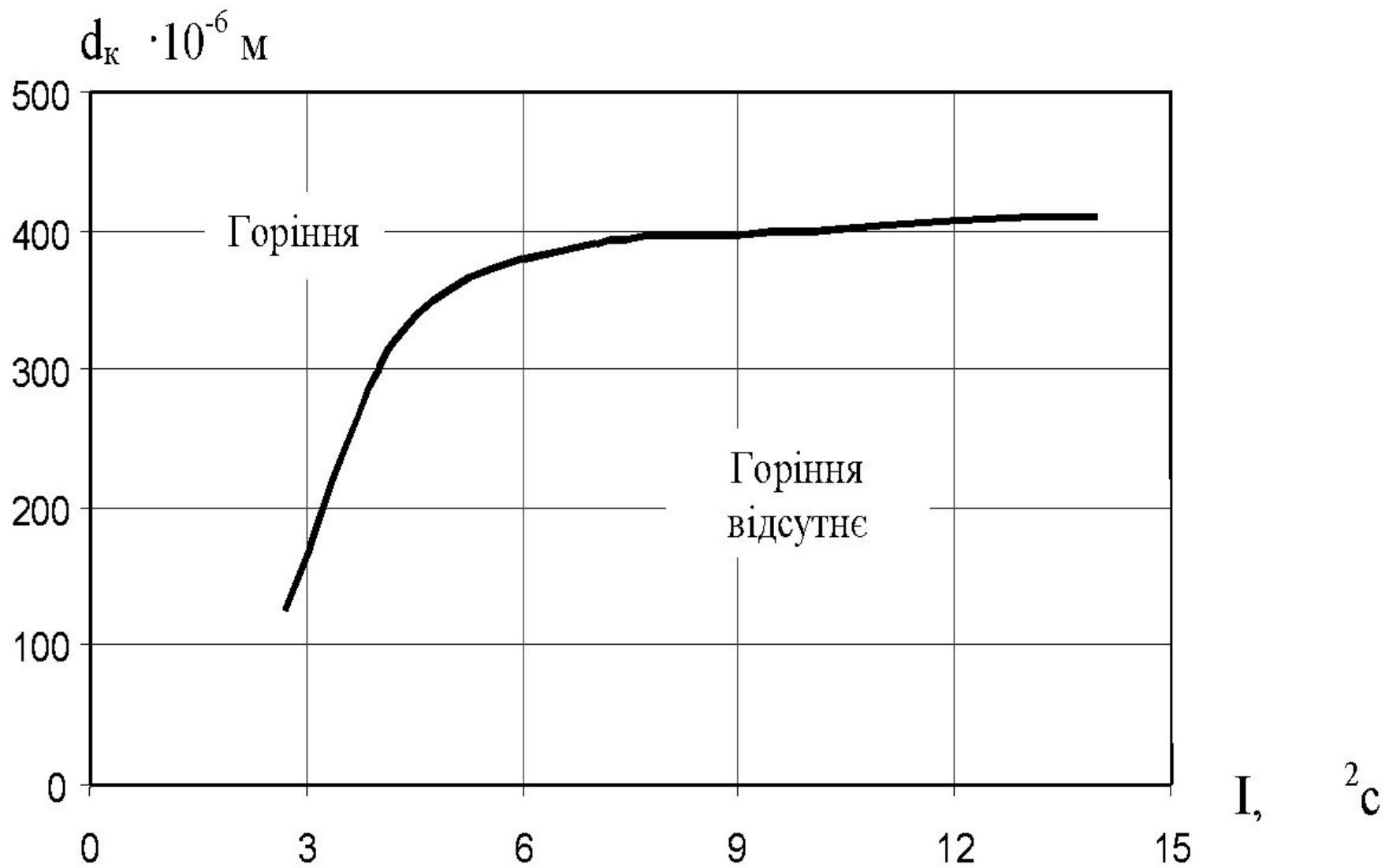
1. Застосовувати *розпилені і дрібнорозпилені струмені*. При цьому збільшення дисперсності потоку призведе до збільшення поверхні контакту води з нагрітими газами і різкого збільшення інтенсивності випаровування.

Для того щоб краплі води не уносилися потоками продуктів горіння із зони горіння, ефективний діаметр краплі води повинен бути не менше, чим:

$$d_k = \frac{3C_x \rho_g v_{\text{ВІТ}}^2}{4g\rho_k}$$

$dQ/d\tau, \text{кВт}$





2. Для збільшення частки води, яка встигає перейти у пару в зоні горіння, застосовують *попередній нагрів води*.

1 кг води під час нагріву від 20°C до 80°C забирає від зони горіння близько 250 кДж, а в процесі випаровування - 2260 кДж.

Холодна вода, пролітаючи через зону горіння, не встигає достатньо нагрітися, отже швидкість випаровування незначна.

3. Для зниження сил поверхневого натягнення і підвищення здатності води проникати в шари матеріалу, що горить, необхідно використати поверхово активні речовини - *змочувачі*.

Застосування змочувачів (2 % піноутворювачів) при гасінні волокнистих матеріалів дозволяє в двічі підвищити ефективність використання води, знизити інтенсивність подачі і кількість підрозділів, задіяних у гасінні пожеж.

Параметр пожежогасіння	Вода	
	без добавки	з добавкою
Час гасіння, с	206	90
Загальна витрата води, л	16	3,6
Питома витрата, л/м ²	25	5,6
Критична інтенсивність подачі, л/м ² с	0,12	0,06

4. Для запобігання стіканню води і збільшенню дальності польоту струменів води можна додавати *згущувачі*, які сприяють прилипанню тонкого шару води до твердого матеріалу й утриманню його на поверхні. Крім охолоджуючої дії плівка «в'язкої» води чинить додаткову ізолюючу й екрануючу дію.

В якості згущувачів застосовують Na-КМЦ, поліакрилову кислоту (ПАК), поліокс, метилцелюлозу, полісилікат натрію, полівініловий спирт (ПВС).

5. Для пониження температури замерзання у воду **додають антифризи** (деякі мінеральні солі, гліколі).
6. Для досягнення ефекту хімічного гальмування реакції горіння можна використати **добавки галоїдвмісних солей**, наприклад $NaCl$. У розпиленому стані краплі води випаровуються, і солі переходять в дрібно дисперсний порошок, який гальмує реакцію горіння.
7. Підвищити вогнегасну ефективність води можна при введенні **пропілентів** – низькокиплячих органічних рідин. При потраплянні в зону горіння емульсії таких речовин у воді відбувається перегрів добавки, що призводить до миттєвого пароутворення пропіленту та дроблення краплі водної емульсії. Це сприяє інтенсивному випаровуванню «осколків» краплі вогнегасного засобу, а, отже, інтенсивному охолодженню парогазової фази й зриву полум'я.

Завдання на самопідготовку

- Повзик, П.П. Ключ, А.М. Матвейкин. Пожежна тактика. С. 16-24; 28-30.
- Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. Фізико-хімічні основи розвитку і гасіння пожеж. С. 146-149; 182-199; 158-172.