

EMANACIONES DE LOS GASES NOCIVOS DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE MARINOS CON MOTORES DIESEL Y DE CARBURACION.

Dr. CT. Ing. Jorge Crescencio Torres
Ex-Profesor Titular de la Cátedra de Ingeniería Naval de la
Academia Naval de Cuba.
Profesor Titular del Departamento de Física de la Escuela Latinoamericana de Medicina

RESUMEN

Durante el desplazamiento de los flujos de embarcaciones el aire ambiental portuario y el de los departamentos y secciones de los buques se contaminan con las emanaciones de los gases que salen por el colector de escape y del cárter del motor hacia el medio ambiental y a la atmósfera afectando la salud y capacidad de trabajo de los tripulantes, pasajeros, empleados y obreros portuarios. En la composición de los gases de escape y sustancias nocivas que se emanan existen mas de 200 componentes que en su mayoría son tóxicos. Los biólogos y epidemiólogos consideran que, según la actividad biológica, en las concentraciones de aire atmosférico son características las emanaciones de: monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, óxido de nitrógeno NO_x, dióxido de azufre SO₂, hidrocarburos C_nH_m, aldehidos, carbonilla, benzapireno, 3- nitro-benzatrona, etc. que ocasionan serios trastornos en la población humana, flora y la fauna. Todos estos gases se emanan de los motores térmicos instalados en las instalaciones energéticas navales. En el trabajo se hace un breve esbozo teórico de estos aspectos teniendo en consideración la explotación y las regulaciones de MARPOL y se presenta un método de cálculo para la determinación de la cantidad de los gases de escape que emanan durante la explotación de un motor Diesel en regímenes de explotación. Se dan los resultados de los cálculos realizados a un motor modelo 6K67GF de la firma M.A.N – Burmeister instalado en una embarcación comercial. Este método es de posible utilización en centros de enseñanza de la rama naval de nivel medio y superior y puede serle útil a los ingenieros y demás especialistas que trabajan en la esfera de explotación de los motores Diesel. vivimos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la humanidad se enfrenta a una serie de fenómenos ambientales tales como precipitaciones intensas, grandes sequías, desertificación y disminución de los glaciares en los polos que están ocasionados por el descontrol de las emanaciones de gases nocivos hacia la atmósfera.

LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN COMO PRINCIPALES FUENTES DE EMANACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE.

Todos estos medios de transporte fabricados tienen como fuente principal de potencia a los motores de combustión Diesel y de gasolina que constituyen las fuentes principales de emanación de los gases de escape. De acuerdo con las estadísticas realizadas este año por la VDA (Verband der Automobilindustrie) de Alemania, entre los continentes, donde se encuentran los países con mayor producción, los mayores volúmenes se dividieron de la siguiente manera: América 22 millones un mil unidades, Europa 19 millones 572 mil automotores y Asia 12 millones 116 mil vehículos. Es evidente que este renglón de la actividad productiva mundial es el que hasta ahora ha influido considerablemente en la contaminación ambiental de nuestro planeta. Sin embargo, la

cantidad de buques que existe en la actualidad en el planeta considerada en 40000, también es mayor que hace cuarenta años atrás y la emanación de gases nocivos que cubren los cielos y el océano mundial ha aumentado contribuyendo el transporte marítimo a esto.

Durante el desplazamiento de los flujos de embarcaciones el aire ambiental portuario y el de los departamentos y secciones de los buques se contaminan con las emanaciones de los gases de escape que salen por el colector de escape y del cárter del motor hacia la atmósfera. En la composición de los gases de escape y sustancias nocivas que se emanan existen más de 200 componentes que en su mayoría son tóxicos. Los biólogos y epidemiólogos consideran que, según la actividad biológica, en las concentraciones de aire atmosférico son características las emanaciones de: monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, óxido de nitrógeno NO_x, dióxido de azufre SO₂, hidrocarburos C_nH_m, aldehídos, carbonilla, benzapireno, plomo, etc.

La influencia que ejerce la emanación de los gases de escape procedente de los motores de combustión instalados en las distintas instalaciones, en medios fabriles y en las cocinas domésticas sobre el organismo humano se ha estudiado considerablemente en muchos países.

La cantidad de gases de escape emanados hacia la atmósfera depende de muchos factores como: de la particularidad constructiva de las embarcaciones, su estado técnico, tipo de motor, régimen de trabajo y estado técnico del motor, condiciones del mar y atmosféricas, etc. Además la composición de los gases de escape depende del tipo de combustible utilizado, del estado técnico del motor y de los agregados del sistema de inyección de combustible así como también del régimen de trabajo del motor y de la cultura de la explotación del personal tripulante.

