



ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГРАФИКА ЭМИССИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Коррелируется с требованиями Профессионального стандарта «...начальных требований к выпускнику образовательной организации, претендующего на должность младшего специалиста по техническому обслуживанию и среднему ремонту легковых и легких грузовых автомобилей». В списке задач, решаемых рядовым автомобильным техником, задание обозначено индексом Task Sheet NA037: «Демонстрация умения интерпретировать графики, диаграммы, схемы»
Задача отнесена к уровню приоритетности Р-3.

Теоретическая поддержка:

HALDERMAN, JAMES D. AUTOMOTIVE TECHNOLOGY: PRINCIPLES, DIAGNOSIS, & SERVICE в изложении Дмитрия Титаренко: «Автомобильные технологии. Принципы, диагностика и сервис»; 2017; Журнал Автоспециалист+ (Первый год обучения, ноябрьский номер)

Слушатель _____ Дата _____

Автомобиль: Марка _____ Модель _____ Год выпуска _____

VIN _____

Допуск к работе получен:



ПРЕДИСЛОВИЕ

На рисунке, представляющем данную Практическую работу, изображает переднюю панель автомобильного газоанализатора. Справа на панели упрощенно изображен график зависимости выбросов вредных веществ от концентрации паров топлива в отработавших (выхлопных) газах. Выполнение этого Практического задания позволит Вам получить представления о важности понимания диаграммы содержания вредных веществ в выхлопных газах

На рисунке NA037-1 Вашему вниманию представлена зависимость содержания вредных веществ в выхлопных газах в зависимости от концентрации паров топлива в горючей смеси.

В этой Практической работе Вы должны получить необходимые умения читать и интерпретировать диаграмму содержания вредных веществ от режима обогащения смеси.

