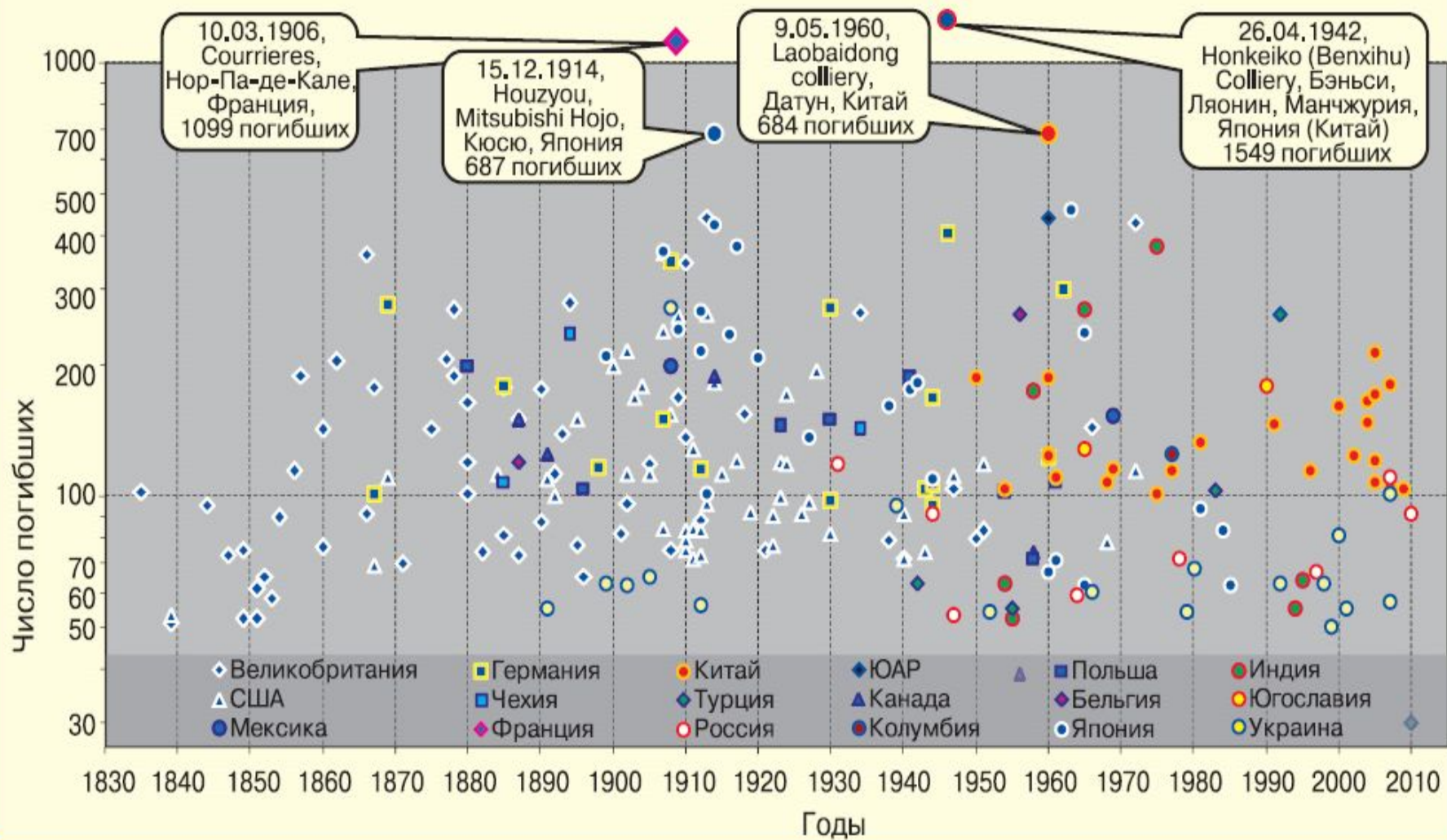


# **Розділ III.**

## **РОЗВИТОК ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ**

### **Тема 11. ГОРІННЯ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ**

#### **(ПИЛО-ПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ)**



Распределение по годам крупнейших аварий в шахтах угледобывающих стран

# План лекції

1. Характеристика та властивості пилу.
2. Закономірності горіння дисперсних систем.
3. Поширення горіння в дисперсній системі
4. Класифікація пилу за пожежною небезпекою.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА та ВЛАСТИВОСТІ ПИЛУ

*Пил* - колоїдна система, що складається з твердої дисперсної фази і газового дисперсійного середовища.

*Аерозоль* - пил, завислий у повітрі.

*Аерогель* – пил, осілий з повітря, але кожна частка все одно оточена повітрям.

*Властивості пилу* - визначають його пожежну небезпеку.