Valoración ecológica de los motores marinos.

Para la valoración ecológica de los motores de las diferentes embarcaciones que surcan los mares y los puertos es posible utilizar como parámetros de emanación de los gases a los indicadores que consideran la composición química de los gases elaborados productos de la combustión y los energéticos de los motores de los medios de transporte que se usan en las condiciones concretas de la explotación de los buques. Para esto, se puede utilizar el método de cálculo termoquímico que permite determinar previamente la cantidad de gases elaborados productos de la combustión.

Composición química del combustible y del aire.

Se considera que el aire está constituido por 21 % de gas oxígeno y 79% de gas nitrógeno fundamentalmente y otros componentes en muchas menores cantidades.

Es decir que la ecuación elemental que lo caracteriza es:

$$1 \text{ kg de aire} = 0.21 * O_2 + 0.79 * N_2$$

La composición elemental de 1 Kg de combustible fósil líquido es:

$$1 \text{ Kg de combustible} = C + H + S + Oc + W + \text{otras sustancias}$$

La composición química del combustible y del aire se presenta en la Tabla No. 1.

Durante los procesos de combustión, expansión y escape la sustancia de trabajo la constituyen los productos de la combustión del combustible. La formación de los productos de la combustión tiene lugar en el interior del cilindro del motor durante el proceso de la combustión donde se unen con el oxígeno del aire O_2 los componentes del combustible C, H, S, Oc y W.

Es evidente que mientras más moléculas de carbono e hidrógeno tengan los combustibles mayor será el poder calorífico inferior H_i del combustible.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL COMBUSTIBLE Y DEL AIRE.

Tabla No. 1

Elementos químicos	Combustible	Aire
Carbono, C	0.8 – 0.89	
Hidrógeno, H	0.10 – 0.14	
Azufre, S	0.0 – 0.050	
Oxígeno, O	0.0005 - 0.0500	0.21
Agua, W	0 – 0.01	
Nitrógeno, N		0.79
Otras		

Según D. I. Mendeleiev para los motores Diesel que trabajan con $\alpha \geq 1.0$

$$H_i = 8100 * C + 30000 * H - 2600 * (O_c - S) - 600 * (9 * H + W); \text{ Kcal / kg. comb}$$

Donde W es el agua contenida en el combustible.

Formación de los productos de la combustión.

Al combustionar la mezcla de aire – combustible a determinada temperatura y presión dentro del cilindro las reacciones químicas que tienen lugar son:

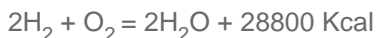
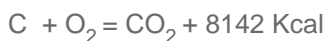


Fig. 1 Esquema de un motor diesel sobrealimentado con la emanación de los gases de escape; P_k' , T_k' - presión y temperatura del aire antes del refrigerador; P_k , T_k - presión y temperatura del aire antes de penetrar en el cilindro; P_g , T_g - presión y temperatura de los gases de escape cuando salen del turbocompresor; CO , CO_2 , H_2O , SO_2 , NO_x y N_2 son los gases de escape.

Los gases CO , CO_2 , H_2O , SO_2 y N_2 son los moles de los productos de la combustión que conjuntamente con otras sustancias intermedias constituyen, en un mayor o menor grado, las sustancias nocivas. Sin embargo se considera que el nitrógeno reacciona muy poco, pues las reacciones con él surgen a altas temperaturas.

La cantidad total de moles de los productos de la combustión M_2 se expresa a través de la ecuación:

$$M_2 = M_{CO} + M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{SO_2} + M_{N_2}$$

Donde

M_{CO} - cantidad de kmole de CO ;

$$M_{CO} = 2 * [(1 - \alpha) / (1 + K)] * 0.21 * L_o; \text{ mole de monóxido de carbono / kg.de comb}$$

Donde

α - es el coeficiente de la composición de la mezcla;

$$K = 0.45 - 0.50$$

Para las gasolinas cuando la relación de $H / C = 0.17 - 0.19$;

$$M_{CO} = \varphi * C / 12; [\text{k mole de CO / kg comb}]$$

donde

$$\varphi = 5.04 * (1 - \alpha) * L_o * (1 / C)$$

φ - es la porción de oxígeno que reacciona con el carbono para la formación del CO

$$K = (M_{H_2} / M_{CO}) = \text{const.}$$

Para los motores de gasolina

$$G_2 = \{2 * [(1 - \alpha) / (1 + K)] * 0.21 * L_o + C/12 + H/2 + 0.79 * \alpha * L_o\} * G_c$$

