

ТЕМА 2

МАТЕРІАЛЬНИЙ І ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ

Лекція

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ.

РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ ТА ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИ ГОРІННІ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ

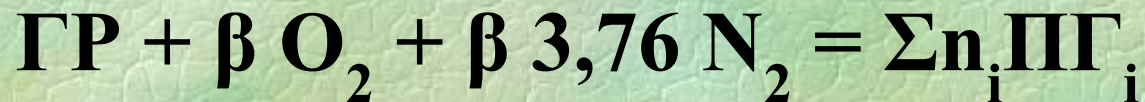
План лекції.

1. Основні поняття матеріального балансу процесу горіння
2. Розрахунок об'єму повітря та продуктів згоряння при горінні індивідуальних речовин.
 - 2.1. Горіння горючого газу індивідуального складу
 - 2.2. Горіння індивідуальних речовин у рідкому або твердому агрегатному стані
3. Розрахунок об'єму повітря та продуктів згоряння при горінні матеріалів складного складу
 - 3.1. Горіння суміші газів.
 - 3.2. Горіння твердих і рідких матеріалів складного складу.

1. Основні поняття матеріального балансу процесу горіння

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

Узагальнений запис матеріального балансу реакції горіння в повітрі:



Стехіометричний коефіцієнт β показує скільки молів кисню необхідно для повного згоряння одного молю горючої речовини.

Розрізняють *питомі* та *повні, теоретичні* та *дійсні* кількості повітря, що витрачається на згоряння горючої речовини, та продуктів згоряння.

- *питома кількість повітря* - кількість повітря, яка необхідна для згоряння одиниці кількості горючої речовини (1 моль, 1 м³, 1 кг);

$$n_{\text{пов}} \text{ [моль/моль]} \quad \text{або} \quad v_{\text{пов}} \text{ [м}^3\text{/м}^3\text{]}, \text{ [м}^3\text{/кг]}$$

- *питома кількість продуктів згоряння* - кількість продуктів горіння, що утворюється при згоряння одиниці кількості горючої речовини (1 моль, 1 м³, 1 кг);

$$n_{\text{пг}} \text{ [моль/моль]} \quad \text{або} \quad v_{\text{пг}} \text{ [м}^3\text{/м}^3\text{]}, \text{ [м}^3\text{/кг]}$$

- *повна* кількість повітря - кількість повітря, яка необхідна для згоряння певної кількості горючої речовини;

$$N_{\text{пов}} = n_{\text{пов}} \cdot n_{\text{гр}} \text{ [моль]} \quad \text{або} \quad V_{\text{пов}} = v_{\text{пов}} \cdot v_{\text{гр}} \text{ [м}^3\text{]}$$
$$V_{\text{пов}} = v_{\text{пов}} \cdot m_{\text{гр}} \text{ [м}^3\text{]}$$

- **теоретична** кількість повітря - мінімальна кількість повітря, яка необхідна для повного згоряння горючої речовини ($n^0_{\text{пов}}, v^0_{\text{пов}}, N^0_{\text{пов}}, V^0_{\text{пов}}$);
- **дійсна** кількість повітря - кількість повітря, яка витрачається на згоряння горючої речовини за даних умов ($n_{\text{пов}}, v_{\text{пов}}, N_{\text{пов}}, V_{\text{пов}}$).

Різниця між кількістю повітря, що *дійсно* іде на горіння, і *теоретично* необхідною кількістю повітря, називається **надлишком повітря**.

$$\Delta v_{\text{пов}} = v_{\text{пов}} - v^0_{\text{пов}}$$

Коефіцієнт надлишку повітря (α)

показує у скільки разів кількість повітря, що дійсно надходить до зони горіння, відрізняється від теоретично необхідної кількості повітря для повного згоряння горючої речовини.

$$\alpha = \frac{V_{\text{пов}}}{V_{\text{пов}}^0} \quad V_{\text{пов}} = \alpha V_{\text{пов}}^0$$

$$\Delta V_{\text{пов}} = V_{\text{пов}} - V_{\text{пов}}^0 = V_{\text{пов}}^0 (\alpha - 1)$$

