РОЗДІЛ 1. ВИМОГИ ДО ГАЗОВОГО ПАЛИВА

Тема 1.1. Горючі гази та їх властивості

1. Походження, склад, фізико-хімічні характеристики природних і штучних газів. Одиниці вимірів.
2. Вимоги до якості газу.
3. ***Одоризація газу.***
4. ***Межі вибуховості газу.***

1. Походження, склад, фізико-хімічні характеристики природних і штучних газів. Одиниці вимірів.

Походження нафти і газу.

Групи теорій мін. походження; змішаного походження;

органічного походження.

Д.І. Менделєєв висунув теорію мінерального походження, згідно якої нафта утворилася під дією морської води на карбіди заліза в умовах високої температури і тиску. Спочатку це були газоподібні вуглеводні, які потім утворили нафту.

Недоліки теорії:

^у нафті зустрічаються речовини безумовно органічного походження, тобто з живих організмів;

не доведено існування в надрах землі карбідів заліза.

Суть теорії Енглера - Гефера — нафта і газ утворилися внаслідок нагромадження і розкладу тваринних організмів в умовах підвищеної температури і тиску без доступу повітря. Але де взялася та величезна кількість організмів, з яких утворилися нафта і газ?

Найбільшою популярністю користується теорія змішаного походження, в розробку якої зробив внесок геолог академік І.М. Губкін. Суть теорії полягає в тому, що в утворенні нафти і газу приймали участь тваринні та рослинні залишки. Під дією складних хімічних процесів вони перетворилися в сапропель, а потім - в смолисті речовини. Висока температура і тиск викликали в них ще більші глибокі хімічні та біохімічні перетворення, результатом яких стали складні вуглеводневі сумісні. Діяльність бактерій привела до утворення газів. При цьому проходили процеси гідрогенізації та полімеризації. Так утворилися різні види нафти.

Будь-яке паливо складається з горючої та негорючої частин. Горюча частина - складні органічні сполуки, до складу яких входить C, H, O, N. S. Частина S входить до негорючої маси.

Негорюча частина - складається з мінеральних (неорганічних) речовин, з вологи і золи (попіл).

До горючих елементів відносяться C, H, S. Чим більше в паливі горючих елементів, тим вища теплота його згорання, тим воно якісніше.

Кисень, який входить до складу палива сам не горить, але допомагає згоранню палива.

Азот, який входить до складу палива теж не згорає і не окислюється, а виноситься у вільному стані.

N і 0_2 - це непотрібний багаж (баласт) палива.

Зола- це зовнішній баласт палива. Чим більше в паливі цих баластів, тим менша теплота його згорання і тим воно гірше.

Баластом в газоподібному паливі можуть бути N_2, $C0_2$, H_20 (пара). Зовнішній баласт (зола) забирає частину тепла при згоранні, призводить до сильного шлакоутворення, збільшує транспортні затрати та ін.

Всі види палива складаються з органічних сполук, головною з яких є вуглець.

Вуглець - основний горючий елемент палива і джерело його потенційного тепла.

Водень - другий за значенням горючий елемент, якщо він безпосередньо зв'язаний з вуглецем, то таке паливо при згоранні виділяє тепла більше, ніж якщо вуглець буде зв'язаний з воднем через кисень.

Якщо відношення С до Н має значну величину, то таке паливо горить без полум'я або воно буде дуже коротке, і навпаки - буде довгим і кіптявим.

N - в газоподібному паливі знаходиться у вільному стані, а в твердому - в складі складних сполук і при згоранні виділяється теж у вільному стані. При сухій перегонці твердого палива азот виділяється у вигляді аміаку та інших газоподібних продуктів, а частина залишається в коксі та напівкоксі.

S - в газоподібному стані знаходиться в H_2S і рідше $S0_2$

У твердому паливі S входить у склад як органічної, так і неорганічної частини.

При згоранні палива сірка переходить в $S0_2$ і дуже забруднює атмосферу (кислотні дощі).

При сухій перегонці S входить до складу твердих, рідких і газоподібних продуктів.

фізико-хімічні характеристики природних і штучних газів

Густина газу *(ρ)* маса газу в одиниці об'єму. Одиниці виміру: кг/м^3, г/л

Величина, обернена густині - питомий об'єм (м^3/кг).

На практиці часто користуються поняттям відносної густини (d). Відносна густина- відношення густини даного газу до густини повітря або до густини іншого газу, взятих за нормальних або інших однакових умов.

Так, відносна густина газу по повітрю

$$d = \frac{\rho}{1{,}293}, \ \frac{кг}{м^3} \qquad (1.1.1)$$

За допомогою закону Авогадро і знаючи формулу газу можна визначити його густину

$$\rho = \frac{M}{22.4} \qquad (1.1.2)$$

Відносна густина газу по повітрю визначається за формулою

$$d = \frac{M}{22{,}4 \bullet 1{,}293} \qquad (1.1.3)$$

В'язкість.

