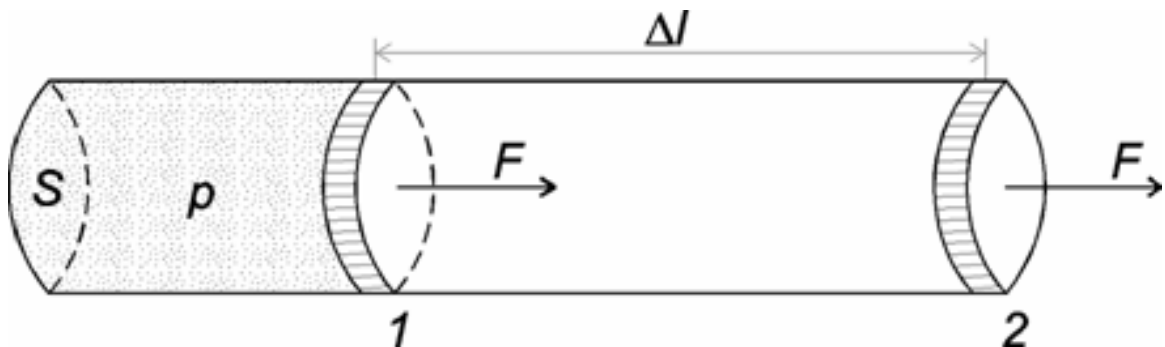


**Міністерство освіти і науки України
Мирогощанський аграрний коледж**



**Методичні
рекомендації
з дисципліни
«Основи теплотехніки і гідравліки»**

Тема: Суміш ідеальних газів

Тема: Суміш ідеальних газів

План лекції:

1. Поняття про газову суміш. Закон Дальтона.
2. Склад суміші в об'ємних і масових частках за числом молей.
3. Уявна молярна маса і газова стала газової суміші.
4. Поняття про теплоємність. Масова, об'ємна і молярна теплоємність, залежність між ними.
5. Теплоємність при сталому тиску та об'ємі.

Мета: засвоїти поняття газової суміші, в масових і об'ємних частках; зрозуміти поняття масової, об'ємної і молярної теплоємності газової суміші і залежність між ними.

Метод: самостійне вивчення матеріалу студентами.

Матеріальне забезпечення: методичні рекомендації до вивчення даної теми, плакати, підручник.

Використана література:

1. Черняк О.В., Рибчинська Г.Б. **Основи теплотехніки і гідравліки.** - Київ: Вища школа, 1982р.-223с.
2. Драганов Б.Х., Бессараб О.С. **Теплотехніка.** - Київ: Фірма «ІНОКС», 2005.- 400с.
3. Дідур В.А., Стручаєв М.І. **Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві.** - К.:Аграрна освіта, 2008.-233с.
4. Драганов Б.Х., Міщенко А.В., Борхаленко Ю.О., **Основи теплотехніки і гідравліки:** Навчальний посібник /За ред. Б.Х. Драганова. - Київ.: Аграрна освіта, 2010. – 495 с.

Поняття про газову суміш.

Робоче тіло часто є сумішшю кількох газів (компонентів). Так, наприклад, у двигунах внутрішнього згоряння робочим тілом є продукти згоряння, до складу яких входять водень, кисень, окис вуглецю, азот, вуглекислота і пари води.

Нехай усі складові частини газової суміші мають однакові температури і об'єми. Коли вважати, що кожний компонент, який входить до складу суміші, підлягає рівнянню стану ідеального газу, як і вся суміш у цілому, то тиски окремих компонентів, які є в суміші й хімічно не реагують між собою, підлягають, закону Дальтона, згідно з яким тиск суміші газів дорівнює сумі парціальних тисків окремих компонентів суміші:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n, \quad (1)$$

де $p_1 + p_2 + \dots + p_n$ — парціальні тиски компонентів суміші.

Парціальним називають тиск компонента газової суміші, який чинив би цей компонент, якби він один перебував при температурі суміші в усьому об'ємі,

зайнятому сумішшю. *Закон Дальтона справедливий лише для ідеальних газів.*

СПОСОБИ ЗАДАННЯ СУМІШІ

Склад робочої суміші газів визначається масою (чи об'ємом) кожної складової, що входить до суміші. Склад суміші звичайно задають масовими або об'ємними частками. Коли суміш масою M складається з n компонентів, то масові частки g окремих компонентів у суміші за визначенням дорівнюють:

$$g_1=M_1/M; \quad g_2=M_2/M; \quad \dots; \quad g_n=M_n/M, \quad (2)$$

де $M_1, M_2, \dots, M_n$ — маси окремих компонентів, що утворюють суміш. Очевидно, що сума мас окремих компонентів газової суміші дорівнює масі всієї суміші:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = M. \quad (3)$$

Ця рівність називається рівнянням масового складу газової суміші. З рівнянь (2) та (3) видно, що сума масових часток окремих компонентів газової суміші дорівнює одиниці

$$g_1+g_2+\dots+g_n=1. \quad (4)$$

Рівність (4) називають рівнянням відносного масового складу газової суміші.

