

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра «Экология»

И.А.Трусова
Н.Г.Малькевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ОКСИДА УГЛЕРОДА
ПРИ СЖИГАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА**

Методическое пособие
по курсу «Отраслевая экология»
для студентов всех специальностей

Минск 1999

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра «Экология»

И.А.Трусова
Н.Г.Малькевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ОКСИДА УГЛЕРОДА
ПРИ СЖИГАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА**

Методическое пособие
по курсу «Отраслевая экология»
для студентов всех специальностей

Минск 1999

УДК 502.3

Трусова И.А. Малькевич Н.Г. Определение массы оксида углерода при сжигании органического топлива. Метод. пособие по курсу «Отраслевая экология» для студ. всех спец. – Мн.: БГПА, 1999. – 22 с.

Методическое пособие «Определение массы оксида углерода при сжигании органического топлива» предназначено для студентов всех специальностей технических и технологических вузов республики, изучающих курс «Отраслевая экология». В нем изложена методика сравнительного анализа массы оксида углерода для двух типичных случаев сжигания топлива (полное сжигание топлива и неполное) в различных промышленных установках на основе экспериментальных и расчетных данных. Материал методического пособия соответствует программе курса «Отраслевая экология».

Предназначено для индивидуальной самостоятельной работы студентов.

Рецензент М.И. Никитенко

© Трусова И.А., Малькевич Н.Г., 1999

Цель работы:

Провести сравнительный анализ процентного содержания и массы оксидов углерода (СО) в продуктах сгорания органического топлива при условии полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1. ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА

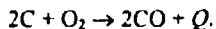
Оксид углерода, угарный газ (СО) - самая распространенная и наиболее значительная (по массе) токсичная примесь атмосферы. СО представляет собой бесцветный, горючий высокотоксичный газ, не имеющий запаха, не взаимодействующий с водой, кислотами и щелочами.

Токсичность оксида углерода связана с его способностью реагировать с гемоглобином (красными кровяными тельцами) крови со скоростью, почти в 200 раз превышающей скорость связывания кислорода гемоглобином. В результате образуется карбоксигемоглобин, который уменьшает способность крови переносить кислород к тканям организма. При концентрации карбоксигемоглобина 10...80% наблюдается нарушение дыхания и летальный исход. Образование карбоксигемоглобина в крови - процесс обратимый: после прекращения вдыхания СО начинается его постепенный выход из крови.

Естественными источниками поступления в атмосферу оксида углерода являются: вулканическая деятельность, некоторые виды брожения (придонные илы болот), электрические разряды в тропосфере, лесные пожары, а также океан, который производит около 5% общей массы оксида углерода.

Основная масса СО антропогенного происхождения образуется в процессе горения топлива в условиях недостатка кислорода (неполного сгорания): в двигателях внутреннего сгорания, в промышленных и бытовых топливоспользующих установках, ТЭС, при сжигании промышленных отходов и т.д.

Образование CO в процессе горения происходит по формуле



При этом двигатели внутреннего сгорания являются главными источниками оксида углерода. Объем оксида углерода может достигать 10% объема выхлопных газов.

Почти во всех процессах горения используется воздух, а не чистый кислород. Поскольку воздух представляет собой механическую смесь газов, можно рассчитать точное его количество, необходимое для сжигания конкретного топлива.

Количество воздуха, используемого в системе сжигания, зависит от количества кислорода, требуемого для полного сгорания, и от степени смешения. При идеальном смешении теоретическое отношение воздуха к топливу обеспечивает полное сгорание, однако смешение никогда не бывает идеальным и для полного сгорания требуется избыточный воздух. При увеличении избыточного воздуха уменьшается количество несгоревшего топлива и увеличивается эффективность сгорания.

Оксид углерода образуется при горении топлива как с недостатком кислорода, так и при горении с избытком кислорода. Только в первом случае CO является конечным продуктом реакции горения, во втором – промежуточным.