Динамічна в'язкість - це сила, необхідна для взаємного переміщення двох шарів газу або рідини з поверхнею в 1 см^2 з швидкістю 1 ^, які знаходяться на віддалі 1 см.

Динамічна в'язкість вимірюється вкг·с/м^2

Кінематична в'язкість- це відношення абсолютної в'язкості до густини

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \qquad (1.1.4)$$

де η - абсолюти а в'язкість; ρ - густина.

Кінематична в'язкістьвимірюється в ***см^2/с***, ***м^2/с***.

Вологість .

Відносна вологість - відношення водяної пари, яка є в газі, до максимально можливої при даній температурі.

Абсолютна вологість - кількість води в грамах, яка міститься в одному 1 $м^3$ або в І кг газу.

Відносну вологість визначають як відношення парціального тиску водяної пари в газі до тиску насиченої водяної пари при даній температурі.

$$\varphi = \frac{p'}{p} \qquad (1.3.5)$$

Для насиченої водяної пари $\varphi = \frac{p'}{p}$=**1**

деφ- відносна вологість; p' - парціальний тиск;

p -тиск насиченої водяної пари при даній температурі.

1. Вимоги до якості газу.

Технічні умови до якості природного і попутного нафтового газу можна розділити на кілька груп:

1) Технічні вимоги на гази надходять під внутрішньопромислові колектори (газопроводи) після їх первинної обробки на промислі .

2) Технічні вимоги на гази , що подаються в магістральні газопроводи.

3) Технологічні вимоги на гази призначені в якості сировини і палива при промисловому та комунально- побутовому споживанні (у тому числі і при використанні горючого газу як палива для газобалонних автомобілів).

4) Технічні вимоги на газоподібні чисті компоненти , одержувані з природного газу як паливо для газобалонних автомобілів.

5) технічні вимоги для газових сумішей певного складу , використовуються для спеціальних цілей як стандартних сумішей для хроматографії.

У показників якості товарного газу, що подається в магістральні газопроводи і далі до кінцевого споживача газу повинні враховуватися наступні технічні умови:

1) Газ не повинен містити рідких вуглеводнів і води.

2) Товарний газ не повинен викликати корозію трубопроводу.

3) Газ повинен забезпечувати споживчі якості газу як паливо з вуглеводневої сировини.

Питання для самостійного вивчення до теми 1.1.

2. ***Одоризація газу.(Самостійно)***

Всі природні та деякі штучні гази зовсім не мають запаху або він дуже слабкий. А тому його важко виявити в приміщенні, щоб попередити вибух, отруєння і пожежу. Тому газам штучно надають запах — одоризують. Речовини, які для цього застосовуються називаються одорантами. А апарати, де проходить одоризація - одоризаторами.

До одорантів пред'являють цілик ряд вимог:

- вони повинні мати різкий і специфічний запах;
- не повинні викликати корозію металевих труб:
- повинні бути дешевими і не дефіцитними;
- одоранти і продукти їх згорання не повинні бути шкідливими для здоров'я людей;
- не повинні вступати в реакцію з компонентами газу;
- не бути схожими по запаху на всі запахи кухні.

Як одоранти використовуються сірчисті сполуки:

- меркаптани, сульфіди;
- дисульфіди, а також колодорант, каптан, пенталарм.

На 1000 $м^3$ газу використовують: етилмеркаптану -16г пенталарну-19,1 г сульфану - 25 - 30

Одоризатори можуть мати різну конструкцію:

^ крапельні; ^ випарні; ^ барботажні.

Недоліки меркаптанів - наявність сірки, під час згорання якої утворюються токсичні оксиди, високий ступінь небезпеки (для одоранту СПМ-3,2), висока вартість 1,8 - 2,1 тис. $ за 1 т. Кротоновий альдегід-показник ступеня небезпеки кротонового альдегіду значно нижчий і становить 2,1 проти 3,2 для одоранту СПМ;

Переваги:

• під час спалювання не дає токсичних сполук, оскільки не містить сполук сірки;

• крім надання природному газу специфічного запаху, новий одорант виявляє подразнювальну дію на слизові оболонки носа та очей, що є додатковим чинником його сприйняття органами відчуття;

виробництво в Україні розпочато на Черкаському заводі хімреактивів у IV кварталі 1998 року

3. ***Межі вибуховості газу.(Самостійно)***

Існує об'ємна концентрація горючого газу в суміші з повітрям, нижче якої (нижня концентраційна межа вибуховості) в гранично бідній горючій суміші і вище якої (верхня концентраційна межа вибуховості) в гранично багатій горючій суміші суміш не вибухає, а згорає спокійним полум'ям.