G_2 - se expresa en [kg productos de la combustión / h]

Si se desea conocer el consumo de gases de escape por cada hora en cualquier régimen de trabajo del motor La cantidad de moles de gases de escape se multiplica por el consumo horario de combustible.

$$G_{CO} = 2 * \{ [(1 - \alpha) / (1 + K)] * 0.21 * L_o \} * G_c * \mu_{CO}; \quad \text{kg de CO / h}$$

$$G_{CO_2} = (C / 12) * \mu_{CO_2}; \quad [\text{kg CO}_2 / \text{h}]$$

$$G_{H_2O} = (H / 2) * G_c * \mu_{H_2O}; \quad [\text{kg H}_2\text{O} / \text{h.}];$$

G_{H_2O} – cantidad de kmole de vapor de agua;

$$G_{SO_2} = (S / 32) * G_c * \mu_{SO_2}; \quad [\text{kg SO}_2 / \text{h}]$$

G_{SO_2} – cantidad de mole de dióxido de azufre;

$$G_{O_2} = 0.21 * (\alpha - 1) * L_o * G_c * \mu_{O_2}; \quad [\text{kg O}_2 / \text{h.}]$$

G_{O_2} – cantidad de oxígeno;

$$G_{N_2} = 0.79 * L_o * \alpha * G_c * \mu_{N_2}; \quad [\text{kg de N}_2 / \text{h}]$$

N_2 – cantidad de nitrógeno.

donde

μ_{CO} ; μ_{CO_2} ; μ_{H_2O} ; μ_{O_2} ; μ_{N_2} – son los pesos moleculares promedio de los gases CO, CO₂, H₂O, SO₂, O₂ y N₂

Los valores de los pesos moleculares de los gases de escape se dan en la Tabla No.3 y en la Tabla No.2 se dan los valores de las densidades de los mismos en dependencia de la temperatura.

Tabla No.2 Densidad de los gases de escape g/cm³ a p =1.033 ata

Gas	Temperatura, C					
	0	20	40	60	80	100
Oxígeno, O ₂	1.429	1.33	1.246	1.1715	1.105	1.05
Nitrógeno, N ₂	1.25	1.1646	1.09	1.025	0.967	0.916
Aire	1.293	1.202	1.128	1.057	0.99	0.946
Vapor de agua, H ₂ O	-	-	-	-	-	0.58
Monóxido de carbono, CO	1.25	1.16467	1.09	1.025	0.967	0.916
Dióxido de azufre, SO ₂	2.926	2.776				
Dióxido de carbono, CO ₂	1.976	1.84	1.723	1.62	1.528	1.447
Hidrógeno, H ₂	0.0899					

Tabla No. 3 Pesos moleculares de los gases de escape.

Gas	Peso molecular	Valores, Kg/Kmole	Densidad, g/cm ³ A p =1.033 ata y t =0 C
Oxígeno, O ₂	μ_{O_2}	32	1.428
		28.016	1.25

Nitrógeno, N ₂	μ _{N2}		
Aire	μ _{aire}	29.87	1.293
Vapor de agua, H ₂ O	μ _{H₂O}	18.016	0.804
Monóxido de carbono, CO	μ _{CO}	28.01	1.25
Dióxido de azufre, SO ₂	μ _{SO₂}	44.01	1.968
Dióxido de carbono, CO ₂	μ _{CO₂}	44.01	1.963

A parte de los gases mencionados por los colectores de escape de los motores diesel y de gasolina también se emiten otras sustancias como: Plomo, Nitrato de plomo Pb(NO₃)₂, Propano (C₃H₈), Butano (C₄H₁₀), Benzapireno, (C₂₀H₁₂), 3-nitro-benzatrina, Hidrocarburos alifáticos, Gasolina gasificada.

Cantidad teórica de aire para combustionar un kg de combustible, Lo.

$$Lo = (1 / 0.21) * [(C/12) + (H/4) - (O/32)]; \text{ kmole de aire / kg de comb.}$$

La cantidad de aire necesaria para la combustión de un Kg de combustible, Lo está determinada por la composición química del combustible y como cada uno de ellos tiene una composición química determinada cabe suponer que cuando se mezclan estos al ser repostados en la cisterna de los buques o embarcaciones existe la posibilidad que este parámetro varíe su magnitud así como también, durante los cambios de regímenes de trabajo en la explotación.

Variación molecular de los productos elaborados durante la combustión ΔM.

