

# **МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ**

**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ  
МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ  
ГОРІННЯ.**

# 1. Визначення матеріального балансу

Матеріальний баланс реакції горіння – рівність між кількістю речовин, що вступають у реакцію, та кількістю речовин, що утворюються внаслідок цієї реакції.

Горюча речовина + Окислювач →

Продукти горіння

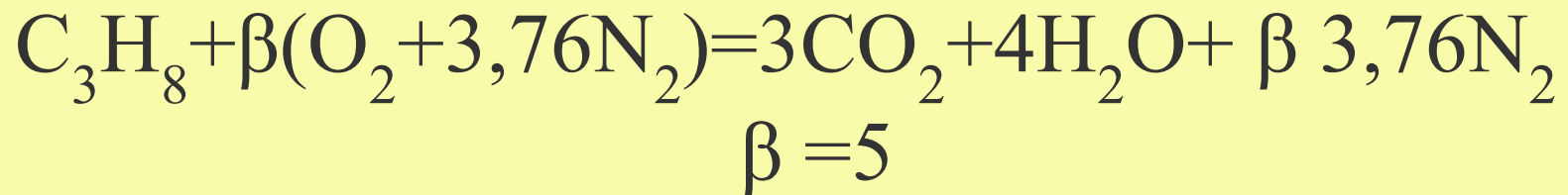
$$\Sigma m_{гс} = \Sigma m_{пг}$$

Узагальнений запис матеріального балансу реакції горіння у повітрі:

$$ГР + \beta \cdot (O_2 + 3,76 N_2) = \Sigma n_i ПГ_i + \beta \cdot 3,76 N_2$$

Горюча суміш, склад якої відповідає рівнянню реакції горіння, називається **стехіометричною**.

**Стехіометричний коефіцієнт  $\beta$**  показує скільки молей повітря необхідно для повного згорання одного молю горючої речовини.



## 2. Витрата повітря на горіння

Під час горіння розрізняють **питому** та **повну**, **теоретичну** та **дійсну** кількість повітря.

- **питома** кількість повітря - кількість повітря, яка необхідна для згорання одиниці кількості горючої речовини ( $n_{\text{п}}$ ,  $v_{\text{п}}$ ), моль/моль,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , кг/кг);
- **повна** кількість повітря - кількість повітря, яка необхідна для згорання визначеної кількості горючої речовини ( $n_{\text{п}}$ ,  $v_{\text{п}}$ ), моль,  $\text{м}^3$ , кг;
- **теоретична** кількість повітря - мінімальна кількість повітря, яка необхідна для повного згорання горючої речовини ( $n_{\text{п}}^0$ ,  $v_{\text{п}}^0$ );
- **дійсна** кількість повітря - кількість повітря, яка витрачається на згорання горючої речовини за даних умов ( $n_{\text{п}}$ ,  $v_{\text{п}}$ );.

Різниця між дійсною кількістю повітря, що йде на горіння, і теоретично необхідною, називається надлишком повітря.

$$\Delta n_{\text{п}} = n_{\text{п}} - n^0_{\text{п}}$$

Коефіцієнт надлишку повітря ( $\alpha_{\text{п}}$ ) показує у скільки разів кількість повітря, що дійсно надходить до зони горіння, відрізняється від теоретично необхідної кількості повітря для повного згоряння горючої речовини.

$$\alpha_{\text{п}} = \frac{n_{\text{п}}}{n^0_{\text{п}}}$$

$$\Delta n_{\text{п}} = n_{\text{п}} - n^0_{\text{п}} = n^0_{\text{п}} (\alpha_{\text{п}} - 1)$$

# кінетичне горіння

- $\alpha_{\text{п}} = 1$  - суміш горючої речовини з повітрям є стехіометричною.
- $\alpha_{\text{п}} < 1$  - суміш **багата** (нестача окислювача і надлишок горючої речовини), утворюються продукти неповного згоряння.
- $\alpha_{\text{п}} > 1$  - суміш **бідна** (нестача горючої речовини і надлишок окислювача), продукти горіння містять в собі надлишок повітря  $\Delta v_{\text{п}}$ .

Критичні значення коефіцієнта надлишку повітря відповідають сумішам з критичним вмістом кисню та горючої речовини.

$$\alpha_{\text{min (max)}} = \frac{100 - \varphi_{\text{в(н)}}}{v_{\text{п}}^0 \varphi_{\text{в(н)}}}$$

# дифузійне горіння

При дифузійному горінні кисень повітря згоряє не повністю.

Полум'яне горіння припиняється, якщо вміст кисню у повітрі зменшується до  $\approx 14\%$ .

Гетерогенне горіння може існувати при вмісті кисню в горючій суміші до  $5\%$ .

**Коефіцієнт надлишку повітря** визначається як відношення відсоткового вмісту кисню у повітрі до його відсоткового вмісту у продуктах горіння.

$$\alpha_{\text{п}} = \frac{21}{21 - \%O_2}$$

# **3. Продукти горіння.**

## **Дим та його властивості.**

**Продукти горіння** – це газоподібні, тверді та рідкі речовини, що утворюються при взаємодії окислювача з горючою речовиною у процесі горіння.