**1. Дисперсність** – це міра подрібнення;  
розрізняють пил:

**мілкодисперсний**  $d_{\text{ч}} = 10^{-5} \div 10^{-8}$  см

**середньодисперсний**  $d_{\text{ч}} = 10^{-3} \div 10^{-5}$  см

**грубодисперсний**  $d_{\text{ч}} > 10^{-3}$  см (мала дисперсність, швидко осаджується, має меншу питому поверхню, хімічну активність адсорбційну здатність, схильність до електризації)

Класифікують пил на: **монодисперсний** (частки однакового розміру) і **полідисперсний** (частки різного розміру).

***Хімічна активність*** - здатність пилу вступати в хімічні реакції з іншими речовинами. Дрібнодисперсний пил має більшу реакційну поверхню, а тому й хімічну активність. Тому, навіть матеріали з низькою реакційною здатністю у стані пилу здатні до самозаймання (A1).

***Адсорбційна здатність*** - це поглинання газів мікропорами пилу з виділенням тепла. Поглинання негорючих газів зменшує пожежну небезпеку, кисню та горючих газів - збільшує.

***Електризація*** - здатність поверхні пилу набувати електричний заряд шляхом адсорбції іонів, при терті, подрібненні, контакті з зарядженою поверхнею (до 10кВ).

Чим більша швидкість рушення пилу і дисперсність, тим більша величина заряду накопичуваної статичної електрики.

Електризація збільшує стійкість хмари пилу і загрозу виникнення іскрового розряду та вибуху. Тому необхідне заземлення металевих частин приладів

## 2. ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ГОРІННЯ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

При *впливі ДЗ* частка пилу нагрівається до температури фізико-хімічних перетворень, газифікується (крім безгазових ТГМ) з утворенням газоповітряної сфери з  $\phi_{\text{ГГ}} \geq \phi_{\text{Н}}$ ; нагрів до  $T_{\text{займ}}$  і утворення “*вогненної сфери*”.



# *Вимушене запалювання пилу*

*Мінімальна енергія запалювання  $E_{min}$*  – це найменша енергія електричної іскри, достатня для нагріву та фазового переходу матеріалу.

*Температура займання пилу  $T_{займ}$*  – це найменша температура пилу, за якої кількість газоподібних продуктів достатня для запалювання від ДЗ.

$T_{займ}$  та  $E_{min}$  пилу залежать від:

- стану:  $T_{займ.АГ}; E_{min АГ} < T_{займ,АЗ}; E_{min АЗ};$
- Дисперсності:  $d_{ч} \downarrow T_{займ}, E_{min} \downarrow;$
- Вогкості:  $W \uparrow T_{займ}, E_{min} \uparrow;$
- вмісту кисню в повітрі  $\phi_{O_2} \uparrow T_{займ}, E_{min} \downarrow;$
- вмісту негорючих газів  $\phi_{нг} \uparrow T_{займ}, E_{min} \uparrow.$

**Самоспалахування пилу** - виникнення горіння внаслідок різкого збільшення швидкості реакції окиснення матеріалу пилу або газоподібних продуктів нагріву.

**Температура самоспалахування пилу** - найменша температура, за якої самоспалахує матеріалу пилу або продукти його газифікації.

$T_{ccA3} > T_{ccAГ}$   
(оскільки в аерогелі тепло краще накопичується)

$d_{ч} \downarrow T_{cc} \downarrow$

*Самозаймання* характерне лише для аерогелю, де є акумуляція тепла в товщі шару пилу.

Пил полімерів схильний до *теплогого СЗ*.

Вугільний пил - до *фізичного СЗ*.

Пил ЦВМ - до *теплогого та мікробіологічного СЗ*.

Металевий пил - до *хімічного СЗ*.

### 3. ПОШИРЕННЯ ГОРІННЯ В ДИСПЕРСНІЙ СИСТЕМІ

Поширення горіння відбувається за рахунок передачі тепла випромінюванням від частки, що горить, до холодних часток за *естафетним механізмом*.