La variación molecular de los productos elaborados durante la combustión ΔM se puede calcular a través de la expresión

$$\Delta M = M_1 - M_2$$

o

$$\Delta M = (C/12) + (H/2) + 0.79 * \alpha * Lo - [(\alpha * Lo + (1 / \mu_c))]$$

$$M_1 = \alpha * Lo ; [\text{ kmole de aire / kg comb }]$$

$$M_2 = \alpha * Lo * \mu_{aire} * G_c ; [\text{ kg de aire / hr }]$$

M₁ - es la cantidad de mole de aire que hay en el cilindro al inicio de la combustión sin considerar los gases

residuales.

μ_c – es el peso molecular del combustible.

Para los combustibles derivados del petróleo cuando $\alpha = 0.8$ a 1.0

$$(1 / \mu_c \alpha L_o) \approx 0.02$$

Por otro lado, el coeficiente de exceso de aire durante la combustión α cuya magnitud se define por los parámetros L_o , G_c , G_{air} entre otros como se puede ver en la expresión que abajo se presenta

$$\alpha = \frac{G_{air}}{G_c} \cdot \frac{1}{L_o}$$

o

$$\alpha = (G_{air} / G_{cc} \cdot L_o)$$

$$G_{air} = 120 \cdot n \cdot i \cdot [P_k \cdot 10000 \cdot (R \cdot T_k)^{-1}] \cdot (\eta_v \cdot V_h) \cdot (1 / \tau); \text{ kg/h}$$

$$G_{airc} = [P_k \cdot 10000 \cdot (R \cdot T_k)^{-1}] \cdot (\eta_v \cdot V_h); \text{ kg/ciclo}$$

$$G_c = g_e \cdot N_e \cdot 10^3$$

g_e – es el consumo específico de combustible dado en g/kw.h

N_e - potencia efectiva, dada en Kw.

G_c se da en Kg /h.

G_{cc} – es el consumo de combustible por ciclo y se expresa en kg/ciclo;

$$G_{cc} = (G_c \cdot \tau) / (120 \cdot n \cdot i \cdot k_i)$$

donde

$$L_{op} = \mu_{air} * L_o; \text{ [Kg de aire / Kg de comb.]}$$

μ_{air} – es el peso molecular del aire dado en Kg de aire / Kmole de aire

$$\mu_{air} = 28.95 \text{ kg de aire / kmole de aire}$$

G_{air} y G_{cc} - son los consumos cíclicos de aire y de combustible respectivamente mientras que G_{air} y G_c son los consumos horario de aire y del combustible respectivamente, se expresan en kg/ciclo.

k_i - es la cantidad de inyectores instalados en cada cilindro;

n - número de revoluciones del motor;

i – cantidad de cilindros.

P_k, T_k – presión y temperatura del aire antes del cilindro;

R – constante particular del aire;

τ - factor de tiempo;

El análisis de estas fórmulas corrobora lo antes expuesto.

En dependencia de los valores que α tenga la mezcla será rica, pobre o teórica. Así tendremos que cuando:

$\alpha < 1,0$ - es rica y se desprende $C O$, $C O_2$, H_2O y N_2 ;

$\alpha = 1,0$ – es teórica CO , CO_2 , H_2O y N_2 ;

$\alpha > 1,0$ – es pobre $C O_2$, H_2O , $S O_2$, N_2 y O_2

Los motores de gasolina se caracterizan porque trabajan con $\alpha < 1,0$ en el régimen de potencia máxima continua y $\alpha > 1,0$ en los regímenes de cargas parciales mientras que los motores Diesel solamente trabajan con $\alpha > 1,0$.

La emanación de SO_2 en los motores Diesel se produce cuando los combustibles que se usan tienen contenidos de azufre. Esto ocurre en la actualidad por ser estos más baratos.

El análisis de la fórmula de α nos permite deducir cuestiones interesantes relacionadas con la explotación de los motores y la composición de los combustibles.

La presión P_k y la temperatura T_k del aire antes de penetrar al cilindro y constituyen los principales indicadores termodinámicos del turbocompresor;