Коли суміш, що складається з n компонентів, має об'єм V , то об'ємні частки r компонентів у суміші визначають з рівностей:

$$r_1=V_1/V; \quad r_2=V_2/V; \quad \dots; \quad r_n=V_n/V. \quad (5)$$

де $V_1, V_2, \dots, V_n$ — парціальні об'єми компонентів, що входять до складу суміші.

Парціальним називають об'єм компонента, який входить до складу суміші, при температурі і тиску суміші. Очевидно, що сума парціальних об'ємів компонентів газової суміші дорівнює повному об'єму суміші. Рівняння об'ємного складу суміші має вигляд

$$V_1+V_2+\dots+V_n=V \quad (6)$$

Сума об'ємних часток компонентів газової суміші дорівнює одиниці

$$r_1+r_2+\dots+r_n \quad (7)$$

Рівняння (7) називають рівнянням відносного об'ємного складу.

ТЕПЛОЄМНІСТЬ ГАЗІВ

Для того щоб дві різні речовини з однаковою масою нагріти до однакових температур, треба витратити різну кількість теплоти. Так, наприклад, на нагрівання води треба витратити теплоти приблизно в дев'ять разів більше, ніж на нагрівання до тієї самої температури такої самої кількості заліза.

Отже, кожне тіло має свою, властиву тільки цьому тілу теплоємність. **Теплоємністю C системи називають** кількість теплоти, потрібної для зміни температури тіла на один градус:

$$C = Q/T.$$

Середня та дійсна теплоємності. Середньою теплоємністю C_m тіла в інтервалі температур від T_1 до T_2 називають кількість теплоти Q , потрібної для підвищення температури тіла на один градус:

$$C_m = \frac{Q}{T_2 - T_1}. \quad (7.1)$$

Із зменшенням різниці температур $T_2 - T_1$ середня теплоємність наближається до дійсної (істинної). Коли до тіла підведено нескінченно малу кількість теплоти dQ і температура тіла T підвищилась на величину dT , то істинна-теплоємність C системи визначиться відношенням

$$C = dQ/dT \quad (7.2)$$

У практичних розрахунках значно зручніше користуватися середньою теплоємністю. **Одиниця теплоємності — джоуль на кельвін (Дж/К).** Для характеристики теплоємності, різних речовин, щоб була можливість порівняти їх між собою, і для технічних розрахунків уведено поняття питомої, об'ємної та молярної теплоємності залежно від вибраних одиниць.

Питомою теплоємністю c називають відношення теплоємності C системи до маси тіла

$$c = C/M = dQ/(MdT).$$

Одиниця питомої теплоємності — джоуль на кілограм-кельвін [Дж/(кг*К)].

Об'ємною теплоємністю речовини називають відношення теплоємності C системи до об'єму тіла V

$$c_{об} = C/V = dQ/(VdT).$$

Одиниця об'ємної теплоємності — джоуль на кубічний метр-кельвін [Дж/(м³*К)].

Молярною теплоємністю тіла називають відношення теплоємності C системи до кількості речовини n

$$c_\mu = C/n = dQ/(ndT).$$

Одиниця молярної теплоємності — джоуль на кмоль - кельвін [Дж/(кмоль*К)].

Усі три види теплоємностей, як це виходить з означень, пов'язані, між собою такими залежностями:

$$\text{об'ємна з питомою}$$

$$c_{об} = c\rho$$

$$\text{питома з молярною}$$

$$c = c_\mu/\mu$$

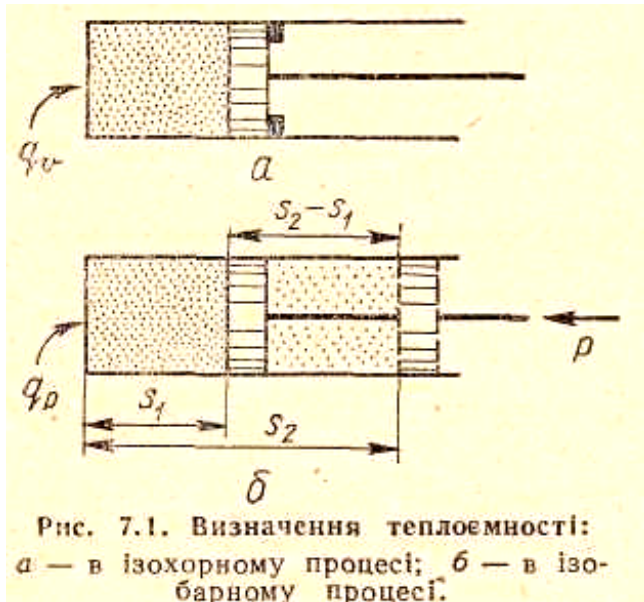
$$\text{молярна з об'ємною}$$

$$c_\mu = \mu c_{об}/\rho,$$

де ρ — густина речовини, кг/м³;

μ — молярна маса речовини, кг/кмоль. Значення середніх теплоємностей для різних газів зведено у таблиці, які можна знайти в довідковій літературі.

