

### 1.5. Термодинамические свойства смесей идеальных газов.

В теплотехнических установках теплоноситель или рабочее тело часто представляют собой смесь газов при невысоком давлении, когда их можно рассматривать как идеальные газы. Схема получения такой смеси, состоящей из двух компонентов, показана на рис. 1.8.

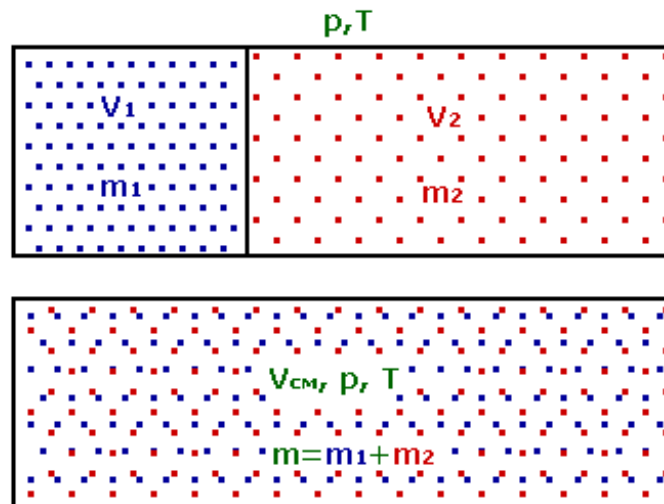


Рис. 1.8

До смешения компоненты находятся в объемах  $V_1$  и  $V_2$  при одинаковом давлении  $p$  и одинаковой температуре  $T$ . Массы газов и их *калорические свойства* (внутренние энергии, энтальпии, теплоемкости и др.), естественно, различны. После того как убрана перегородка, газы вследствие диффузии перемешиваются, так что каждый из них занимает полный объем  $V_{см}$ , а давление каждого газа уменьшается до *парциального давления* его в смеси  $p_1$  и  $p_2$ , соответственно. При этом изменений температуры или давления не происходит.

Состав такой смеси можно характеризовать следующими величинами:

-массовая доля  $i$ -того компонента

$$\omega_i = m_i / m_{см} = m_i / \sum m_i, \quad (1.48)$$

где  $m_i$  и  $m_{см}$  –массы, соответственно, компонента и смеси;

-мольная доля  $i$ -того компонента

$$x_i = M_i / M_{см} = M_i / \sum M_i \quad (1.49)$$

где  $M_i$  и  $M_{см}$  –числа киломолей компонента и смеси;

-объемная доля  $i$ -того компонента

$$r_i = V_i / V_{см} = V_i / \sum V_i \quad (1.50)$$

где  $V_i$  –объем компонента до смешения,  $V_{см}$  –объем смеси.

Отметим, что для смеси идеальных газов объемная доля совпадает с мольной.

Между этими характеристиками состава смеси существуют очевидные соотношения

$$\omega_i = x_i \mu_i / \sum x_i \mu_i \quad (1.51)$$

$$x_i = (\omega_i / \mu_i) / \sum (\omega_i / \mu_i) \quad (1.52)$$

Для смеси идеальных газов справедливы закон Дальтона

$$p = \sum p_i \quad (1.53)$$

где парциальное давление каждого газа  $p_i$  равно

$$p_i = x_i p \quad (1.54)$$

и закон Амага

$$V = \sum V_i \quad (1.55)$$

причем парциальный объем каждого газа равен его объему до смешения или

$$V_i = x_i V_{см} \quad (1.56)$$

Удельный объем смеси идеальных газов может быть рассчитан по уравнению Клапейрона – Менделеева

$$p v_{см} = RT / \mu_{см} ,$$

в котором масса киломоля смеси определяется как

$$\mu_{см} = 1 / \sum (\omega_i / \mu_i) \quad (1.57)$$

или

$$\mu_{см} = \sum x_i \mu_i \quad (1.58)$$

Так как молекулы каждого из входящих в смесь газов не взаимодействуют между собой, то они не взаимодействуют и с молекулами другого газа. Процесс их смешения не сопровождается выделением или поглощением теплоты, т.е. не влечет за собой изменения внутренней энергии газов. Поэтому внутренняя энергия смеси есть сумма внутренних энергий компонентов

$$U_{см} = \sum U_i = m_{см} u_{см} = \mu_{см} \cdot \mu U_{см} = \sum m_i u_i = \sum \mu_i \cdot \mu U_i \quad (1.59)$$

Подобные равенства можно написать и для энтальпии, и для теплоемкостей. Тогда для удельной или для мольной величин этих свойств смеси, разделив эти равенства, соответственно, на массу или число киломолей смеси, получим общее правило

$$z_{см} = \sum \omega_i z_i \quad (1.60)$$

$$\mu z_{см} = \sum x_i \cdot \mu z_i \quad (1.61)$$

где  $z$  обозначает любое из свойств: внутреннюю энергию, энтальпию, изохорную или изобарную теплоемкость. Таким образом, для этих свойств смеси действует правило аддитивности (сложения): удельная или мольная величина для смеси равна сумме таких величин для компонентов, умноженных на соответствующую их долю в смеси.

Отметим, что в программном модуле [4] имеется возможность определять термодинамические свойства смесей, включающих до 10-и идеальных газов.