



КОКШЕТАУСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ КЧС МВД
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Практическое занятие №1

Параметры процессов горения



Учебные вопросы

- 1. Основные понятия материального баланса процесса горения.
Расход воздуха на горение**
- 2. Основные понятия энергетического баланса процесса горения**

1-ый учебный вопрос:

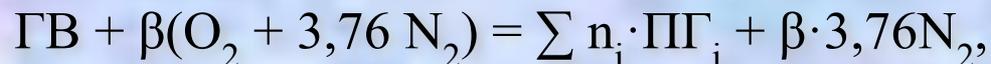
Основные понятия материального баланса процесса горения. Расход воздуха на горение

Параметры процесса горения определяются его материальным и энергетическим балансом.

Материальный баланс процесса горения — соотношение (равенство) между количеством веществ, которые вступают в реакцию горения, и количеством веществ (продуктов горения), которые получаются вследствие этой реакции. При горении происходит взаимодействие между молекулами горючего вещества и окислителя, при этом получают продукты сгорания.

Горючее вещество + Окислитель = Продукты сгорания

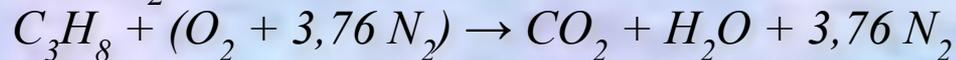
Как правило, окислителем при горении выступает кислород воздуха. Схематично химическую реакцию сгорания одного моля вещества в воздухе можно представить уравнением:



в котором символами ГВ, O_2 , N_2 , $ПГ_i$ обозначены молекулы, соответственно горючего вещества, кислорода, азота и i -го продукта горения; n_i — количество молекул i -го продукта горения, приходящееся на одну молекулу горючего; β — стехиометрический коэффициент реакции горения.

Пример: Составить уравнение реакции горения пропана (C_3H_8) в воздухе.

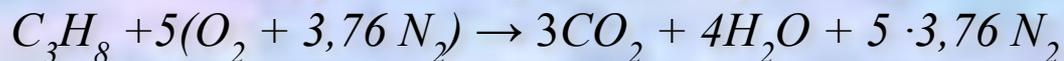
При горении углеводородов в воздухе продуктами горения будут углекислый газ (CO_2), пары воды (H_2O) и азот (N_2) из воздуха:



Уравняем эту реакцию, в результате чего число атомов каждого элемента в правой части уравнения будет равно числу атомов этих элементов в левой части.

Углерода в молекуле пропана 3 атома, следовательно, в продуктах горения образуется 3 молекулы углекислого газа. Атомов водорода в молекуле пропана 8, следовательно, в продуктах горения образуется 4 молекулы воды, так как в молекуле H_2O два атома водорода ($8 : 2 = 4$). В последнюю очередь уравнивается число атомов кислорода. Подсчитываем число атомов кислорода в правой части уравнения: число атомов кислорода в 3 молекулах CO_2 равно 6 ($3 \cdot 2 = 6$); число атомов кислорода в 4 молекулах воды равно 4 ($4 \cdot 1 = 4$). Всего в правой части получается 10 атомов кислорода ($6 + 4 = 10$), следовательно, в левой части перед скобкой мы должны поставить коэффициент равный 5 ($10 : 2 = 5$), т.к. в молекуле кислорода 2 атома. Коэффициент перед азотом в продуктах горения будет равен коэффициенту перед скобкой воздуха, умноженному на 3,76.

Окончательная запись уравнения реакции горения пропана в воздухе имеет вид:



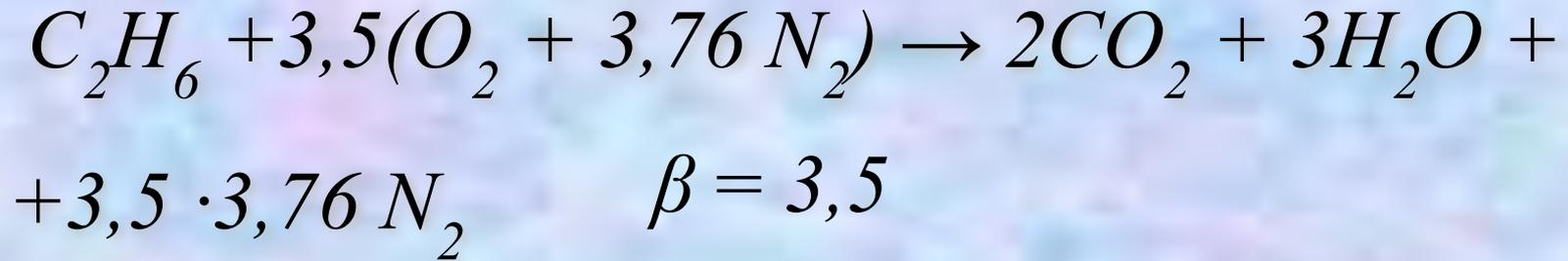
Коэффициент, стоящий перед скобкой воздуха, называется стехиометрическим коэффициентом реакции горения и обозначается β . В нашем случае $\beta = 5$.

ЗАДАНИЕ НА ПОВТОРЕНИЕ:

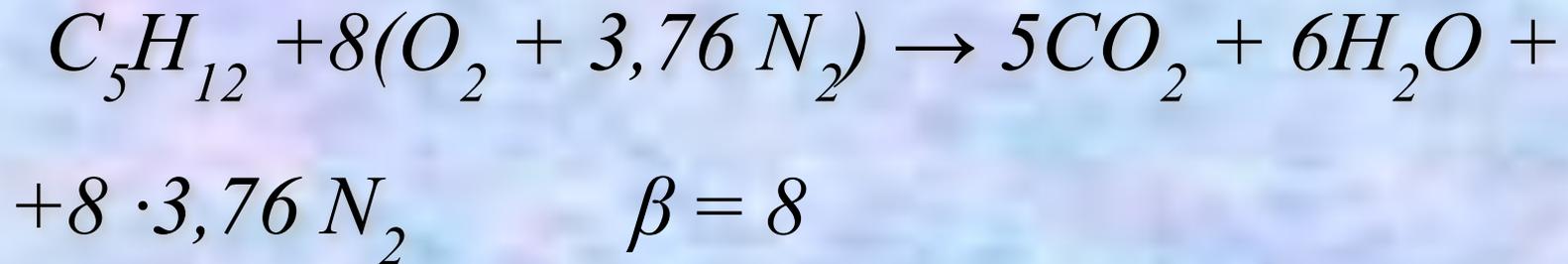
Задача 1. Составить уравнение реакции горения этана (C_2H_6) в воздухе.

Задача 2. Составить уравнение реакции горения пентана (C_5H_{12}) в воздухе.

Задача 1. Составить уравнение реакции горения этана (C_2H_6) в воздухе.



Задача 2. Составить уравнение реакции горения пентана (C_5H_{12}) в воздухе.



Минимальный объем воздуха, который необходим для полного сгорания единицы количества горючего вещества, называется **удельным теоретическим объемом воздуха** и обозначается v_B^0 . В зависимости от единиц измерения количества горючего вещества (1 моль, 1 м³, 1 кг) удельный объем измеряется в м³/моль, м³/м³, м³/кг.

Действительное количество воздуха, который поступает в зону горения, отличается от теоретического. Соответствующий объем называется **удельным действительным объемом воздуха** и обозначается v_B . Разность между количеством воздуха, который идет на горение и теоретически необходимым, называется **избытком воздуха**. Для характеристики процесса горения используют понятие **коэффициент избытка воздуха** — α_B , который показывает, во сколько раз количество воздуха, который действительно поступает в зону горения, отличается от теоретически необходимого количества для полного сгорания единицы количества горючего вещества.

Таким образом, действительный удельный объем воздуха равняется:

$$v_B = v_B^0 \cdot \alpha_B.$$

Часть воздуха, неизрасходованная на горение, переходит в продукты горения.

Продукты горения — это газообразные, твердые и жидкие вещества, образующиеся в процессе горения.

Состав продуктов горения зависит от состава горючего вещества и условий протекания реакции горения. Продукты горения образуют дым.