TASK SHEET NA037: ДЕМОНСТРАЦИЯ УМЕНИЯ ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ ГРАФИКИ, ДИАГРАММЫ, СХЕМЫ

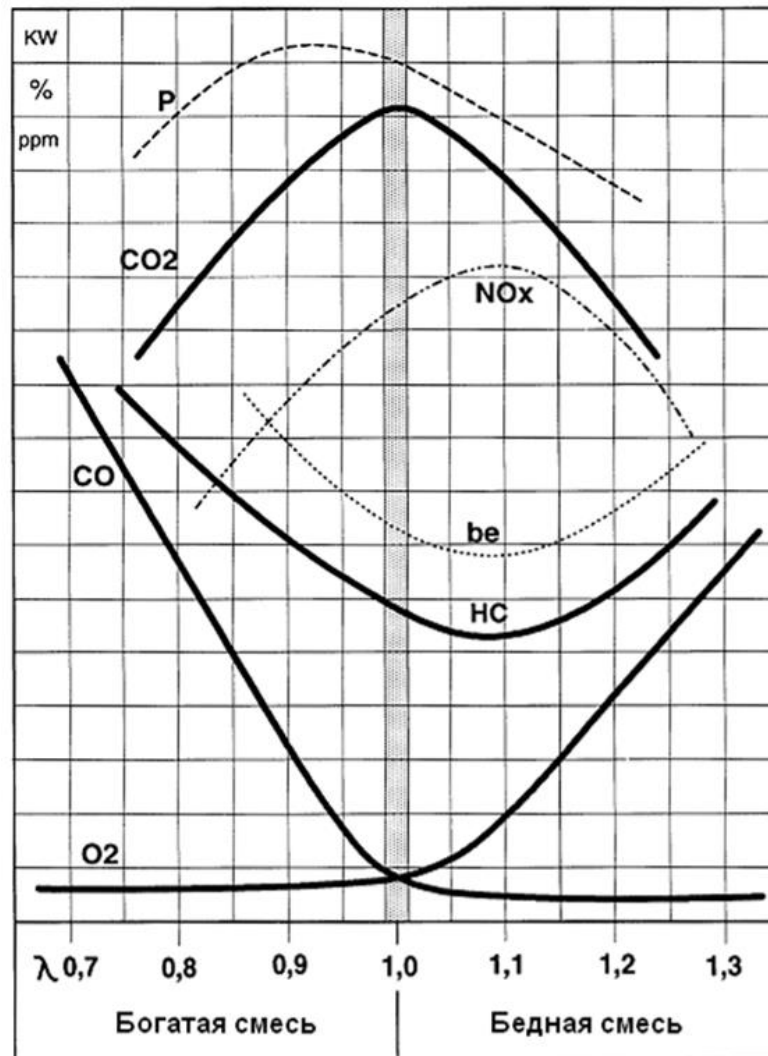


Рисунок NA037-1: Диаграмма эмиссии вредных веществ с выхлопными газами автомобильного бензинового двигателя в зависимости от концентрации паров топлива в горючей смеси.

На представленном выше графике по оси абсцисс (горизонтально) отложен коэффициент избытка воздуха, который принято обозначать буквой Лямбда (λ). По оси ординат отобразено приблизительное содержание компонентов выхлопных газов (сплошные кривые линии), а так же эффективная мощность двигателя P_e , и удельный расход топлива be .

Главная задача этой Практической работы состоит в том, чтобы Вы смогли интерпретировать содержание данной графической зависимости, и понять, при каких обстоятельствах содержание вредных веществ в выхлопных газах будет оптимальным, а при каких обстоятельствах возможно повышение / снижение количества различных веществ в выхлопных газах автомобиля.

Ваш инструктор продемонстрирует Вам работу автомобильного 4-компонентного газоанализатора, и поможет Вам понять, какие неисправности могут оказать существенное влияние на выбросы вредных веществ автомобильным двигателем

Выполнение первого Практического задания позволит Вам понять, что такое коэффициент избытка воздуха, и каким методом он вычисляется. В этой части Практической работы Вы узнаете, какие химические реакции протекают в цилиндрах автомобильного двигателя, использующего в качестве топлива автомобильный бензин.



ПРОЦЕДУРА

Процедуры		Задание выполнено
Ваш инструктор изучит результаты Вашего исследования, и поставит соответствующую отметку в каждом из пунктов исследования.		
1	<p>Состав жидкого автомобильного топлива</p> <p>Жидкое автомобильное топливо – это смесь органических компонентов, состоящих из предельных и непредельных углеводородов, ароматических, полициклических и других органических соединений с различным строением молекул. По признаку молекулярного строения углеводородные соединения, входящие в состав жидкого автомобильного топлива, разбиваются на несколько групп:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Парафиновые углеводороды (алканы) – C_nH_{2n+2}; • Нафтеновые углеводороды (цикланы) – C_nH_{2n}; • Ароматические углеводороды (например, бензол C_6H_6) – C_nH_{2n-6}; C_nH_{2n-12}; • Олефиновые углеводороды (алкены) – C_nH_{2n-2} <p>Элементарный состав молекул всех этих соединений отвечает общей формуле C_nH_m, где n – число атомов углерода в молекуле углеводорода ($5 < n < 12$), а m – четное число атомов водорода, образующих устойчивую молекулярную структуру данного углеводородного соединения ($6 < m < 26$). Таким образом, бензин и дизельное топливо – это смесь большого количества углеводородов с различным размещением атомов углерода C и атомов водорода H в молекуле C_nH_m.</p> <p>В общем случае процесс идеального окисления углеводородов можно описать следующим уравнением:</p> $C_n H_m + (n + m/4) O_2 = nCO_2 + m/2 H_2O \quad (1)$ <p>Бензин, как моторное топливо, в основном состоящее из легких фракций перегонки нефти, обладает хорошей испаряемостью и высокой скоростью сгорания. Но бензин в отличие от дизельного топлива, содержащего в основном средние и тяжелые фракции перегонки нефти, обладает низкой склонностью к самовоспламенению. Поэтому для воспламенения смеси паров бензина с воздухом требуется иницирующий источник тепловой энергии. Смесь паров бензина с воздухом в цилиндре автомобильного двигателя легко воспламеняется от электрической искры.</p> <p><u>ЗАДАНИЕ 1.</u></p> <p>Представим, что в качестве топлива используется октан (C_8H_{18}). В химической формуле октана $n = 8$; $m = 18$ Используя формулу (1) напишите уравнение химической реакции окисления октана (не забудьте расставить коэффициенты).</p>	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; margin: 0 auto;">3</div>

TASK SHEET NA037: ДЕМОНСТРАЦИЯ УМЕНИЯ ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ ГРАФИКИ,
ДИАГРАММЫ, СХЕМЫ

Ответьте, сколько молекул кислорода O_2 потребовалось на полное окисление 2 молекул октана?