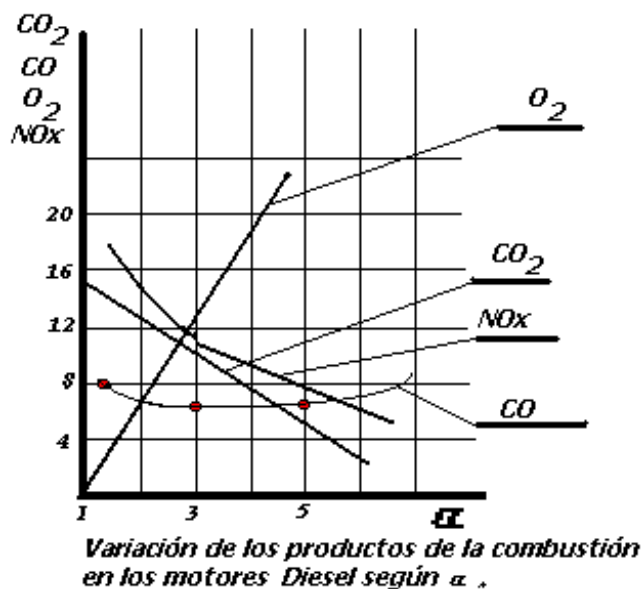
R – es la constante particular del aire ante de penetrar al cilindro;

η_v – es la eficiencia volumétrica que caracteriza la cantidad de aire que penetra al cilindro;

V_h - es el volumen de trabajo del cilindro, m^3 .

Así la disminución de G_{air} que puede ocurrir con el incremento de la suciedad en la rejilla de entrada del aire al turbocompresor o en el filtro de aire de los motores sin sobrealimentación, produce la disminución de P_k y T_k , por la disminución de la capacidad de trabajo del turbocompresor al disminuir la cantidad de gases de escape, por la acumulación de los gases residuales dentro del cilindro que ocasiona menos penetración de aire en este, la apertura atrasada de la válvula de escape o de la de admisión, etc. Todo esto puede conllevar a una disminución de α y al incremento de la emanación del CO, también a la formación de carbonilla, al desprendimiento de hidrocarburos C_nH_m , etc. Esto es fácil deducirlo mediante la expresión antes presentada. Algo parecido ocurre cuando se incrementa excesivamente el suministro de combustible, es decir cuando aumenta considerablemente G_{cc} conllevando además, al aumento del NO_x , NO_2 por el incremento de la temperatura dentro del cilindro en el régimen de carga máxima continua las temperaturas son relativamente altas. Al reducir la masa de combustible cíclica G_{cc} crece α y la cantidad de calor que se desprende y la temperatura de los gases disminuyen y también la producción de NO_x aumentando simultáneamente la cantidad de CO. La cantidad de NO_x depende del contenido de nitrógeno y de oxígeno que hay en los productos de la combustión en las zonas de la cámara de combustión donde la temperatura es alta.

En el régimen de potencia máxima continua para los motores Diesel oscila entre los 1800 y 2200 K y en los motores de carburación es de 2500 a 2800 K. Entre los componentes nitrogenados que se forman, la mayor parte corresponde a los NO , que



Las curvas de CO , NO_2 , O_2 y NO_x son para la masa seca de los productos de la combustión de un motor

Diesel con diámetro de cilindro igual 130 mm y el recorrido de pistón igual a 140 mm fueron trazadas suponiendo que la combustión fue completa. Las curvas de variación de NOx y CO. Como se podrá observar la cantidad máxima de NOx se obtiene para $\alpha = 1.0$ cuando la carga del motor está cercana a la del valor del régimen de carga máxima continua y las temperaturas son relativamente altas. Al reducir la masa de combustible cíclica G_{cc} crece α y la cantidad de calor que se desprende y la temperatura de los gases disminuyen disminuyendo la producción de NOx y aumentando simultáneamente la cantidad de CO. La cantidad de NOx depende del contenido de nitrógeno y de oxígeno que hay en los productos de la combustión en las zonas de la cámara de combustión donde la temperatura es alta.

En el régimen de potencia máxima continua para los motores Diesel oscila entre los 1800 y 2200 K y en los motores de carburación es de 2500 a 2800 K. Entre los componentes nitrogenados que se forman, la mayor parte corresponde a los NO, que en el caso de los motores Diesel es el 90 % y en los motores de carburación constituyen el 99 % del total de ellos. Cuando los productos de la combustión salen a la atmósfera el NO se transforma en NO₂. Este proceso se produce con lentitud en la atmósfera y depende de las condiciones en que ocurre la difusión recíproca entre los gases de escape y el aire atmosférico.

Cantidad total de mezcla de gases de escape emanados durante el trabajo del motor.

$$G_{ge} = [(g_e \cdot N_e) / 3600] \cdot (1 + L_{op} \cdot \alpha \cdot \varphi_a \cdot \mu_{air})$$

Por lo tanto tendremos la mezcla de gases de escape

$$G_{ge} = [G_c \cdot N_e] / 3600 \cdot (1 + L_{op} \cdot \alpha \cdot \varphi_a \cdot \mu_{air})$$

Donde

φ_a es el coeficiente de barrido

Cantidad de componente nocivo emanado en la unidad de tiempo G_i .

$$G_i = C_i \cdot V_{ge}$$

donde

C_i - es la concentración de gas o sustancia nociva expresado en g/m³;

V_{ge} - gasto volumétrico del gas o sustancia elaborada expresado en m³/h

Gasto volumétrico del gas o sustancia elaborada, V_{ge} .