кінетичне горіння

- $\alpha = 1$ ($v_{\text{пов}} = v_{\text{пов}}^0$) - суміш ГР з повітрям є *стехіометричною*.
- $\alpha < 1$ ($v_{\text{пов}} < v_{\text{пов}}^0$) - суміш *багата* (надлишок ГР і нестача O_k), утворюються продукти неповного згоряння.

$$\alpha_{\min} = \frac{100 - \phi_{\text{в}}}{v_{\text{пов}}^0 \phi_{\text{в}}}$$

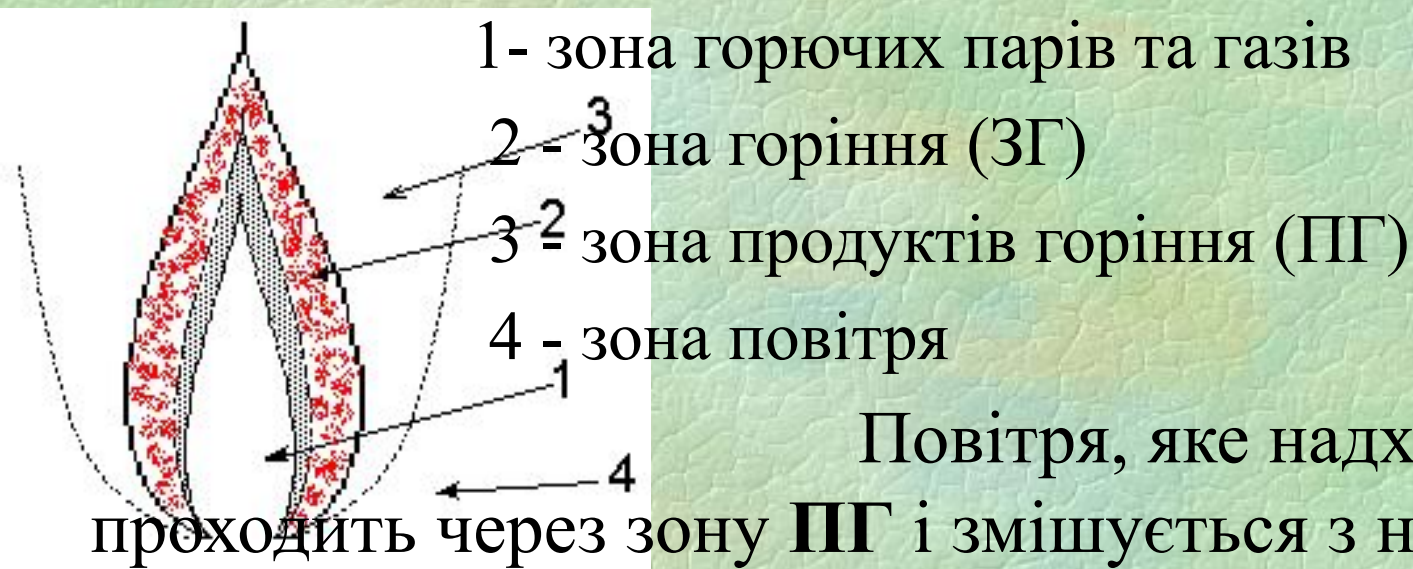
$\phi_{\text{в}}$ - найбільший вміст ГР в суміші з повітрям, за якого *ще* може виникнути горіння;

- $\alpha > 1$ ($v_{\text{пов}} > v_{\text{пов}}^0$) - суміш *бідна* (нестача ГР і надлишок O_k), продукти горіння містять в собі надлишок повітря.

$$\alpha_{\max} = \frac{100 - \phi_{\text{н}}}{v_{\text{пов}}^0 \phi_{\text{н}}}$$

$\phi_{\text{н}}$ - найменший вміст ГР в суміші з повітрям, за якого *вже* може виникнути горіння.

дифузійне горіння



Повітря, яке надходить до ЗГ, проходить через зону ПГ і змішується з ними. Це уповільнює процес дифузії O_2 , швидкість реакції горіння зменшується. Повної витрати кисню під час дифузійного горіння немає.