_____ (подсказка – 25 молекул)

Сколько молекул углекислого газа CO_2 получилось при полном окислении октана?

Сколько молекул воды H_2O получилось в результате полного окисления октана?

ЗАДАНИЕ 2.

Подберите какой-либо нафтеновый углеводород (циклан, или циклоалкан) – C_nH_{2n} , например C_4H_8 – циклобутан, и составьте уравнение химической реакции окисления циклобутана

Ответьте, сколько молекул кислорода O_2 потребовалось на полное окисление 2 молекул октана?

Сколько молекул углекислого газа CO_2 получилось при полном окислении октана?

Сколько молекул воды H_2O получилось в результате полного окисления октана?

Как Вы считаете, какое химическое соединение сгорит быстрее?

Октан Циклобутан

2

Основные химические реакции сгорания топлива.

Теоретически необходимое количество воздуха.

Количество воздуха, необходимое для полного сгорания одного килограмма топлива называется теоретически необходимым количеством воздуха.

Теоретически необходимое количество воздуха зависит от элементарного химического состава топлива.

Примем элементарный массовый состав одного килограмма топлива:

$$C + H + O = 1 \text{ кг}$$

Где:

C, H и O – условно обозначенные массовые доли соответствующего химического элемента.

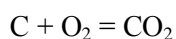
Приведем пример:

- для дизельного топлива - C = 0,86 кг; H = 0,13 кг; O = 0,01 кг;
- для бензина – C = 0,855 кг; H = 0,145 кг.

Процесс горения топлива состоит в окислении его горючих частей (водорода и углерода) с выделением теплоты, причем продукта-ми полного сгорания этих частей топлива являются CO₂ и H₂O.

Количество кислорода, необходимое для окисления горючих химических элементов топлива можно определить по уравнениям химических реакций. Расчеты удобнее всего вести в кило молях.

Реакция полного сгорания углерода.



Принимая во внимание атомарные массы химических элементов, участвующих в процессе горения топлива (C = 12; O = 16; H = 1) получаем:

$$12 \text{ кг C} + 32 \text{ кг O}_2 = 44 \text{ кг CO}_2$$

$$12 \text{ кг C} + 1 \text{ кмоль O}_2 = 1 \text{ кмоль CO}_2$$

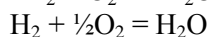
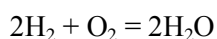
$$1 \text{ кг C} + \frac{1}{12} \text{ кмоль O}_2 = \frac{1}{12} \text{ кмоль CO}_2$$

Если примем количество углерода как «C», то последнее уравнение можно переписать в виде:

:

$$C \text{ кг C} + \frac{C}{12} \text{ кмоль O}_2 = \frac{C}{12} \text{ кмоль CO}_2$$

Реакция полного сгорания водорода.



$$2 \text{ кг H}_2 + 16 \text{ кг O}_2 = 18 \text{ кг H}_2O$$

$$2 \text{ кг H}_2 + \frac{1}{2} \text{ кмоль O}_2 = 1 \text{ кмоль H}_2O$$

$$1 \text{ кг H}_2 + \frac{1}{4} \text{ кмоль O}_2 = \frac{1}{2} \text{ кмоль H}_2O$$

Если примем количество водорода как «H», то получим:

$$H \text{ кг H}_2 + \frac{H}{4} \text{ кмоль O}_2 = \frac{H}{2} \text{ кмоль H}_2O$$

В результате сгорания водорода объем газов, пренебрегая водородом, находящемся в жидком состоянии, в газообразном топливе увеличится на

$$\frac{H}{2} - \frac{H}{4} = \frac{H}{4} \text{ кмоль.}$$

Количество кислорода, необходимого для сжигания одного килограмма дизельного топлива равно:

$$O_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32}$$

Где:

$\frac{O}{32}$ – количество кмольей кислорода, входящего в состав дизельного топлива.