Para la determinación del gasto volumétrico de los gases elaborados a la presión P_o y temperatura T_o del aire ambiental se puede utilizar la expresión

$$V_{ge} = \left(1 - \frac{H}{4 \cdot \alpha \cdot L_o} \right) \cdot \frac{G_{air}}{\rho_{air}}$$

ρ_{air} - densidad del aire expresado por kg/m^3 ;

Cantidad específica de emanación de la sustancia nociva, g_i .

$$G_{iesp} = \frac{G_i}{N_e}$$

N_e - es la potencia efectiva del motor, dada en Kw.

$$N_e = K \cdot (H_i/Lop) \cdot (\eta_i / \alpha) \cdot \eta_m \cdot (\eta_v \cdot Y_k) \cdot Vh \cdot i \cdot (1 / \tau); [kW]$$

Donde

$$K = 1 / (60 \cdot 10^6)$$

η_i - eficiencia útil indicada;

η_m - eficiencia mecánica del motor;

$$Y_k = (Pk \cdot 10^4) / (R \cdot Tk) -$$

Y_k - peso específico del aire; [kg / m³]

En dependencia del régimen de carga del motor definido por el valor de α la cantidad de gases nocivos será mayor o menor y esta varía además en dependencia de la designación del motor, surtido y tipo de combustible, tipo de medio de transporte, estado técnico, etc. En la tabla No.3 se presentan los valores admisibles de las sustancias nocivas de escape que emanan de los motores térmicos de los medios de transporte en las zonas de trabajo, durante una ocasión y el promedio diario.

DATOS DE LOS RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE LA CANTIDAD DE GASES EMANADOS DURANTE LA NAVEGACIÓN DE UNA MOTONAVE REFRIGERADA CON UN MOTOR DIESEL MODELO 6K67GF DE LA FIRMA M.A.N. – BURMEISTER.

Mediante el sistema de cálculo arriba esbozado cuyos resultados aparecen en la Tabla No. 5 realizados para el motor mencionado cuya potencia máxima prolongada es de 10000 CVE a 145 r.p.m. trabajando con fuel – oil en los regímenes de explotación de 132 y 137 r.p.m.

CANTIDAD MASICA DE GASES DE ESCAPE DEL MOTOR DIESEL 6K67GF DE LA FIRMA M.A.N- BURMEISTER.

Tabla No.2

Régimen Revoluciones p.m.	α	Lo Kmol /kg	G_{CO_2}	G_{H_2O}	G_{SO_2}	G_{O_2}	G_{N_2}	G_c	G_2
			Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h
132	2.027	0.4725	3864	1220.26	51.92	4312.81	26203.13	1236	35652.12
137	1.98	0.4725	4332.88	1368.36	58.316	4030.51	4030.51	1386	38132.81

Donde se muestra la cantidad másica individual de los gases de escapé emanados durante una hora de trabajo. Como se puede observar las mayores cantidades corresponden al gas nitrógeno, sin embargo este reacciona muy poco y las composiciones nitrogenadas se logran a temperaturas muy altas, después le sigue el oxígeno pues los motores Diesel necesitan gran cantidad para garantizar los procesos de formación y combustión de la mezcla y finalmente el dióxido de carbono (CO_2) y el vapor de agua. El CO_2 , no obstante poseer una cantidad menor que los gases nitrógeno y oxígeno su cifra es apreciable sobre todo cuando el motor trabajó en el régimen de 137 r.p.m. La cifra máxima para los regímenes de 132 y 137 r.p.m. son 35652.12 kg./h y 38132.81 kg/h respectivamente. Si estas cantidades se multiplican por un a mayor cantidad de embarcaciones que transitan por cerca de las costas y entran a los puertos en un plazo de tiempo determinado es evidente que el grado de intoxicación gaseosa se incrementa. Si le adicionamos a esto las emanaciones de los medios de transporte terrestres, los centros fabriles, las cocinas domesticas es evidente que incremento es aun mayor. Por otro lado, mientras menor es el coeficiente de exceso de aire α la cantidad de gases de escape es mayor debido al aumento del suministro de combustible al cilindro de trabajo.

CANTIDAD ESPECIFICA DE NO_x SEGÚN LA NORMA DE MARPOL 73/78 DEL MOTOR DIESEL 6K67GF DE LA FIRMA M.A.N- BURMEISTER.