### **Класифікація продуктів горіння:**

**• за агрегатним станом**

**газоподібні                      рідкі                      тверді**

**• за повнотою згоряння**

**продукти повного згоряння                      продукти неповного згоряння**

**• за хімічним складом**

**хімічно інертні                      реакційноздатні.**



**Дим** - дисперсна система, що складається з твердих і рідких часток (дисперсної фази), завислих у газовому дисперсійному середовищі.

### **Властивості диму:**

**– непрозорість**

**Густина задимлення** – відношення інтенсивності світла  $I_{\text{п}}$ , яке пройшло через шар диму, до інтенсивності світла  $I_0$ , що падає.

$$D_{\text{д}} = I_{\text{п}} / I_0$$

**– знижена концентрація кисню;**

**– токсичність продуктів горіння**

**– підвищена температура;**

**– можливість утворення вибухонебезпечних концентрацій продуктів неповного згорання.**

# Способи боротьби з димом

- використання розпиленої води, при цьому знижується температура диму, відбувається злипання та осаджування твердих часток;
- видалення диму за допомогою димосмоктувачів;
- створення конвекційних потоків за допомогою димових люків або отворів.

**4. РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ ТА  
ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ  
ПРИ ГОРІННІ  
РЕЧОВИН ІНДИВІДУАЛЬНОГО СКЛАДУ**

$$1 \text{ ГР} + \beta (\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2) = \sum n_i \text{ПГ}_i$$

питоме теоретичне число молів

повітря:  $n^{\circ}_{\text{п}} = (1 + 3,76) \cdot \beta = 4,76 \cdot \beta$ , моль/моль;

продуктів горіння:

$$n^{\circ}_{\text{пг}} = \sum n_{\text{пг}i}, \text{ моль/моль};$$

питоме дійсне число молів

повітря:  $n_{\text{п}} = n^{\circ}_{\text{п}} \cdot \alpha_{\text{п}}$ , моль/ моль

продуктів горіння:

$$n_{\text{пг}} = n^{\circ}_{\text{пг}} + (\alpha_{\text{п}} - 1) \cdot n^{\circ}_{\text{п}} \text{ моль/ моль}$$

## 4.1. ГОРІННЯ ГОРЮЧОГО ГАЗУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СКЛАДУ

1 кмоль газу за даних  $P$  і  $T$  займає об'єм  $V_{\mu}$  м<sup>3</sup>.

$$\frac{PV_{\mu}}{T} = \frac{22,4 \cdot 101,3}{273} \quad V_{\mu} = 22,4 \frac{101,3 \cdot T}{273 \cdot P}$$

### ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ:

1 кмоль ГР —  $n^{\circ}_{\text{п}} = 4,76 \cdot \beta$ , кмолів повітря

$V_{\mu}^{\text{ГР}}$  м<sup>3</sup> ГР —  $n^{\circ}_{\text{п}} \cdot V_{\mu}^{\text{п}}$ , м<sup>3</sup> повітря

1 м<sup>3</sup> ГР —  $v^{\circ}_{\text{п}}$ , м<sup>3</sup> повітря

$$v^{\circ}_{\text{п}} = 4,76 \cdot \beta \cdot V_{\mu}^{\text{п}} / V_{\mu}^{\text{ГР}} \quad \text{м}^3/\text{м}^3$$

Якщо ГР і повітря знаходяться за однакових умов, то  $V_{\mu}^{ГР} = V_{\mu}^{п}$ .

### питомі об'єми повітря

теоретичний:  $v_{п}^0 = \beta \cdot 4,76, \text{ м}^3/\text{м}^3$ ;

дійсний:  $v_{п} = \beta \cdot 4,76 \cdot \alpha_{п}, \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

При горінні заданої кількості горючого газу  $V_{гг}, \text{ м}^3$  визначають

### повні об'єми повітря

теоретичний:  $V_{п}^0 = v_{п}^0 \cdot V_{гг}, \text{ м}^3$ ;

дійсний:  $V_{п} = v_{п} \cdot V_{гг}, \text{ м}^3$

## ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ

Якщо ГР і ПГ знаходяться за однакових умов, то  $V_{\mu}^{ГР} = V_{\mu}^{ПГ}$ . Тоді

### питомі об'єми ПГ

теоретичний :  $v_{пг}^{\circ} = \sum v_{пгi}$ , м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

дійсний :  $v_{пг} = v_{пг}^{\circ} + (\alpha_{п} - 1)4,76 \beta$ , м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

### повні об'єми ПГ

теоретичний:  $V_{пг}^{\circ} = v_{пг}^{\circ} \cdot V_{г.г.}$ , м<sup>3</sup>;

дійсний:  $V_{пг} = v_{пг} \cdot V_{г.г.}$ , м<sup>3</sup>

Під час горіння ПГ мають температуру горіння, при цьому відбувається їх температурне розширення

$$V_{п.г.}^{Тгор} = \frac{V_{пг}^{\circ} \cdot T_{гор}}{T_0}$$

# Завдання на самопідготовку:

1. Демидов, Шандыба, Щеглов:- Горение и свойства горючих веществ, стор. 18-29.
2. Демидов, Саушев. Горение и свойства горючих веществ, стор. 24-42.