Выбросы CO определяются организацией заключительной стадии горения – дожигания CO, важнейшими элементами которой являются ввод вторичного воздуха и его смешение с продуктами сгорания.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ СЖИГАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

2.1. Общие сведения

В общем виде уравнение сгорания органического топлива имеет вид



Топливо + Кислород (воздух) = Продукты сгорания + Теплота

Горючее вещество топлив состоит в основном из трех элементов – углерода, водорода и серы. Горение – это быстрое соединение кислорода с этими горючими элементами, сопровождающееся выделением теплоты.

Для большинства топлив важны только углерод и водород, так как содержание серы слишком мало, чтобы внести заметный вклад в выделение теплоты.

При сжигании органического топлива различают четыре типа горения:

- **нейтральное** - полное сгорание топлива без избытка воздуха, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1$. Основными компонентами продуктов сгорания топлива являются диоксид углерода (CO_2), водяной пар (H_2O), азот (N_2);

- **окислительное** - полное сгорание при небольшом избытке воздуха, $\alpha > 1,0$. В этом случае продукты сгорания в основном состоят из CO_2 , H_2O , N_2 и O_2 ;

- **восстановительное** - неполное сгорание при недостатке воздуха, $\alpha < 1,0$. Продукты сгорания содержат CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 . В этой группе наибольшее значение имеет оксид углерода CO ;

- **смешанное** - окислительно-восстановительное, характерное для горения твердого топлива при неравномерном взаимодействии поверхностей его частиц с воздухом.

2.2. Определение массы оксида углерода

Масса выбросов оксида углерода (CO) определяется по уравнению

$$M_{CO} = \frac{V_{г. CO} \cdot \rho_{г. CO}}{3600}, \text{ г/с}, \quad (1)$$

где ρ - плотность CO ($\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$);

$V_{г. CO}$ - объем оксида углерода, определяемый по формуле

$$V_{г. CO} = \frac{Q}{Q_{н. CO}^p}, \text{ м}^3/\text{м}^3; \quad (2)$$

$Q_{н. CO}^p$ - теплота сгорания оксида углерода ($Q_{н. CO}^p = 12675 \text{ кДж/м}^3$);

Q - количество теплоты, расходуемое на образование CO:

$$Q = Q_{н. CO}^p \cdot CO/100, \text{ кДж/м}^3; \quad (3)$$

CO - содержание оксида углерода в продуктах сгорания, %.

Расчет состава и количества продуктов сгорания топлива при $\alpha > 1$ и $\alpha < 1$ принципиально различается.

2.2.1. Определение процентного содержания оксида углерода

при полном сжигании топлива

Процентное содержание CO в продуктах сгорания зависит от организации процесса (типа устройств, в которых он осуществляется) и величины коэффициента избытка воздуха α .

Содержание CO при $\alpha > 1$ определяется по выражению

$$CO = \frac{21 - \beta RO_2 - (RO_2 + O_2)}{0,605 + \beta}, \text{ \%}, \quad (4)$$

где RO_2 - содержание трехатомных газов ($CO_2 + SO_2$) в продуктах сгорания, %;

O_2 - содержание кислорода в продуктах сгорания, %;

β - коэффициент, зависящий от состава топлива. Величину коэффициента β задают в исходных данных.

Величины RO_2 и O_2 определяют по данным газового анализа состава продуктов сгорания.

1.2.2. Определение процентного содержания оксида углерода при неполном сжигании топлива

Для определения процентного содержания CO в продуктах сгорания при неполном сжигании топлива ($\alpha < 1$) составляют систему уравнений, которая связывает объемы продуктов сгорания и объемы компонентов топлива:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum (n^{\text{пр.ср}} V_C^{\text{пр.ср}}) = \sum (n^{\text{топл}} V_C^{\text{топл}}) \\ \sum (m^{\text{пр.ср}} V_H^{\text{пр.ср}}) = \sum (m^{\text{топл}} V_H^{\text{топл}}) \\ \sum (k^{\text{пр.ср}} V_O^{\text{пр.ср}}) = \sum (k^{\text{топл}} V_O^{\text{топл}}) + 2 \cdot 0,21\alpha V_{\text{теор}} \\ \frac{V_{CO}}{V_{CO_2}} = k_1; \\ \frac{V_{H_2O}}{V_{H_2}} = k_2; \end{array} \right. \quad (5)$$