Количество кислорода, необходимого для сжигания одного килограмма бензина равно:

$$O_2 = C/12 + H/4$$

Как было сказано выше, в составе бензина кислород отсутствует.

Так как кислород является составной частью воздуха, поступающего в цилиндр двигателя, и по объему составляющего около 21%, то количество воздуха, необходимого для полного сгорания одного килограмма дизельного топлива будет равно:

$$L_o = 1/0,21(C/12 + H/4 - O/32)$$

Для полного сгорания одного килограмма бензина:

$$L_o = 1/0,21(C/12 + H/4)$$

Масса одного киломоля воздуха 28,96 кг

Умножив L_o на массу одного киломоля воздуха, получаем значение теоретически необходимого количества воздуха, выраженное в килограммах.

Для дизельного топлива, принимая значение массового состава топлива $C = 0,86$; $H = 0,13$; $O = 0,01$ получаем:

$$l_o = (28,96/0,21) \times (0,86/12 + 0,13/4 - 0,01/23) = 14,3 \text{ кг}$$

Для бензина, принимая значение массового состава топлива $C = 0,855$; $H = 0,145$ получаем

$$l_o = (28,96/0,21) \times (0,855/12 + 0,145/4) = 14,7 \text{ кг}$$

Получаем, что наиболее благоприятным условием воспламенения хорошо перемешанной (гомогенной) топливовоздушной смеси (ТВС) является весовое соотношение в ней бензина и воздуха, примерно равное соотношению $1/14,7$.

Топливоздушная смесь (ТВС) с таким составом смеси называется стехиометрической и с точки зрения эффективности и полноты сгорания бензина такая смесь является идеальной.

Таким образом, оптимальное топливо-воздушное соотношение составляет:

На 1 килограмм топлива требуется 14,7 килограмм воздуха.

Это количество воздуха считается **теоретически необходимым количеством воздуха**

Качество топливо-воздушной смеси принято оценивать коэффициентом избытка воздуха λ (лямбда), который определяется как отношение действительного количества воздуха, участвующего в процессе сгорания одного килограмма топлива, к теоретически необходимому количеству воздуха для полного сгорания одного килограмма топлива.

$$\text{Кэф. избытка воздуха } (\lambda) = \frac{\text{Действительное кол. – во воздуха}}{\text{Теор. необходимое кол. – во воздуха}}$$

Мы выяснили, что теоретически необходимое количество воздуха считается величиной постоянной, равной 14,7 кг воздуха на 1 килограмм топлива.

ЗАДАНИЕ 3:

Рассчитайте коэффициент избытка воздуха (λ), если известно, что действительное количество воздуха, участвующее в сгорании 1 килограмма топлива, составляет 15 килограмм.

$$\lambda = \frac{15,0}{14,7} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Как Вы считаете, если в состав топливо-воздушной смеси подано воздуха больше, чем это теоретически необходимо, смесь можно считать:

Бедной Богатой

ЗАДАНИЕ 4:

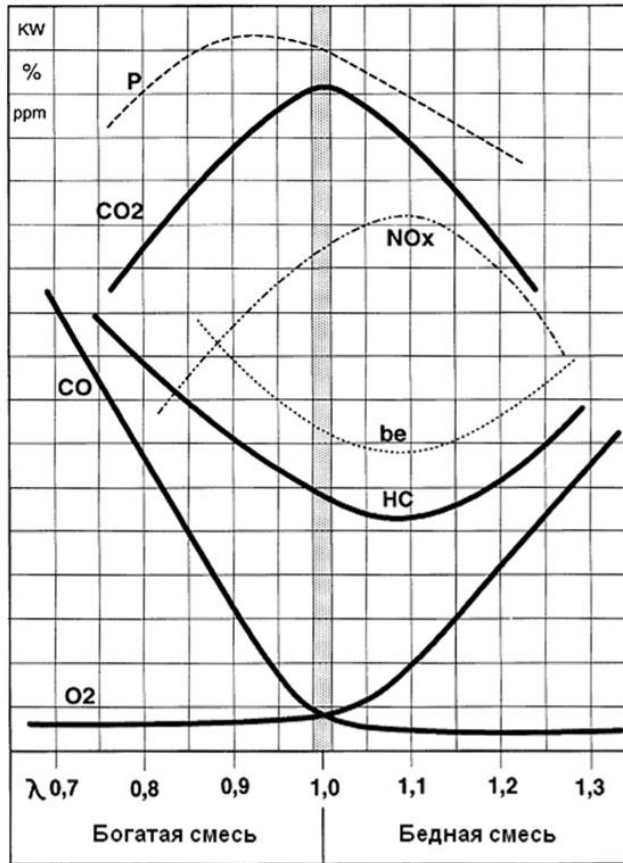
Рассчитайте коэффициент избытка воздуха (λ), если известно, что действительное количество воздуха, участвующее в сгорании 1 килограмма топлива, составляет 14,3 килограмм.

$$\lambda = \frac{14,3}{14,7} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Как Вы считаете, если в состав топливо-воздушной смеси подано воздуха меньше, чем это теоретически необходимо, смесь можно считать:

Бедной Богатой

3 Вернемся к рассмотрению рисунка, характеризующего выброс вредных веществ в зависимости от коэффициента избытка воздуха (λ)



ЗАДАНИЕ 5:

Определите приблизительное значение коэффициента избытка воздуха, при котором выбросы (эмиссия) угарного газа *CO* минимальны.

ЗАДАНИЕ 6:

Определите приблизительное значение коэффициента избытка воздуха, при котором выбросы (эмиссия) оксидов азота *NOx* минимальны.

ЗАДАНИЕ 7:

Определите приблизительное значение коэффициента избытка воздуха, при котором выброса несгоревших углеводородов *HC* минимальны.

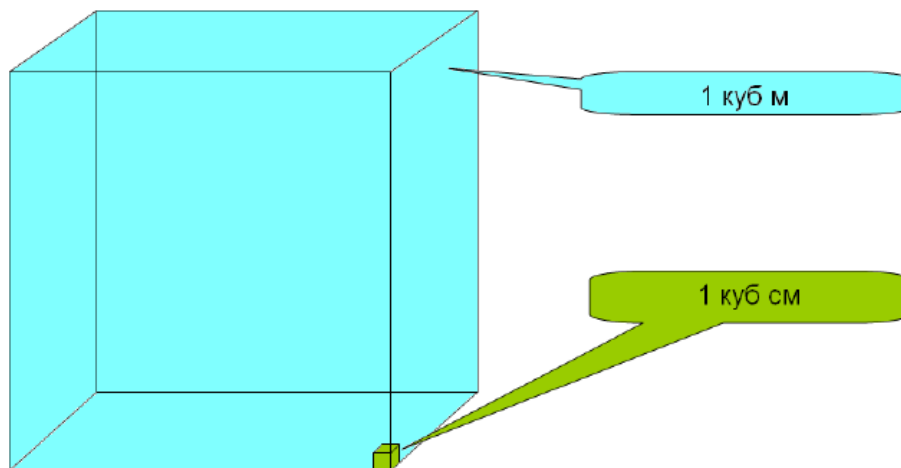
ЗАДАНИЕ 8:

Напишите Ваши размышления, почему работа двигателя на оптимальном составе смеси (при $\lambda = 1,00$) недопустима.