Коефіцієнт надлишку повітря під час дифузійного горіння - відношення вмісту кисню у повітрі до його вмісту, що залишився у продуктах горіння.

$$\alpha_{(\text{диф})} = \frac{21}{21 - \varphi_{O_2(\text{пг})}}$$

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

Склад продуктів горіння залежить від складу горючої речовини та умов протікання реакції горіння.

Класифікація продуктів горіння:

- ***за агрегатним станом***

<i>газоподібні</i>	<i>рідкі</i>	<i>тверді</i>
$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{N}_2, \text{SO}_2$	$\text{H}_2\text{O}, \text{C}_2\text{H}_5\text{OH},$ $\text{CH}_2\text{O}, \text{смоли}$	C (сажа), $\text{Na}_2\text{O}, \text{P}_2\text{O}_5$

- ***за повнотою згоряння***

<i>повного згоряння</i>	<i>неповного згоряння</i>
$\text{CO}_2, \text{N}_2, \text{SO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{HCl}, \text{Na}_2\text{O}$	$\text{CO}, \text{H}_2\text{S}, \text{CH}_2\text{O}, \text{смоли}, \text{C}$ (сажа)

- ***за реакційною спроможністю***

<i>хімічно інертні</i>	<i>реакційноздатні</i>
$\text{CO}_2, \text{N}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$	продукти неповного згоряння ($\text{CO}, \text{CH}_2\text{O}, \text{C}$), HCl, SO_2

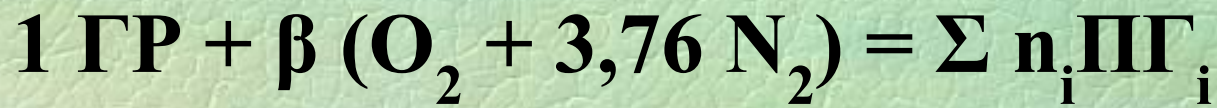
Дим - дисперсна система, що складається з твердих і рідких часток (дисперсної фази), завислих у газовому дисперсійному середовищі.

Небезпека диму обумовлена:

- непрозорість (обумовлена присутністю твердих продуктів горіння)
- знижена концентрація кисню ($\varphi_{кр} < 14\%$);
- підвищена температура ($t_{кр} = 70^{\circ}\text{C}$);
- можливість утворення вибухонебезпечних концентрацій продуктів неповного згорання;
- токсичність продуктів горіння

Середньосмертельна концентрація диму L_{50} -
вміст диму, що викликає загибель 50 %
піддослідних тварин при заданій експозиції.

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



питоме теоретичне число молів

повітря: $n_{\text{пов}}^0 = (1 + 3,76) \cdot \beta = 4,76 \cdot \beta$, моль/моль;

продуктів горіння:

$$n_{\text{ПГ}}^0 = \Sigma n_{\text{ПГ}_i}, \text{ моль/моль};$$

питоме дійсне число молів

повітря: $n_{\text{пов}} = n_{\text{пов}}^0 \cdot \alpha$, моль/ моль

продуктів горіння:

$$n_{\text{ПГ}} = n_{\text{ПГ}}^0 + \Delta n_{\text{пов}}^0 = n_{\text{ПГ}}^0 + (\alpha - 1) n_{\text{пов}}^0 \text{ моль/ моль}$$

2.1. ГОРІННЯ ГАЗУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СКЛАДУ

1 кмоль газу за даних P і T займає об'єм V_{μ} м³.