Дым — дисперсная система, состоящая из твердых и жидких частиц (дисперсной фазы), находящихся в газовой дисперсионной среде.

Свойства дыма характеризуются следующими параметрами:

Концентрация дыма — это масса продуктов горения, находящихся в единице объема. В зоне задымления концентрация продуктов горения находится в интервале от $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ кг/м³.

Наличие конденсированной фазы обуславливает непрозрачность дыма. Степень снижения прозрачности зависит от концентрации, размера и природы частиц дисперсной фазы. Параметром, характеризующим оптические свойства дыма, является плотность задымления.

Плотность задымления — отношение интенсивности света I_{Π} , прошедшего через слой дыма, к интенсивности падающего света I_j .

$$D_{\text{д}} = I_{\Pi} / I_0$$

2-ой учебный вопрос:

Основные понятия энергетического баланса процесса горения

Под **тепловым эффектом реакции** понимают количество теплоты, которое выделяется или поглощается системой в ходе реакции.

В тех случаях, когда теплосодержание системы после реакции уменьшается (реакция идет с выделением энергии), реакция является **экзотермической**. Если теплосодержание конечных продуктов выше исходных (реакция идет с поглощением энергии), реакция является **эндотермической**.

Теплосодержание системы определяется теплотами образования компонентов системы (продуктов горения и исходного вещества). Таким образом тепловой эффект реакции можно записать:

$$\Delta H_{\Gamma} = \sum \Delta H^{\circ}_{\text{фпр}} - \sum \Delta H^{\circ}_{\text{фгв}},$$

где $\Delta H^{\circ}_{\text{фпр}}$ и $\Delta H^{\circ}_{\text{фгв}}$ — теплота образования продуктов горения и исходных горючих веществ соответственно.

Теплота образования веществ определяется по справочникам или рассчитывается исходя из структуры вещества.

Одной из причин повышенной опасности горения на пожаре является большой тепловой эффект и, возникающее вследствие него повышение температуры в зоне реакции.

В расчете на единицу количества горючего вещества *тепловой баланс* зоны горения можно записать так:

$$Q_H + Q_{исх} - Q_{недож} = Q_{нг} + Q_{пот}, \quad (1.1)$$

где: Q_H - низшая теплота горения горючего вещества (если $\alpha_v = 1$, $T_H = 293 \text{ K}$,

$Q_{исх} \approx 0,03 Q_H$);

$Q_{исх}$ - количество тепла, поступающее в зону горения с горючим веществом и окислителем;

$Q_{недож}$ - количество тепла, не реализуемое в зоне горения при химическом и механическом недожоге; $Q_{недож}$ зависит от вида горючего материала и условий горения и возрастает с увеличением количества воздуха, необходимого для полного сгорания ($Q_{недож}$ составляет 5 - 25% от Q_H);

$Q_{нг}$ - количество тепла, затрачиваемое на нагрев продуктов горения единицы количества горючего; Часть из выделяемого в зоне горения тепла расходуется на нагрев продуктов горения ($Q_{нг}$).

За счет $Q_{нг}$ продукты горения нагреваются до температуры более 1000 °С ($Q_{нг}$ составляет 40 - 80% от Q_H);

$Q_{пот}$ - количество тепла, теряемое из зоны горения конвекцией и излучением $Q_{пот}$ составляет 40 - 60% от Q_H);

ЗАДАНИЕ НА САМОПОДГОТОВКУ:

1. Основные компоненты атмосферного воздуха, их влияние на процесс горения. Что является главной особенностью реакции горения?
2. Что называется удельным теоретическим количеством воздуха?
3. Какие факторы оказывают влияние на состав продуктов горения?
4. Как влияет содержание кислорода в воздухе на способность веществ к горению?
5. Что называют продуктами горения и дымом? Назовите параметры дыма, характеризующие его пожароопасные свойства.
6. Что называют полным и неполным горением? Что влияет на полноту горения?
В каких условиях образуются продукты неполного горения? Привести примеры. Способны ли они в определенных условиях гореть?
7. Составить уравнения горения бутана C_4H_{10} , метанола CH_3OH .