Tabla No.7

Régimen de revoluciones r.p.m.	gi	Giesp _{NO2}
	G/kW.h	g/kW.h
132	193	16.95
137	203.29	16.82

En este caso gi es el gasto específico de combustible.

LIMITES ADMISIBLES DE LAS SUSTANCIAS NOCIVAS PARA LOS MOTORES DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE AUTOMOTRICES (LASN).

Tabla No.4

Sustancia	LIMITE ADMISIBLE DE SUSTANCIA NOCIVA (LASN), mg/m ³		
	En la zona de trabajo	Una vez	Promedio diario
Oxido de nitrógeno, NO	30	0.6	0.06
Dióxido de nitrógeno, NO ₂	2	0.45	0.45
Plomo, Pb	0.02	-	0.0003
Nitrato de plomo, Pb (NO ₃) ₂	0.01	-	0.0003
Azufre	6	0.5	0.05
Dióxido de azufre, SO ₂	10	5.15	0.05
Carbono	4	5	3
Monóxido de carbono CO	20	-	-
Dióxido de carbono, CO ₂	9000	-	-

Benzapireno, C ₂₀ H ₁₂	0.00015		0.000001
Butano, C ₄ H ₁₀	300	200	-
Propano, C ₃ H ₈	1800	-	-
Gasolina con el cálculo de C	100	0.05	0.05
Hidrocarburos alifáticos limitadores en el cálculo de C	300	-	-

IMPACTO SOCIAL DE LA EMANACIÓN DE LOS GASES NOCIVOS SOBRE LA POBLACIÓN. NORMAS PRIMARIAS Y POBLACIÓN EXPUESTA AL PELIGRO DE CONTAMINACIÓN.

En el reciente informe presentado por el Grupo Nacional de Medio Ambiente (GNMA) de Washington en la Cumbre de la Tierra II celebrado en Johannesburg, África del Sur en el mes de agosto del presente año 2002 la emanación de CO₂ corresponde a los E.U.A. el 36.1 %, seguido por la Unión Europea con un 24.2 %, el Japón con el 8.5 % y el 31.2 % el resto de los países. Tratado sobre el Calentamiento Global de la Tierra (TCGT) le pide a los países desarrollados que disminuyan los niveles de contaminación en un 5.2 % con relación a los registrados en 1990. Si el ritmo actual de crecimiento de la contaminación continúa en los próximos 100 años la concentración de CO₂ se duplicará y la temperatura del planeta crecerá entre 1.4 y 5.8 grados Celsius. En la composición de los gases de escape y sustancias nocivas que se emanan existen mas de 200 componentes que en su mayoría son tóxicos. Los biólogos y epidemiólogos consideran que, según la actividad biológica, en las concentraciones de aire atmosférico son características las emanaciones de: monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, óxido de nitrógeno NO_x dióxido de azufre SO₂, hidrocarburos C_nH_m, aldehídos, carbonilla, benzapireno, plomo, etc.

La influencia que ejerce la emanación de los gases de escape procedente de los motores de combustión instalados en las distintas instalaciones, en medios fabriles y en las cocinas domésticas sobre el organismo humano se ha estudiado considerablemente en muchos países

CONCLUSIONES

- el método de cálculo aproximado para la determinación de la cantidad de gases de escape presentado es de fácil realización;
- los resultados que se obtienen dan la idea de la cantidad de la emanación de los gases de escape que emanan hacia la atmósfera durante explotación de un motor Diesel en regímenes de explotación;
- los datos obtenidos resultarán provechosos para conocer previamente el grado de contaminación por los gases nocivos teniendo en consideración la composición química y el consumo de combustible;
- los datos que se obtienen se pueden comparar con las normativas establecidas por el anexo VI de MARPOL 73/78.

RECOMENDACIONES.

- Continuar el estudio de la nocividad de los gases de escape y las normativas establecidas nacional e internacionalmente para la limitación de las emanaciones de gases y los efectos dañinos que ocasionan en el ser humano, en la fauna y en la flora terrestre y marina;