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

Визначення об'єму повітря:

1 кмоль ГР — $n^0_{\text{пов}} = 4,76 \cdot \beta$, кмолів повітря

$V_{\mu}^{\text{ГР}}$ м³ ГР — $n^0_{\text{пов}} \cdot V_{\mu}^{\text{пов}}$, м³ повітря

1 м³ ГР — $v^0_{\text{пов}}$, м³ повітря

$$v^0_{\text{пов}} = \frac{4,76 \cdot \beta \cdot v_{\mu}^{\text{пов}}}{v_{\mu}^{\text{гр}}}$$

Якщо ГР і повітря знаходяться за однакових умов,

$$\text{то } \nu_{\mu}^{\text{ГР}} = \nu_{\mu}^{\text{пов.}}$$

питомі об'єми повітря

теоретичний: $\nu_{\text{пов.}}^0 = 4,76\beta, \text{ м}^3/\text{м}^3;$

дійсний: $\nu_{\text{пов.}} = 4,76\beta \cdot \alpha, \text{ м}^3/\text{м}^3$

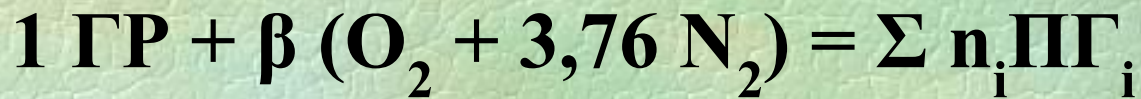
При горінні заданої кількості горючого газу $V_{\text{ГГ}} \text{ м}^3$
визначають

повні об'єми повітря

теоретичний: $V_{\text{пов.}}^0 = \nu_{\text{пов.}}^0 \cdot V_{\text{ГГ}}, \text{ м}^3;$

дійсний: $V_{\text{пов.}} = \nu_{\text{пов.}} \cdot V_{\text{ГГ}}, \text{ м}^3$

Визначення об'єму продуктів горіння



$$1 \text{ кмоль ГР} \quad \text{—} \quad n_{\text{ПГ}}^0 = \sum n_{\text{ПГ}_i} \text{ кмолів ПГ}$$

$$V_{\mu}^{\text{ГР}} \text{ м}^3 \text{ ГР} \quad \text{—} \quad n_{\text{ПГ}}^0 V_{\mu}^{\text{ПГ}}, \text{ м}^3 \text{ ПГ}$$

$$1 \text{ м}^3 \text{ ГР} \quad \text{—} \quad v_{\text{ПГ}}^0, \text{ м}^3 \text{ ПГ}$$

$$v_{\text{ПГ}}^0 = \frac{\sum n_{\text{ПГ}_i} \cdot V_{\mu}^{\text{ПГ}}}{V_{\mu}^{\text{ГР}}}, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Якщо ГР і ПГ знаходяться за однакових умов, то $v_{\mu}^{\text{ГР}} = v_{\mu}^{\text{ПГ}}$

питомі об'єми ПГ

теоретичний : $v_{\text{ПГ}}^0 = \sum n_{\text{ПГ}_i}, \text{ м}^3/\text{м}^3$

дійсний : $v_{\text{ПГ}} = v_{\text{ПГ}}^0 + \Delta v_{\text{пов}} = \sum n_{\text{ПГ}_i} + (\alpha - 1) 4,76 \cdot \beta, \text{ м}^3/\text{м}^3$

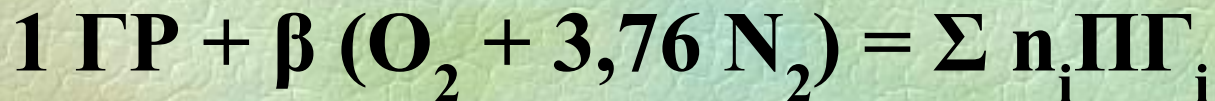
Під час горіння ПГ мають підвищену температуру (температуру горіння), при цьому відбувається їх розширення:

$$V_{\text{ПГ}}^{T_{\text{гор}}} = V_{\text{ПГ}}^{T_0} \frac{T_{\text{гор}}}{T_0}$$

2.2. ГОРЮЧА РЕЧОВИНА ІНДИВІДУАЛЬНОГО СКЛАДУ У КОНДЕНСОВАНОМУ СТАНІ

1 кмоль ГР важить μ кг

Визначення об'єму повітря



1 кмоль ГР — $n_{\text{пов}}^0 = 4,76 \cdot \beta$, кмолів повітря

μ кг ГР — $n_{\text{пов}}^0 \cdot V_{\mu}^{\text{пов}}$, м³ повітря

1 кг ГР — $v_{\text{пов}}^0$, м³ повітря

питомі об'єми повітря:

теоретичний
$$V_{\text{ПОВ}}^0 = 4,76\beta \frac{V_{\text{ПОВ}}}{\mu} \text{ м}^3/\text{кг};$$

дійсний :
$$V_{\text{ПОВ}} = \alpha 4,76\beta \frac{V_{\text{ПОВ}}}{\mu} \text{ м}^3/\text{кг}.$$

повні об'єми повітря:

теоретичний
$$V_{\text{ПОВ}}^0 = v_{\text{ПОВ}}^0 \cdot m_{\text{ГР}}, \text{ м}^3;$$

дійсний :
$$V_{\text{ПОВ}} = v_{\text{ПОВ}} \cdot m_{\text{ГР}}, \text{ м}^3$$

Визначення об'єму продуктів горіння

1 кмоль ГР — , кмолів ПГ

μ кг ГР —

$$n_{\text{ПГ}}^0 = \sum n_{\text{ПГ},i}$$

1 кг ГР —

$$n_{\text{ПГ}}^0 V_{\text{ПГ}}$$

$$V_{\text{ПГ}}^0$$

$$V_{\mu}^{\text{ПГ}} = \frac{22,4 \cdot 101,3 \cdot \overset{\text{м}^3/\text{кг.}}{T_{\text{гор}}}}{273 \cdot P_{\text{ПГ}}}$$

питомий теоретичний об'єм ПГ:

$$v_{\text{ПГ}}^0 = \frac{v_{\mu}^{\text{ПГ}}}{\mu_{\text{ГР}}} \sum n_{\text{ПГ}_i}, \text{ м}^3/\text{кг},$$

питомий дійсний об'єм ПГ:

$$v_{\text{ПГ}} = v_{\text{ПГ}}^0 + (\alpha - 1) v_{\text{пов}}^0, \text{ м}^3/\text{кг}$$

повний теоретичний об'єм ПГ

$$V_{\text{ПГ}}^0 = v_{\text{ПГ}}^0 \cdot m_{\text{гр}}, \text{ м}^3;$$

повний дійсний об'єм ПГ

$$V_{\text{ПГ}} = v_{\text{ПГ}} \cdot m_{\text{гр}}, \text{ м}^3$$

**3. РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ
ТА ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ
ПРИ ГОРІННІ МАТЕРІАЛІВ
СКЛАДНОГО СКЛАДУ**

3.1. РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ ТА ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ СУМІШІ ГАЗІВ

Визначення об'єму повітря:

питомий теоретичний: $v_{\text{пов сум}}^{\text{т}} = \sum_i v_{\text{пов } i}^{\text{т}} \cdot r_i, \text{м}^3/\text{м}^3$

$$v_{\text{пов сум}}^0 = \sum_i \left(4,76 \beta_i \cdot \frac{\varphi_i}{100} \right) = \frac{4,76}{100} \sum_i (\beta_i \varphi_i)$$

якщо присутній кисень:

$$v_{\text{пов сум}}^0 = \frac{4,76}{100} \left(\sum_i (\beta_i \varphi_i) - \varphi_{\text{O}_2} \right) = \frac{\sum_i (\beta_i \varphi_i) - \varphi_{\text{O}_2}}{21}$$

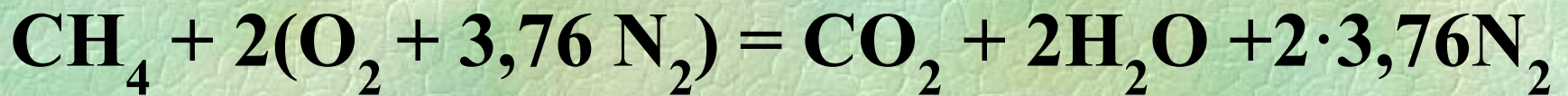
Визначення об'єму продуктів згоряння

Питомий теоретичний:

$$v_{\text{пг сум}}^{\circ} = \sum_i v_{\text{пг}_i}^{\circ} \cdot r_i \qquad v_{\text{пг}}^{\circ} = \sum n_{\text{пг}_i}, \text{ м}^3$$

Негорючі компоненти вихідної суміші переходять у продукти горіння.