Теплоємності при сталому об'ємі і сталому



тиску.

У газоподібних тіл на відміну від тіл рідких і твердих теплоємність значною мірою, залежить від зовнішніх умов, за яких до тіла підводять чи відводять теплоту.

У теплотехніці велике значення мають процеси, що відбуваються при сталому питомому об'ємі ($V = \text{const}$) і сталому тиску ($p = \text{const}$). У першому випадку питому теплоємність називають *ізохорною* і позначають C_v , в другому — *ізобарною* і позначають C_p .

При ізохорному підігріванні газу його

об'єм не збільшується. Отже, він не здійснює роботи проти зовнішніх сил. При ізобарному підігріванні газ, розширюючись, долає зовнішню силу, яка діє на поршень, тобто здійснює роботу.

Отже, *при нагріванні того самого газу до однакової температури за однакових умов при ізобарному процесі треба витратити більше теплоти, ніж при ізохорному.*

В цьому можна переконатись, зробивши такий дослід.

Візьмемо два циліндри однакових розмірів (рис. 7.1). Припустимо, що стінки циліндрів і невагомі поршні виготовлені з абсолютно нетеплопровідного матеріалу, а дно кожного циліндра абсолютно теплопровідне.

У кожний циліндр вмістимо по 1 кг того самого газу однакових параметрів, p_1, v_1, T_1 .

Поршень першого циліндра (рис. 7.1, а) закріплений. З підведенням питомої теплоти питомий об'єм газу залишатиметься сталим. До поршня другого циліндра (рис. 7.1, б) прикладено силу P і газ під час підведення теплоти розширюється з сталим тиском.

Сила P має дорівнювати добутку тиску газу p (всередині циліндра) на площу поршня A , тобто $P = pA$. Підведемо до циліндрів питому теплоту g_v і g_p відповідно. В першому циліндрі (рис. 7.1, а) газ не розширюється і, отже, не здійснює роботи. Наприкінці процесу параметри газу матимуть значення p_2, v_2, T_2 . Вся підведена теплота при ізохорному процесі витрачається на підвищення температури і тиску газу.

У другому циліндрі (рис. 7.1, б) підведена до газу питома теплота g_p розподіляється так: частина її витрачається на підвищення температури газу (прискорення руху його молекул), а друга частина на виконання зовнішньої питомої роботи (переміщення поршня). Оскільки газ в обох циліндрах нагрівався до однакових температур, то в другому випадку (при $p = \text{const}$) теплоти було витрачено більше на розмір виконаної питомої роботи ω :

$$g_p = g_v + \omega.$$

Теплоємність газу залежить від його фізичної природи, від умов, за яких-відбувається процес, а також і від температури (а для реальних газів і від тиску). Іноді в теплотехнічних розрахунках, що не потребують великої точності, зміну теплоємності від температури не враховують, беручи значення теплоємностей однаковими в усіх інтервалах температурної шкали. Коли виходити з того, що теплоємність газу — величина змінна, яка залежить від температури, то це означає, що для нагрівання на кожний градус потрібна різна кількість теплоти. В цьому разі користуються поняттям істинної теплоємності.

ТЕПЛОЄМНІСТЬ ГАЗОВОЇ СУМІШІ

У теплотехнічних розрахунках доводиться визначати *теплоємність газової суміші*. Оскільки теплота, що йде на нагрівання 1 кг газової суміші, витрачається на нагрівання окремих компонентів, що є в суміші, то питома теплоємність суміші дорівнює сумі добутків питомих теплоємностей компонентів, з яких складається суміш, на їхні масові чи об'ємні частки.

Коли склад суміші заданий за масою газу, то питому теплоємність суміші визначають з рівності

$$C_{см} = c_1 g_1 + c_2 g_2 + \dots + c_n g_n$$

або

$$C_{см} = \sum_{i=1}^n c_i g_i,$$

де c_i — питома теплоємність компонента суміші;

g_i — масова частка компонента суміші.

Коли склад суміші заданий об'ємними частками, то об'ємну теплоємність суміші можна обчислити за формулою

$$C_{см} = \sum_{i=1}^n c_i r_i,$$

де r_i — об'ємна частка компонента суміші.

Контрольні запитання і завдання

1. Дайте формулювання закону Дальтона.
2. Що називають питомою теплоємністю газової суміші ?
3. Що називають об'ємною теплоємністю речовини ?
4. Що називають молярною теплоємністю ?
5. Як розраховується теплоємність газової суміші ?