где $n^{\text{пр.ср}}$, $m^{\text{пр.ср}}$, $k^{\text{пр.ср}}$ - коэффициенты при элементах С, Н, О, входящих в состав продуктов сгорания;

$V_C^{\text{пр.ср}}$, $V_H^{\text{пр.ср}}$, $V_O^{\text{пр.ср}}$ - объемы продуктов сгорания, содержащих С, Н и О, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$n^{\text{топл}}$, $m^{\text{топл}}$, $k^{\text{топл}}$ - коэффициенты при элементах С, Н, О, содержащихся в химических соединениях, составляющих топливо (числовое значение коэффициентов равно числу атомов в молекуле химического соединения);

$V_C^{пр.сг}$, $V_H^{пр.сг}$, $V_O^{пр.сг}$ - объемы компонентов топлива, содержащих С, Н, О, m^3/m^3 ;

k_1 , k_2 - равновесные коэффициенты, определяемые в зависимости от α и Q_H^p (рис.1).

Объем азота в продуктах сгорания определяют по формуле

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot \alpha \cdot V_{теор} + V_{N_2}^{топл}, m^3/m^3, \quad (6)$$

где $V_{N_2}^{топл}$ - объем азота, содержащийся в топливе, m^3/m^3 ;

$V_{теор}$ - теоретически необходимое количество воздуха для сжигания m^3 или кг топлива, m^3/m^3 или m^3/kg .

Решив систему уравнений (5) и определив V_{N_2} по формуле (6), находят суммарный объем продуктов сгорания $\sum V_i$ ($\sum V_i = V_{CO} + V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{N_2}$) и вычисляют процентное содержание оксида углерода в продуктах сгорания:

$$CO = \frac{V_{CO}}{\sum V_i} \cdot 100, \%$$

Дальнейший расчет массы выбросов оксида углерода проводят по формулам (1)...(3).

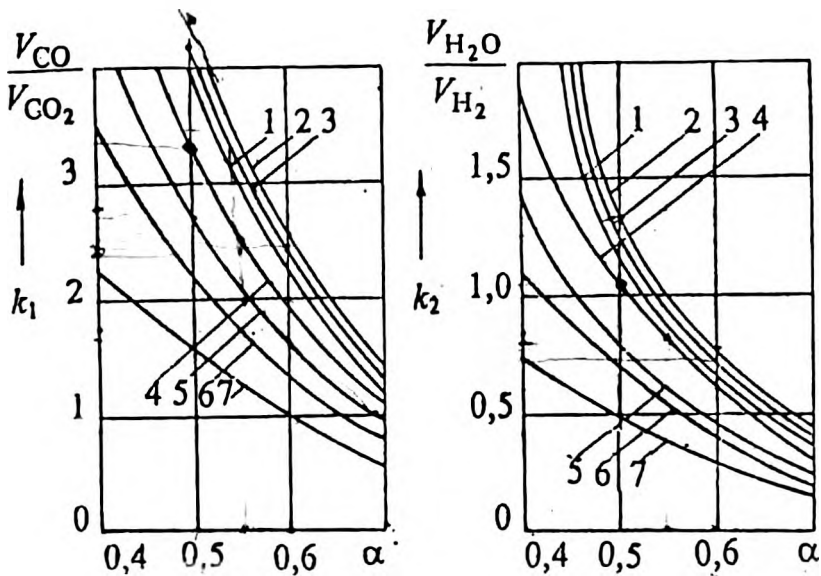


Рис.1. Графики для определения k_1 и k_2 .

- 1 – нефтяной газ ($Q_n^p = 49440$ кДж/м³); 2 – природный газ ($Q_n^p = 35700$ кДж/м³); 3 – природно-коксовый газ ($Q_n^p = 30210$ кДж/м³);
 4 – коксовый газ ($Q_n^p = 17100$ кДж/м³); 5 – коксодоменный газ ($Q_n^p = 12570$ кДж/м³); 6 – коксодоменный газ ($Q_n^p = 10060$ кДж/м³);
 7 – водяной газ ($Q_n^p = 10220$ кДж/м³)

3. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ

Вариант 1

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании природного газа в объеме $V_{\text{топл}} = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{H}}^{\text{H}} = 35700 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,2$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 13% CO_2 и 7,7% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,5$. Состав природного газа: $\text{CH}_4 = 0,925 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{CO}_2 = 0,005$; $\text{H}_2 = 0,019$; $\text{CO} = 0,003$; $\text{O}_2 = 0,006$ и $\text{N}_2 = 0,042 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{теор}} = 9,35 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания природного газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.сг}} V_{\text{H}}^{\text{пр.сг}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{топл}} V_{\text{H}}^{\text{топл}} = 4V_{\text{CH}_4} + 2V_{\text{H}_2} = 4 \cdot 0,925 + 2 \cdot 0,019 = 3,738 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 3,738 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 2

Определить массу M (т/с) оксида углерода при сжигании природного газа в объеме $V_{\text{топл}} = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{H}}^p = 35700 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,15$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 12,9% RO_2 и 7,6% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,55$. Состав природного газа: $\text{CH}_4 = 0,925 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{CO}_2 = 0,005$; $\text{H}_2 = 0,019$; $\text{CO} = 0,003$; $\text{O}_2 = 0,006$ и $\text{N}_2 = 0,042 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{топл}} = 9,35 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания природного газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.сг}} V_{\text{H}}^{\text{пр.сг}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{топл}} V_{\text{H}}^{\text{топл}} = 4V_{\text{CH}_4} + 2V_{\text{H}_2} = 4 \cdot 0,925 + 2 \cdot 0,019 = 3,738 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 3,738 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C.

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 3

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании природного газа в объеме $V_{\text{топлива}} = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 35700 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,1$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 12,8% RO_2 и 7,5% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_1 = 0,6$. Состав природного газа: $\text{CH}_4 = 0,925 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{CO}_2 = 0,005$; $\text{H}_2 = 0,019$; $\text{CO} = 0,003$; $\text{O}_2 = 0,006$ и $\text{N}_2 = 0,042 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{топ}} = 9,35 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания природного газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.сг}} V_{\text{H}}^{\text{пр.сг}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{топл}} V_{\text{H}}^{\text{топл}} = 4V_{\text{CH}_4} + 2V_{\text{H}_2} = 4 \cdot 0,925 + 2 \cdot 0,019 = 3,738 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 3,738 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C.

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 4

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании коксового газа в объеме $V_{\text{топл}} = 2090 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 17100 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,2$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 13,05% CO_2 и 7,68% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,5$. Состав коксового газа: $\text{CH}_4 = 0,266 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{CO}_2 = 0,02$, $\text{H}_2 = 0,555$; $\text{CO} = 0,064$; $\text{O}_2 = 0,008$; $\text{N}_2 = 0,064$ и $\text{H}_2\text{O} = 0,023 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{топл}} = 4,06 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания коксового газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.с г}} V_{\text{H}}^{\text{пр.с г}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{топл}} V_{\text{H}}^{\text{топл}} = 4V_{\text{CH}_4} + 2V_{\text{H}_2} + 2V_{\text{H}_2\text{O}} = 4 \cdot 0,266 + 2 \cdot 0,555 + 2 \cdot 0,023 = 2,22 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 2,22 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C .

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 5

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании коксового газа в объеме $V_{\text{газа}} = 2090 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{H}}^{\text{p}} = 17100 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,15$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 12,95% RO_2 и 7,65% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,55$. Состав коксового газа: $\text{CH}_4 = 0,266 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{CO}_2 = 0,02$; $\text{H}_2 = 0,555$; $\text{CO} = 0,064$; $\text{O}_2 = 0,008$; $\text{N}_2 = 0,064$ и $\text{H}_2\text{O} = 0,023 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{воз}} = 4,06 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания коксового газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.сг}} V_{\text{H}}^{\text{пр.сг}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{топл}} V_{\text{H}}^{\text{топл}} = 4V_{\text{CH}_4} + 2V_{\text{H}_2} + 2V_{\text{H}_2\text{O}} = 4 \cdot 0,266 + 2 \cdot 0,555 + 2 \cdot 0,023 = 2,22 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 2,22 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C .