При горінні 1 м³ метану



утворюються

1 м³ **CO₂**, 2 м³ **H₂O** та 7,52 м³ **N₂**

Питомі об'єми продуктів згоряння деяких газів

Найменування речовин	Об'єм продуктів згоряння, м ³ /м ³			
	<i>CO₂</i>	<i>H₂O</i>	<i>N₂</i>	<i>SO₂</i>
Водень- H₂	÷	1.0	1.88	÷
Оксид вуглецю - CO	1.0	÷	1.88	÷
Сірководень- H₂S	÷	1.0	5.64	1.0
Метан-CH₄	1.0	2.0	7.52	÷
Ацетілен- C₂H₂	2.0	1.0	9.4	÷
Етан - C₂H₆	2.0	3.0	13.16	÷
Етилен - C₂H₄	2.0	2.0	11.28	÷
Пропан - C₃H₈	3.0	4.0	16.8	÷
Бутан - C₄H₁₀	4.0	5.0	24.4	÷
Пентан - C₅H₁₂	5.0	6.0	30.08	÷

Визначення $v_{\text{сум}}^0$ використанням таблиці зводиться до перемноження об'ємних часток компонентів r_i на відповідні коефіцієнти таблиці з наступним їхнім додаванням по колонках.

питомий дійсний:

об'єм повітря $v_{\text{пов сум}} = \alpha v_{\text{пов сум}}^0 / M^3$

об'єм ПГ $v_{\text{пг сум}} = v_{\text{пг сум}}^0 + (\alpha^3 - 1) v_{\text{пов сум}}^0$

повний теоретичний:

об'єм повітря $V_{\text{пов}}^0 = v_{\text{пов сум}}^0 \cdot V_{\text{сум}} \cdot M^3$

об'єм ПГ $V_{\text{пг}}^0 = v_{\text{пг сум}}^0 \cdot M^3 \cdot V_{\text{сум}}$

повний дійсний:

об'єм повітря $V_{\text{пов}} = v_{\text{пов сум}} \cdot M^3 \cdot V_{\text{сум}}$

об'єм ПГ $V_{\text{пг}} = v_{\text{пг сум}} \cdot M^3 \cdot V_{\text{сум}}$

3.2. РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ ТА ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИ ГОРІННІ СКЛАДНИХ РЕЧОВИН В КОНДЕНСОВАНОМУ СТАНІ

Визначення об'єму повітря:

питомий теоретичний $V_{\text{повскл}}^0 = \sum_i V_{\text{пов}_i}^0 \cdot g_i$

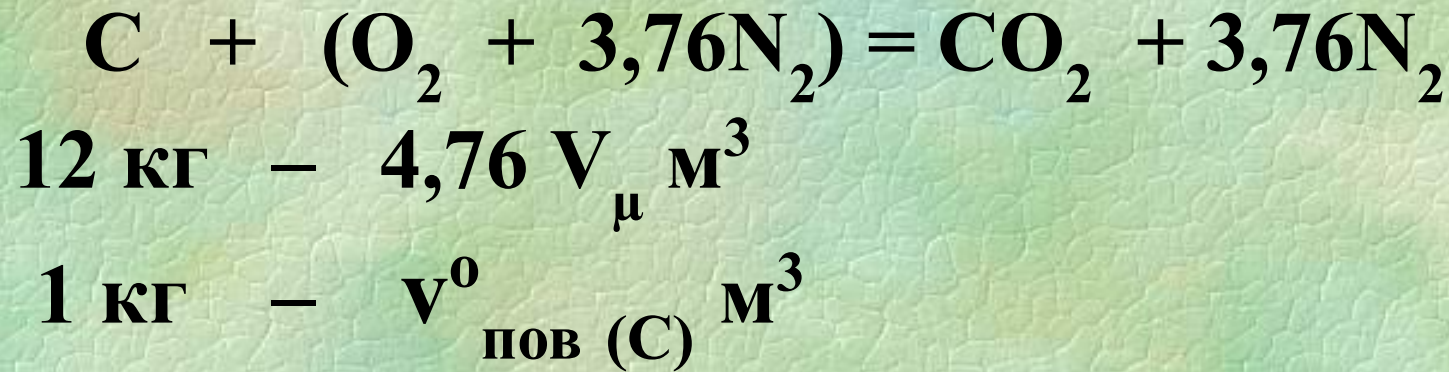
Загальний об'єм повітря складається із об'ємів повітря, що витрачається на горіння кожного елемента, за вирахуванням кількості повітря, що відповідає кількості кисню в речовині.