Ці межі вмісту (об'ємні %) природного газу (в суміші з повітрям) і його компонентів у повітряному середовищі відповідно становлять:

- природний газ (з відносною густиною 0.6) — 4,5—14,5;
- метан — 5,0—15,0;
- етан — 2,9—13,0;
- пропан — 2,1—9,5;
- Н—бутан 1,8—8,4;
- ізобутан — 1,8—8,4;
- Н—пентан — 1,4—8,3;
- ізопентан — 1,4—8,3;
- гексан — 1,2—7,7;
- гептан — 1,0—7,0;
- октан — 0,96;
- нонан — 0,87—2,9;
- декан — 0,78—2,6.

Нижня границя вибуховості відповідає мінімальній концентрації горючого газу, при якій вибух уже неможливий; а верхня – максимальній концентрації, при якій ще можливий вибух (табл.). При концентрації газу в повітрі в межах запалювання за наявності джерела запалювання виникне вибух. Якщо вміст газу в повітрі менший нижньої і більший верхньої границь вибуховості, то суміш не здатна вибухати. При цьому вона згоряє спокійним полум’ям. Швидкість поширення фронту хвилі горіння при атмосферному тиску становить близько 0,3–2,4 м/с.

Тема 1.2. Використання газів

1. Особливості газового палива. Спалювання газового палива.
2. Умови горіння і займання газу. Продукти згорання газу.
3. ***Швидкість розповсюдження газового полум'я.(Самостійно)***

1. Особливості газового палива. Спалювання газового палива.

Горіння вуглеводневих газів типу СН в кисні можна виразити в загальному вигляді таким рівнянням

$$C_mH_n + \left(m + \frac{n}{4}\right)O_2 \rightarrow mCO_2 + \frac{n}{2}H_2O, \qquad (1.2.1)$$

Але, як відомо, спалювання газів відбувається не в чистому кисні, а в кисні повітря. В об'ємному відношенні в повітрі на 21 об'єм кисню приходиться 79 об'ємів азоту (якщо знехтувати іншими компонентами повітря-вуглекислим газом $C0_2$, інертними газами).

Якщо брати вагові відношення, то на 23,2 вагових частини кисню в повітрі приходиться 76,8 вагових частин азоту. Значить на 1 м^3 кисню в повітрі приходиться 79/21=3,76 м^3 азоту, або 1 м^3 кисню знаходиться в 100/21 = 4,76 м^3 повітря. Тому рівняння горіння газу в повітрі буде мати такии вигляд

$$C_mH_n + \left(m + \frac{n}{4}\right)O_2 + \left(m + \frac{n}{4}\right) \bullet 3,76N_2 \rightarrow mCO_2 + \frac{n}{2}H_2O + 3,76N_2 \qquad (1.2.2)$$

Таблиця 1.3.1Рівняннянреакцій горіння горючих газів в кисні

Газ	Реакції горіння
Метан	$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
Етилен	$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$
Етан	$C_2H_6 + 3,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
Пропілен	$C_3H_6 + 4,5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O$
Пропан	$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
Бутилен	$C_4H_8 + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O$
Бутан	$C_4H_{10} + 6,5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$
Пентан	$C_5H_{12} + 8O_2 \rightarrow 5CO_2 + 6H_2O$
Гідроген	$\mathbf{H_2} + 0,5O_2 \rightarrow H_2O$
Оксид вуглецю	$CO + 0,5O_2 \rightarrow CO_2$
Сірководень	$H_2S + 1,5O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$

Таблиця 1.3.2Рівняння реакцій горіння горючих газів в повітрі

Газ	Реакції горіння
Метан	$CH_4 + 2O_2 + 7,5N_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 7,5N_2$
Етилен	$C_2H_4 + 3O_2 + 11,28N_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O + 11,28N_2$
Етан	$C_2H_6 + 3,5O_2 + 13,16N_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 13,16N_2$
Пропілен	$C_3H_6 + 4,5O_2 + 16,92N_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O + 16,92N_2$
Пропан	$C_3H_8 + 5O_2 + 18,8N_2, \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + 18,8N_2$
Бутилен	$C_4H_{10} + 6O_2 + 22,56N_2 \rightarrow 4CO_2 + 4H_2O + 22,56N_2$
Бутан	$C_4H_{10} + 6,5O_2 + 24,4N_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O + 24,4N_2$
Пентан	$C_5H_{12} + 8O_2 + 30,08N_2 \rightarrow 5CO_2 + 6H_2O + 30,08N_2$
Гідроген	$H_2 + 0,5O_2 + 1,88N_2 \rightarrow H_2O + 1,88N_2$
Оксид вуглецю	$CO + 0,5O_2 + 1,88N_2 \rightarrow CO_2 + 1,88N_2$
Сірководень	$H_2S + 1,5O_2 + 5,64N_2 \rightarrow SO_2 + H_2O + 5,64N_2$

2. Умови горіння і займання газу. Продукти згорання газу.