TASK SHEET NA037: ДЕМОНСТРАЦИЯ УМЕНИЯ ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ ГРАФИКИ,
ДИАГРАММЫ, СХЕМЫ

4	<p><u>ЗАДАНИЕ 9:</u></p> <p>Напишите Ваши размышления, почему затененная область диаграммы около коэффициента избытка воздуха $\lambda = 1,00$ считается «КОМПРОМИСОМ»?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
5	<p><u>ЗАДАНИЕ 10:</u></p> <p>Ваш инструктор приготовил 4-компонентный газоанализатор, с помощью которого Вы проведете отбор выхлопного газа для анализа.</p> <p>Попросите Вашего инструктора описать условия и состояние транспортного средства, при которых производится отбор проб выхлопного газа для анализа. Запишите это условия</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	9
6	<p><u>ЗАДАНИЕ 11:</u></p> <p>Выпишите устоявшиеся показания газоанализатора при минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя.</p> <p>CO % = _____</p> <p>HC ppm _____</p> <p>CO_2 % _____</p> <p>O_2 % _____</p> <p>λ = _____</p> <p>Выпишите устоявшиеся показания газоанализатора при повышенной частоте холостого хода (2500 мин^{-1})</p> <p>CO % = _____</p> <p>HC ppm _____</p> <p>CO_2 % _____</p> <p>O_2 % _____</p> <p>λ = _____</p> <p><u>ПРИМЕЧАНИЕ:</u></p> <p>Массовая доля несгоревшего топлива (HC) оценивается в миллионных долях</p>	

Содержание HC в выхлопных газах измеряется в ppm – миллионных долях



Сравните полученные результаты газового анализа с диаграммой эмиссии вредных веществ.

Оформите Ваши выводы:

6 Обратите внимание, чем больше измеренное значение CO_2 , тем меньше в выхлопных газах находится угарного газа и несгоревших углеводородов. Это значит, что содержание CO_2 может служить показателем топливной эффективности.
Укажите, почему коэффициент избытка воздуха λ , равный 1,00 нельзя однозначно считать показателем экологической эффективности работы двигателя?

7 Ваш инструктор продемонстрирует Вам, как отреагирует работающий двигатель на поступление неучтенного воздуха. Для этого он будет нажимать на педаль тормоза с частотой, примерно 1 раз в секунду. В этом случае во впускной коллектор из вакуумного усилителя будет поступать воздух, масса которого не измерена расходомером воздуха.

Наблюдайте за показаниями газоанализатора, и запишите устоявшиеся результаты измерения и Ваши выводы, сравнив полученные результаты с графиком зависимости состава выхлопного газа от коэффициента избытка воздуха..

CO % = _____
 HC ppm _____
 CO_2 % _____
 O_2 % _____
 λ = _____

**TASK SHEET NA037: ДЕМОНСТРАЦИЯ УМЕНИЯ ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ ГРАФИКИ,
ДИАГРАММЫ, СХЕМЫ**

	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
7	Попросите Вашего инструктора проверить удовлетворительное завершение всех процедур данного Практического задания, и устраните любые обнаруженные несоответствия и любые необходимые действия, рекомендованные инструктором	



РЕЙТИНГ КОМПЕТЕНТНОСТИ СЛУШАТЕЛЯ

Руководитель/инструктор должен оценить эффективность работы, поставив метку в соответствующий квадратик

0 - Не выполнил

Не обладает необходимой информацией или практическими навыками, в рамках данной программы; необходимо завершить полнокомплектную подготовку

1 - Только под наблюдением

Имеются только общие представления без практического применения; необходимо тщательное наблюдение; требуется дополнительное обучение

2 - Ограниченная практика

Имеет малый опыт практической работы, предусмотренный программой обучения; необходимо дополнительное обучение для развития навыков

3 - Умеренная квалификация

Выполнил работу самостоятельно в рамках предусмотренной программы; требуется ограниченное дополнительное обучение

4 - Мастерство

Можете выполнять задания самостоятельно, без дополнительного обучения

Подпись тренера/инструктора _____ Дата _____

Фамилия, имя, отчество тренера/инструктора _____

Задания в этом рабочем листе содержат мероприятия, которые также способствуют достижению целого ряда учебных и межпредметных умений. Эти навыки по-разному описываются такими терминами, как «Базовые навыки» или «Ключевые компетенции» или «Прикладная теория».