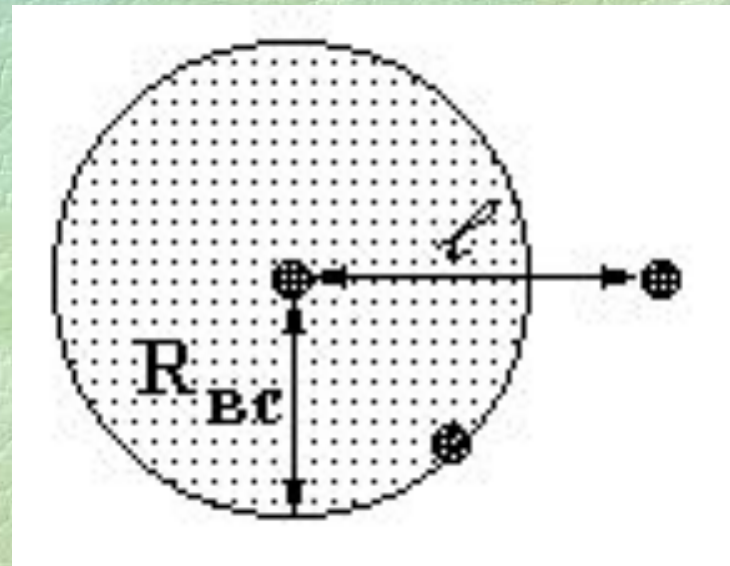
Умовою поширення горіння

є попадання в зону впливу

“вогненної сфери”

холодної пилінки:

$$l < R_{вс}$$



### ***3.1 Особливості горіння аерогелю***

Горіння пилу в осілому стані подібно горінню ТГМ, з якого цей пил отримано, але має особливості:

1.  $T_{\text{займ}}$  та  $\tau_{\text{займ}}$  для пилу менші, ніж для ТГМ, а швидкість поширення горіння  $v_f$ , схильність до самозаймання, виникнення тління більші за рахунок великої питомої поверхні та наявності кисню.
2. Аерогель може *переходити у завислий стан* при струшуванні, дії вітру, турбулентності біля полум'я, та вибухати.

## ***3.2. Особливості горіння аерозолю***

Аерозолі є гетерогенними системами, і їх поведінка визначається властивостями ТГМ.

З газоповітряними сумішами аерозолі схожі можливістю виникнення вибуху.

Параметрами пожежної небезпеки аерозолю є:  
 **$KM\Pi\Pi, T_{cc}, E_{min}, P_{виб.}$**

***Відмінності горіння аерозолю від горіння газів:***

1)  **$E_{minA3} \gg E_{minGA3IB}$**  – оскільки необхідна додаткова енергія на фазовий перехід.

- 2) Аерозолі схильні до злипання і осадження, тому їх вибухонебезпеку характеризують тільки за *НКМПП*.
- 3) *Швидкість поширення горіння в аерозолі на порядок вище* ніж в газах, оскільки передача тепла здійснюється випромінюванням за естафетним механізмом.
- 4) Стадії запалювання АЗ: 1. Попередній нагрів. 2. фізико-хімічні перетворення, 3. Утворення ТВЗ та ЛПР, 4. Нагрів АЗ до  $T_{займ}$ , досягнення  $\varphi_n$ , швидке окислення. 5. Виникнення горіння.

5) Для аерозолю характерні *режими горіння*:

- *гомогенний* – для продуктів газифікації пилу *ТГМ 1*.
- *квазігомогенний* - гетерогенне горіння окремих часток для безгазових ТГМ, але загалом горіння виглядає, як полум'я;
- *змішаний* для пилу з *ТГМ 2* - ЛПР горять гомогенно, а ТВЗ - гетерогенно.

6) Первинний спалах пилу переводить в стан аерозолю значні кількості аерогелю з подальшим вибухом і виникають *поетапні вибухи*.