Основною умовою для горіння газу є наявність кисню (а отже , повітря). Без присутності повітря горіння газу неможливо. У процесі горіння газу відбувається хімічна реакція з'єднання кисню повітря з вуглецем і воднем палива. Реакція відбувається з виділенням тепла , світла , а також вуглекислого газу та водяної пари .

Залежно від кількості повітря , що бере участь в процесі горіння газу , відбувається повне або неповне його згоряння .

При достатньому надходженні повітря відбувається повне згоряння газу , в результаті якого продукти його горіння містять негорючі гази: вуглекислий газ С02 , азот N2 , водяні пари Н20 . Найбільше (за об'ємом) в продуктах горіння азоту - 69,3-74 %.

Для повного згоряння газу також необхідно , щоб він змішувався з повітрям в певних (для кожного газу) кількостях. Чим вище калорійність газу , тим потрібна більша кількість повітря. Так , для спалювання 1 м3 природного газу потрібно близько 10 м3 повітря , штучного - близько 5 м3 , змішаного - близько 8,5 м3.

При недостатньому надходженні повітря відбувається неповне згоряння газу або хімічний недожог горючих складових частин; в продуктах згоряння з'являються горючі гази - окис вуглецю СО , метан СН4 і водень Н2

При неповному згорянні газу спостерігається довгий, димивший , що світиться , непрозорий , жовтого кольору факел .

Таким чином , недолік повітря призводить до неповного згоряння газу , а надлишок - до надмірного охолодження температури полум'я . Температура займання природного газу 530 ° С , коксового - 640 ° С , змішаного - 600 ° С. Крім того , при значному надлишку повітря також відбувається неповне згоряння газу. При цьому спостерігається кінець факела жовтуватого кольору , не цілком прозорий, з розпливчастим блакитно- зеленим ядром ; полум'я хитке і відривається від пальника.

Таблиця 3 Витрата кисню і повітря при спалюванні 1 м^3 газу, м^3

Газ	Кисень	Повітря
Метан	2	9,52
Етилен	3	14,28
Етан	3,5	16,66
Пропілен	4,5	21,42
Пропан	5	23,8
Бутилен	6	28,56
Бутан	6,5	30,9
Пентан	8	38,08
Гідроген	0,5	2,38
Оксид вуглецю	0,5	2,38
Сірководень	1,5	7,14

Це теоретичні розрахунки. У дійсності повітря потрібно брати більше, ніж за теоретичними розрахунками. Справа в тому, що частина повітря не встигає брати участь в горінні і тому виділяється з продуктами горіння. Тому дня визначення дійсної кількості необхідного повітря при спалюванні газів необхідно користуватися такою формулою:

$$\mathbf{V=\alpha V_m} \qquad (1.2.3)$$

де α - коефіцієнт надлишку повітря, який для газів приймається рівним 1,05-1,2, що забезпечує повне згорання газу в сучасних системах газопальникових пристроїв.

$$\alpha = \frac{Q_2+2CO_2+1{,}5CO-0{,}5H_2}{2(CO_2+CO+CH_4)} \qquad (1.2.4)$$

Питання для самостійного вивчення до теми 1.2

3. Швидкість розповсюдження газового полум'я.(Самостійно)

При заниженому б не весь газ буде згорати, а при завищеному б буде знижуватися температура горіння газу, так як надлишок повітря буде виносити разом з продуктами горіння частину тепла.

- Полум'я палива, яке зайнялося, може поширюватися з різною швидкістю. На швидкість поширення полум'я впливають такі фактори:
- природа палива (теплопровідність, склад, вміст домішок);
- співвідношення палива і повітря;
- попереднє нагрівання газоповітряної суміші;
- характер потоку суміші (ламінарний, турбулентний чи перехідний).

Швидкість поширення полум'я потрібно враховувати при конструюванні газових пальників, так як неправильне врахування швидкості приведе до того, що горіння газу **в** них буде проходити з хімічним недопалом, що **в** свою чергу позначиться на ККД газових установок.

Максимальні швидкості розповсюдження горючих газів при оптимальному вмісті газу в повітрі

Газ	Оптимальний вміст газу в повітрі	Максимальна швидкість розпо всюдження полум'я, м/с
Метан	9,8	0,67
Етилен	7,1	1,42
Етан	6,5	0,85
Пропан	4,6	0,82
Бутан	3,6	0,82
Гідроген	38,5	4,83
Оксид вуглецю	45	1,25
Коксовий	17	1,7
Генераторний	48	0,73
Водяний	43	3,1