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 6

Определить массу M (т/с) оксида углерода при сжигании коксодоменного газа в объеме $V_{\text{топл}} = 2840 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 12570 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,2$. При этом коэффициент избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 13,02% CO_2 и 7,6% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,5$. Состав коксодоменного газа: $\text{C}_2\text{H}_4 = 0,164 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,013$; $\text{CO} = 0,054$; $\text{H}_2 = 0,376$; $\text{CO} = 0,132$; $\text{O}_2 = 0,005$; $\text{N}_2 = 0,233$ и $\text{H}_2\text{O} = 0,023 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{топ}} = 2,93 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания коксодоменного газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m_{\text{H}}^{\text{прсг}} V_{\text{H}}^{\text{прсг}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\sum m_{\text{H}}^{\text{топл}} V_{\text{H}}^{\text{топл}} = 4V_{\text{C}_2\text{H}_4} + 6V_{\text{C}_2\text{H}_6} + 2V_{\text{H}_2} + 2V_{\text{H}_2\text{O}} =$$

$$= 4 \cdot 0,164 + 6 \cdot 0,013 + 2 \cdot 0,376 + 2 \cdot 0,023 = 1,532 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 1,532 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C.

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 7

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании коксодоменного газа в объеме $V_{\text{топлива}} = 2840 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 12570 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,15$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 12,99% RO_2 и 7,67% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_1 = 0,55$. Состав коксодоменного газа: $\text{CH}_4 = 0,164 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,013$; $\text{CO}_2 = 0,054$; $\text{H}_2 = 0,376$; $\text{CO} = 0,132$; $\text{O}_2 = 0,005$; $\text{N}_2 = 0,233$ и $\text{H}_2\text{O} = 0,023 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{теор}} = 2,93 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания коксодоменного газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{п.р.с.г}} V_{\text{H}}^{\text{п.р.с.г}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\begin{aligned} \sum m^{\text{топлива}} V_{\text{H}}^{\text{топлива}} &= 4V_{\text{CH}_4} + 6V_{\text{C}_2\text{H}_6} + 2V_{\text{H}_2} + 2V_{\text{H}_2\text{O}} = \\ &= 4 \cdot 0,164 + 6 \cdot 0,013 + 2 \cdot 0,376 + 2 \cdot 0,023 = 1,532 \text{ м}^3/\text{м}^3. \end{aligned}$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 1,532 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C .

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 8

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании природно-коксового газа в объеме $V_{\text{топлива}} = 1185 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 30210 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,2$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 13,2% CO_2 и 7,3% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,5$. Состав природно-коксового газа: $\text{CH}_4 = 0,783 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,005$; $\text{CO}_2 = 0,007$; $\text{H}_2 = 0,136$; $\text{CO} = 0,019$; $\text{O}_2 = 0,005$; $\text{N}_2 = 0,04$ и $\text{H}_2\text{O} = 0,005 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{теор}} = 7,86 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания природно-коксового газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.с.г}} V_{\text{H}}^{\text{пр.с.г}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\begin{aligned} \sum m^{\text{топлива}} V_{\text{H}}^{\text{топлива}} &= 4V_{\text{CH}_4} + 6V_{\text{C}_2\text{H}_6} + 2V_{\text{H}_2} + 2V_{\text{H}_2\text{O}} = \\ &= 4 \cdot 0,783 + 6 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,136 + 2 \cdot 0,005 = 3,444 \text{ м}^3/\text{м}^3. \end{aligned}$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 3,444 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C.

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 9

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании природно-коксового газа в объеме $V_{\text{топл}} = 1185 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 30210 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,15$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 13,19% CO_2 и 7,15% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,55$. Состав природно-коксового газа. $\text{CH}_4 = 0,783 \text{ м}^3/\text{м}^3$, $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,005$; $\text{CO}_2 = 0,007$; $\text{H}_2 = 0,136$; $\text{CO} = 0,019$; $\text{O}_2 = 0,005$; $\text{N}_2 = 0,04$ и $\text{H}_2\text{O} = 0,005 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{топл}} = 7,86 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания природно-коксового газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.сг}} V_{\text{H}}^{\text{пр.сг}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\begin{aligned} \sum m^{\text{топл}} V_{\text{H}}^{\text{топл}} &= 4V_{\text{CH}_4} + 6V_{\text{C}_2\text{H}_6} + 2V_{\text{H}_2} + 2V_{\text{H}_2\text{O}} = \\ &= 4 \cdot 0,783 + 6 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,136 + 2 \cdot 0,005 = 3,444 \text{ м}^3/\text{м}^3. \end{aligned}$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 3,444 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C.