$$V_{\text{повскл}}^0 = V_{\text{пов(C)}}^0 \frac{\varphi_C}{100} + V_{\text{пов(S)}}^0 \frac{\varphi_S}{100} + V_{\text{пов(H)}}^0 \frac{\varphi_H}{100} - V_{\text{пов(O)}}^0 \frac{\varphi_O}{100}$$

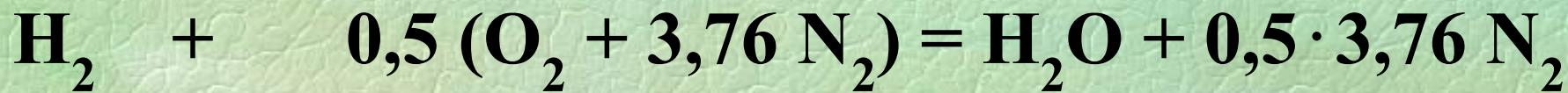
1 кмоль кисню (32кг) міститься в 4,76 кмольх повітря ($4,76V_{\mu} \text{ м}^3$), тоді 1 кг кисню відповідає об'єму повітря:

$$V_{\text{пов(О)}}^0, \text{ м}^3/\text{кг} = \frac{4,76V_{\mu}}{32}$$

Реакції горіння елементів речовини (С, Н, S).



$$V_{\text{пов(С)}}^0, \text{ м}^3/\text{кг} = \frac{4,76V_{\mu}}{12}$$



$$2 \text{ кг} \text{ — } 0,5 \cdot 4,76 V_{\mu} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ кг} \text{ — } V_{\text{пов}}^0(\text{H})$$

$$V_{\text{пов}}^0, \text{ м}^3/\text{кг.} = \frac{0,5 \cdot 4,76 V_{\mu}}{2}$$



$$32 \text{ кг} \text{ — } 4,76 V_{\mu} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ кг} \text{ — } V_{\text{пов}}^0(\text{S})$$

$$V_{\text{пов}}^0(\text{S}) = \frac{4,76 V_{\mu}}{32}, \text{ м}^3/\text{кг.}$$

$$V_{\text{повскл}}^{\boxtimes} = \frac{4,76 V_{\mu}}{100} \left(\sum_i \frac{\varphi_i \beta_i}{\mu_i} - \frac{\varphi_O}{32} \right), \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Якщо ГР складається з С, Н, О, S, то

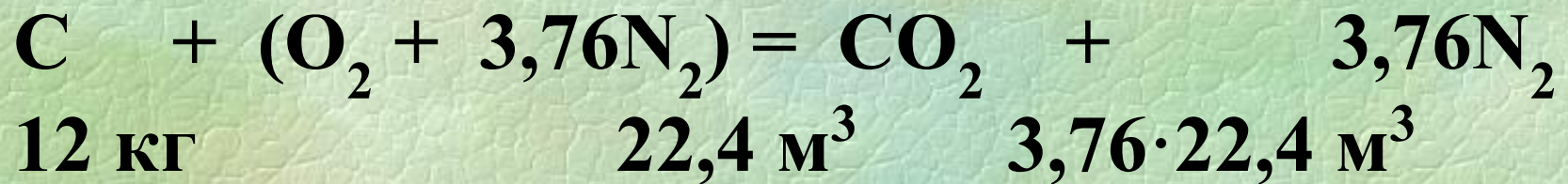
$$V_{\text{повскл}}^0 = \frac{4,76 \cdot V_{\mu}}{4 \cdot 100} \left(\frac{\varphi_C^{\text{м}^3/\text{кг.}}}{3} + \varphi_H + \frac{\varphi_S - \varphi_O}{8} \right),$$