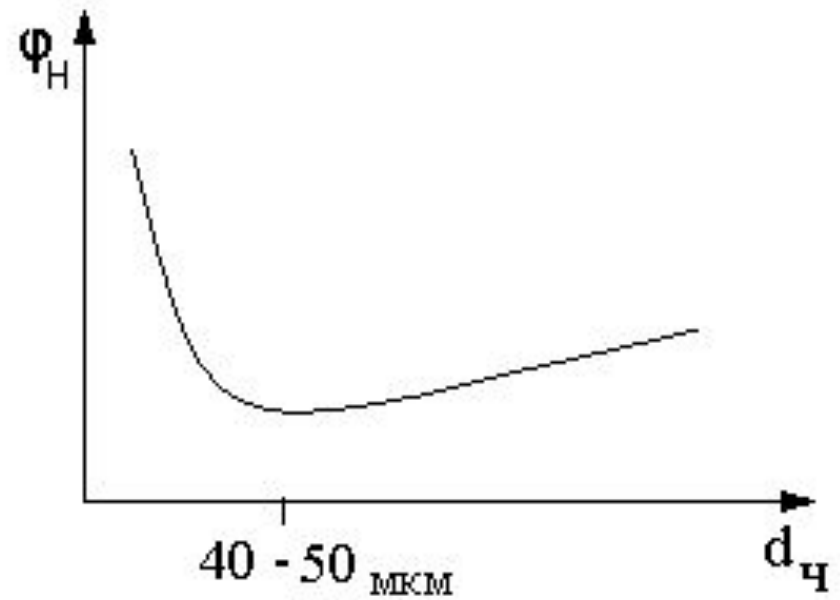


### 3.3 Фактори, що впливають на вибухонебезпеку аерозолію

фактор	$\Phi_H$	Tзап
волога $W, \% \uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
Вміст летючих компонентів, $V \uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
Зольність, $A \uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
$\Phi_{нг} \cdot \uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
Едз; $\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
$T_0 \uparrow$ спочатку втрата кисню з пилу, далі $q(-) \downarrow$	спочатку $\uparrow$ , далі $\downarrow$	$\downarrow$
$P. \uparrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
$\phi_{O_2} \uparrow$ (існує $\phi_{МВКК}$ – коли вибуху не буде)	$\downarrow$	$\downarrow$
<i>Вміст горючих газів (<math>\phi_{гг}</math>) <math>\uparrow</math></i>	$\downarrow$	$\downarrow$

дисперсність часток ( $d_{\text{ч}}$ )

- $d_{\text{ч}} \downarrow$   $S_{\text{пит}} \uparrow$   $\omega_{\text{хр}} \uparrow$   $q(+)\uparrow$   $\varphi_{\text{н}} \downarrow$
- $d_{\text{ч}} \downarrow$   $R_{\text{вс}} \downarrow$   $l \downarrow$   $\varphi_{\text{н}} \uparrow$



- Грубодисперсний пил є повільно прогрівається і ЛПР розсіюються, дрібнодисперсний пил – швидко прогрівається і має мало ЛПР.
- Вміст горючих газів  $\phi_{\text{гг}}$  у аерозолі створює *гібридні суміші*, для яких: 1. Важкогорючий пил горить; 2. тиск вибуху підвищується. 3. пил і газ, взяті у безпечній концентрації, разом можуть горіти.

## 4. КЛАСИФІКАЦІЯ ПИЛУ ЗА ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

У стані **аерозолю** за основний параметр пожежної небезпеки приймається **НКМПП**.

У стані **аерозолю** та **аерогель** пил може самоспалахувати і для оцінки пожежонебезпеки великих концентрацій використовують **температуру самоспалахування**.

Тому горючий пил за пожежною небезпекою поділяють на дві групи і чотири класи.

## I група - вибухонебезпечний пил

Пил, що здатний до вибуху і має  $\phi'_{\text{н}} \leq 65 \text{ г/м}^3$ ,  $\Delta P_{\text{виб}} \geq 5 \text{ кПа}$ .

### **1 клас - найбільш вибухонебезпечний пил**

$$\phi'_{\text{н}} \leq 15 \text{ г/м}^3;$$

### **2 клас - вибухонебезпечний пил**

$$15 \text{ г/м}^3 < \phi'_{\text{н}} \leq 65 \text{ г/м}^3;$$

## II група - пожежонебезпечний пил

Пил, який має  $\phi'_{\text{н}} > 65 \text{ г/м}^3$

### **3 клас - найбільш пожежонебезпечний пил**

$$T_{\text{cc}} \leq 250^\circ\text{C};$$

### **4 клас - пожежонебезпечний пил**

$$T_{\text{cc}} > 250^\circ\text{C}.$$

Для аерозолію органічних речовин з частками до 10 мкм НКМПП пилу і пари співпадають:

$$\varphi_{\text{H}}^{\circ} = \frac{100}{1 + 0,0246 * \Delta H_{\text{f}}^{\circ} + \sum_j h_j m_j}, \%$$

Масову НКМПП розраховують за формулами Монахова:  
для *мілкодисперсного* пилу ( $d_{\text{ч}} < 10$  мкм):

$$\varphi_{\text{H}}' = 0,41 \cdot \mu \cdot \varphi_{\text{H}}^{\circ}, \quad \text{Г} \cdot \text{М}^{-3};$$

для *крупнодисперсного* пилу ( $d_{\text{ч}} = 40-50$  мкм):

$$\varphi_{\text{H}}' = 0,164 \cdot \mu \cdot \varphi_{\text{H}}^{\circ}, \quad \text{Г} \cdot \text{М}^{-3};$$

Після 40-50 мкм НКМПП починає знов зростати.

*Формула Шоневальда* пов'язує

масову НКМПП та масову теплоту згоряння з коефіцієнтами за класами речовин:

$$\varphi_{\text{H}}' = a + \frac{b \cdot 10^6}{Q_{\text{H}}'}$$

# Завдання на самопідготовку:

## 1. Проробити літературу:

1. Демидов, Шандыба, Щеглов - Горение и свойства горючих веществ. Стр. 148-156;

2. Демидов, Саушев - Горение и свойства горючих веществ. Стр. 225-232;

3. Баратов, Корольченко - Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и их средства тушения. Стр. 20-21

## 2. Підготуватися до практичного заняття та лабораторної роботи