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Вариант 10

Определить массу M (г/с) оксида углерода при сжигании природно-коксового газа в объеме $V_{\text{топл}} = 1185 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 30210 \text{ кДж/м}^3$) в условиях полного сгорания топлива ($\alpha > 1$) и неполного сгорания ($\alpha < 1$).

1) $\alpha_1 = 1,1$. При этом коэффициенте избытка воздуха методом газового анализа определено, что в продуктах сгорания содержится 13,15% RO_2 и 7,06% O_2 . Коэффициент $\beta = 0,01$.

2) $\alpha_2 = 0,6$. Состав природно-коксового газа: $\text{CH}_4 = 0,783 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,005$; $\text{CO}_2 = 0,007$; $\text{H}_2 = 0,136$; $\text{CO} = 0,019$; $\text{O}_2 = 0,005$; $\text{N}_2 = 0,04$ и $\text{H}_2\text{O} = 0,005 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $V_{\text{теор}} = 7,86 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Продукты сгорания природно-коксового газа: CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 .

Пример составления системы уравнений (5).

Составляем уравнение для водорода.

Для компонентов продуктов сгорания, содержащих водород, запишем

$$\sum m^{\text{пр.сг}} V_{\text{н}}^{\text{пр.сг}} = 2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2}.$$

Для компонентов топлива, содержащих водород, запишем

$$\begin{aligned} \sum m^{\text{топл}} V_{\text{н}}^{\text{топл}} &= 4V_{\text{CH}_4} + 6V_{\text{C}_2\text{H}_6} + 2V_{\text{H}_2} + 2V_{\text{H}_2\text{O}} = \\ &= 4 \cdot 0,783 + 6 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,136 + 2 \cdot 0,005 = 3,444 \text{ м}^3/\text{м}^3. \end{aligned}$$

Окончательно запишем

$$2V_{\text{H}_2\text{O}} + 2V_{\text{H}_2} = 3,444 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Аналогичным образом составляют уравнения для O и C.

По результатам расчета делаем анализ полученных данных и формулируем вывод.

Контрольные вопросы

1. Источники образования оксида углерода.
2. Токсическое воздействие оксида углерода на организм человека.
3. Полное и неполное сгорание топлива.
4. Состав продуктов сгорания органического топлива.
5. Пути снижения выбросов оксида углерода при сжигании топлива.

Литература

1. Несенчук А.П., Жмакин Н.П. Тепловые расчеты пламенных печей для нагрева и термообработки металла.-Мн.: Выш.школа, 1974.
2. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: Справочник. - М.: Химия, 1991.
3. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. - Л.:Гидрометеиздат, 1991.

Содержание

Цель работы.	3
1. ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА.	3
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ СЖИГАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА.	5
2.1. Общие сведения.	5
2.2. Определение массы оксида углерода	6
2.2.1. Определение процентного содержания оксида углерода при полном сжигании топлива.	6
2.2.2. Определение процентного содержания оксида углерода при неполном сжигании топлива.	7
3. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ.	10
Контрольные вопросы.	20
Литература.	20

Учебное издание

ТРУСОВА Ирина Александровна
МАЛЬКЕВИЧ Наталья Геннадьевна

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ОКСИДА УГЛЕРОДА
ПРИ СЖИГАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА**

Методическое пособие
по курсу «Отраслевая экология»
для студентов всех специальностей

Редактор Н.А.Школьникова

Подписано в печать 10.12.99.

Формат 60x84 1/16. Бумага тип. №2. Офсет. печать

Усл. печ. л. 1,2. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 120. Зак. 660

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусская государственная политехническая академия.

Лицензия ЛВ №155 от 30.01.98. 220027, Минск, пр.Ф.Скорины, 65.