Якщо прийняти, що $V_{\mu} = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$

$$V_{\text{повскл}}^0 = 0,267 \left(\frac{\varphi_C}{3} + \varphi_H + \frac{\varphi_S - \varphi_O}{8} \right), \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Визначення об'єму продуктів горіння

питомий теоретичний $v_{\text{пг скл}}^0 = \sum_i v_{\text{пг } i}^0 g_i$



1 кг $v_{\text{CO}_2}^0$ $v_{\text{N}_2}^0$

$$v_{\text{CO}_2}^0 = \frac{22,4}{12} = 1,88 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$v_{\text{N}_2}^0 = \frac{3,76 \cdot 22,4}{12} = 7,0 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Якщо в ГР міститься кисень, то повітря для горіння знадобиться менше. Це означає, що до зони реакції, а потім і в ПГ надійде менше азоту.

В повітрі на 1 кмоль кисню (32 кг) приходиться 3,76 кмоль або $3,76V_{\mu}$ м³ азоту, тоді наявність 1 кг кисню зменшує об'єм азоту в ПГ на величину:

$$V_{\text{ПГ}}^{\text{O}}(\text{N}_2) = \frac{3,76V_{\mu}}{32}, \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Якщо в складі ГР міститися нітроген та волога, то при горінні вони переходять у газоподібні ПГ. Об'єм 1 кг азоту і пари води за нормальних умов дорівнює:

$$V_{\text{ПГ}}^{\text{O}}(\text{N}_2) = \frac{V_{\mu}}{28}, \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}; \quad V_{\text{ПГ}}^{\text{O}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{V_{\mu}}{18}, \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Питомий об'єм продуктів горіння елементів

$$v_{\text{пг}_i}^0 = \frac{V_{\mu}}{\mu_i} \beta_i, \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1}.$$

Хімічний елемент	Об'єм продуктів згоряння, м ³ /кг				
	CO ₂	H ₂ O	N ₂	SO ₂	P ₂ O ₅
Карбон <i>C</i>	1,88	—	7,0	—	—
Гідроген <i>H</i>	—	11,2	21,0	—	—
Сульфур <i>S</i>	—	—	2,63	0,7	—
Фосфор <i>P</i>	—	—	4,7	—	0,36
Нітроген <i>N</i>	—	—	0,8	—	—
Оксиген <i>O</i>	—	—	-2,63	—	—
Волога <i>W</i>	—	1,24	—	—	—

Визначення $\nu_{\text{ПГ}}^{\text{скл}}$ використанням таблиці зводиться до перемноження масових часток компонентів g_i на відповідні коефіцієнти таблиці з наступним їхнім додаванням по колонках.

питомий дійсний:

об'єм повітря $V_{\text{пов скл}} = \alpha v_{\text{пов скл}}^0 / M^3$

об'єм ПГ $V_{\text{пг скл}} = v_{\text{пг скл}}^0 + (\alpha - 1) v_{\text{пов скл}}^0$

повний теоретичний:

об'єм повітря $V_{\text{пов}}^0 = v_{\text{пов скл}}^0 \cdot m_{\text{гр}}, M^3$

об'єм ПГ $V_{\text{пг}}^0 = v_{\text{пг скл}}^0 \cdot M^3 \cdot m_{\text{гр}}$

повний дійсний:

об'єм повітря $V_{\text{пов}} = v_{\text{пов скл}} \cdot M^3 \cdot m_{\text{гр}}$

об'єм ПГ $V_{\text{пг}} = v_{\text{пг скл}} \cdot M^3 \cdot m_{\text{гр}}$

Завдання на самопідготовку:

Вивчити матеріал

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