BIBLIOGRAFIA

1. Ley No. 81 del medio ambiente título primero denominación, principios, conceptos básicos y objetivos. Gaceta de la República de Cuba. Ciudad Habana. Cuba. 1997.
2. Protocolo de Kioto sobre el cambio climático. Internet. 2003.
3. Sanz Araujo Lucia C. "Buenos Aires en la Habana?". Artículo del Periódico PUNTO.CU. No. 6 de Enero del 2003.Ciudad Habana. Cuba.
4. Robbin J. "Patología estructural y funcional". Editorial McGraw-Hill. Buenos Aires. Argentina. 1999.
5. Torres Jorge Crescencio "Aumento de la eficiencia y economía de los motores Diesel navales con emulsiones agua – combustible" Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. En Ciencias Técnicas. Editora Academia Naval de la MGR. Ciudad Habana. Cuba. 1996.
6. Gutariievish Yuri F "Protección del medio ambiente contra las emanaciones de los motores."(en ruso) Editora URIZHAL. Kiev, Ucrania. 1989.
7. Diakov A. B."Seguridad ecológica de los flujos de transporte" (en ruso). Editora TRANSPORT. Moscú.Rusia.1989.
8. Somov V.A., Ishuk Yuri G "Motores marinos policarburantes" Editora Sudostroenie. Leningrado. Rusia.1984.
9. Nigmatulin I. N. "Proceso de trabajo en los motores de pistones sobrealimentados". Editora Mashinoostroenie. Moscú. Rusia. 1962
10. Torres Jorge Crescencio "Calculo térmico de los motores Diesel navales". Editora Academia Naval de la MGR. Ciudad Habana. Cuba. 1986.
11. Torres Jorge Crescencio "Trabajo de los motores Diesel con diferentes tipos de combustible". Editora Academia Naval de la MGR. Ciudad Habana. Cuba. 1989.
12. Izrael Yuri, A., Nazarov I.M. y otros"Lluvias ácidas"Editorial Guidrometeoizdat. Leningrado. Rusia. 1989.
13. " Emissions FAQ". Artículo de Internet 2003.
14. Dubovsky N. F. "Manual de combustibles fósiles y sus productos de combustion ". Editora GOENERGOIZDAT. Moscú. Rusia. 1986
15. "Inversión térmica." Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation
16. "Smog sobre Phoenix, Arizona." Enciclopedia® Mi® Encarta 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation.

PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

CONTAMINANTE	PRINCIPALES FUENTES	COMENTARIOS
Monóxido de carbono (CO)	Gases de escape de vehículos de motor; algunos procesos industriales	Máximo permitido: 10 mg/m ³ (9 ppm) en 8 hr; 40 mg/m ³ en 1 hr (35 ppm)
Dióxido de azufre (SO ₂)	Instalaciones generadoras de calor y electricidad que utilizan petróleo o carbón con contenido sulfurado; plantas de ácido sulfúrico	Máximo permitido: 80 µg/m ³ (0,03 ppm) en un año; 365 µg/m ³ en 24 hr (0,14 ppm)
Partículas en suspensión	Gases de escape de vehículos de motor; procesos industriales; incineración de residuos; generación de calor y electricidad; reacción de gases contaminantes en la atmósfera	Máximo permitido: 75 µg/m ³ en un año; 260 µg/m ³ en 24 hr; compuesto de carbón, nitratos, sulfatos y numerosos metales, como el plomo, el cobre, el hierro y el cinc
Plomo (Pb)	Gases de escape de vehículos de motor, fundiciones de plomo; fábricas de baterías	Máximo permitido: 1,5 µg/m ³ en 3 meses; la mayor parte del plomo contenido en partículas en suspensión
Óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂)	Gases de escape de vehículos de motor; generación de calor y electricidad; ácido nítrico; explosivos; fábricas de fertilizantes	Máximo permitido: 100 µg/m ³ (0,05 ppm) en un año para el NO ₂ ; reacciona con hidrocarburos y luz solar para formar sustancias oxidantes fotoquímicas
Oxidantes fotoquímicos (fundamentalmente ozono [O ₃]; también nitrato peroxiacético [PAN] y aldehídos)	Se forman en la atmósfera como reacción a los óxidos de nitrógenos, hidrocarburos y luz solar	Máximo permitido: 235 µg/m ³ (0,12 ppm) en 1 hr
Hidrocarburos no metánicos (incluye etano, etileno, propano, butanos, pentanos, acetileno)	Gases de escape de vehículos de motor; evaporación de disolventes; procesos industriales; eliminación de residuos sólidos; combustión de combustibles	Reacciona con los óxidos de nitrógeno y la luz solar para formar oxidantes fotoquímicos
Dióxido de carbono (CO ₂)	Todas las fuentes de combustión	Posiblemente perjudicial para la salud en concentraciones superiores a 5000 ppm en 2-8 hr; los niveles atmosféricos se han incrementado desde unas 280 ppm hace un siglo a más de 350 ppm en la actualidad; probablemente esta tendencia esté contribuyendo a la generación del efecto invernadero