



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



ΑΝΩΤΑΤΗ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣΤΙΚΗ
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ: Αντιρρυπαντική Τεχνολογία Αέριων Χημικών Ρύπων

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: Αν. Καθ. Δρ Μαρία Α. Γούλα

ΤΜΗΜΑ: Μηχανικών Περιβάλλοντος & Μηχανικών Αντιρρύπανσης

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας και στην Ανώτατη Εκκλησιαστική Ακαδημία Θεσσαλονίκης**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Άσκηση 1.....	4
Άσκηση 2.....	4
Άσκηση 3.....	4
Άσκηση 4.....	5
Άσκηση 5.....	12
Άσκηση 6.....	12
Άσκηση 7.....	12
Άσκηση 8.....	13
Άσκηση 9.....	14
Άσκηση 10.....	15
Άσκηση 11.....	15
Άσκηση 12.....	16
Άσκηση 13.....	18
Άσκηση 14.....	19

Άσκηση 1

Εκφώνηση: Να υπολογίσετε το μοριακό βάρος (MB) του νιτροβενζολίου ($C_6H_5O_2N$). Ατομικά βάρη: C = 12, H = 1, O = 16, N = 14].

Σωστή Απάντηση Άσκησης 1:

Υπολογίζεται το μοριακό βάρος:

$$MB C_6H_5O_2N = (6 \times 12) + (5 \times 1) + (2 \times 16) + 14 = 123$$

Άσκηση 2

Εκφώνηση: Να υπολογίσετε τα γραμμομόρια $C_6H_5O_2N$ που περιέχονται σε 50g της ουσίας αυτής.

Απάντηση Άσκησης 2:

Υπολογίζεται το μοριακό βάρος:

$$MB C_6H_5O_2N = (6 \times 12) + (5 \times 1) + (2 \times 16) + 14 = 123$$

Υπολογίζεται τα γραμμομόρια:

$$g \text{ mole} = \frac{M(g)}{MB} = \frac{50 \text{ g}}{123} = 0.4065$$

Άσκηση 3

Εκφώνηση: Στα απαέρια μιας βιομηχανικής μονάδας περιέχεται τολουόλιο σε ποσοστό 2.8%. Η παροχή των απαερίων είναι 2850 scfm. Να βρείτε την ωριαία εκπομπή τολουολίου σε gr. [Μοριακό βάρος τολουολίου = 92.14].

Απάντηση Άσκησης 3:

Μετατρέπεται το ποσοστό (%) του τολουολίου σε ppm:

$$\frac{X}{100} \times 10^6 = \frac{2.8}{100} \times 10^6 = 28,000 \text{ ppm}$$

Υπολογίζεται τη συγκέντρωση του τολουολίου:

$$C \frac{g}{Nm^3} = \frac{1000 \times C_{ppm} \times MB}{24.45} \Rightarrow$$

$$C \frac{g}{Nm^3} = \frac{1000 \times 28,000 \text{ ppm} \times 92.14}{24.45} = 105,518,200 \frac{\mu g}{Nm^3} \times \frac{1 g}{10^6 \mu g} = 105.5 \frac{g}{Nm^3}$$

Υπολογίζεται την μαζική παροχή του τολουολίου:

$$Q_m = Q_v \times C = 2850 \frac{ft^3}{min} \times 105.5 \frac{g}{Nm^3} \times \frac{1 m^3}{35.31 ft^3} \times \frac{1 gr}{0.0648 g} \times \frac{60 min}{1 h} = 7,884,531 \frac{gr}{h}$$

Άσκηση 4

Εκφώνηση: Από βιομηχανική εγκατάσταση, προκύπτουν τρία αέρια ρεύματα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Ρεύμα εκπομπής	Παροχή	Θερμοκρασία	ppm _v
#1	2350 m ³ /hr	175 °C	11,000 ppm _v τολουόλιο
#2	1610 m ³ /hr	143 °C	18,500 ppm _v μεθάνιο
#3	2200 m ³ /hr	120 °C	7000 ppm _v τολουόλιο

Τα ρεύματα ενώνονται προκειμένου να οδηγηθούν σε συσκευή καταστροφής των οργανικών ουσιών (μετακαυστήρα). Για λόγους ασφάλειας, οι συγκεντρώσεις των οργανικών ουσιών θα πρέπει να μην ξεπεράσουν το 25% του κατώτατου ορίου εκλεξιμότητας των (LEL). Γι' αυτό το λόγο προβλέφθηκε η ύπαρξη ενός ακόμα ρεύματος αέρα αραιώσης #4 του οποίου η θερμοκρασία είναι 25 °C. Να υπολογιστεί η παροχή, η θερμοκρασία και η αισθητή θερμοκρασία του συνδυασμένου ρεύματος εκπομπής σε πραγματικές συνθήκες μετά την αραιώση, αφού πρώτα υπολογιστούν όλα τα απαραίτητα

στοιχεία των ρευμάτων της διεργασίας. Δίνονται: (1) Για το τολουόλιο το LEL (ppm_v) είναι 12,000 και η καθαρή θερμότητα καύσης 48,435.66 KJ/Nm³, (2) Για το μεθάνιο το LEL (ppm_v) είναι 50,000 και η καθαρή θερμότητα καύσης 59,317.42 KJ/ Nm³, (3) Μοριακά βάρη: MW_{τολουολίου} = 92, MW_{μεθανίου} = 16.

Απάντηση Άσκησης 3:

Ρεύμα εκπομπής #1:

$$\text{Παροχή } Q_{e1,a} = 2350 \frac{m^3}{hr} \times \frac{1 hr}{60 \text{ min}} = 39.17 \frac{m^3}{\text{min}}$$

$$\text{Θερμοκρασία } T_{e1} = 175 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = 448 \text{ K}$$

$$\text{Συγκέντρωση } Y_{ετολ,1} = 11,000 \text{ ppm}_v$$

$$\text{Θερμότητα καύσης } h_{ετολ,1} = 48,435.66 \frac{KJ}{Nm^3}$$

$$\text{Αριθμός συστατικών στο ρεύμα } n = 1$$

$$\begin{aligned} \text{Συγκέντρωση ασφαλείας για εκρηξιμότητα (τολουόλιο)} \\ = 25\% LEL = \frac{25}{100} \times 12,000 \text{ ppm}_v = 3000 \text{ ppm}_v \end{aligned}$$

Ρεύμα εκπομπής #2:

$$\text{Παροχή } Q_{e2,a} = 1610 \frac{m^3}{hr} \times \frac{1 hr}{60 \text{ min}} = 26.83 \frac{m^3}{\text{min}}$$

$$\text{Θερμοκρασία } T_{e2} = 143 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = 416 \text{ K}$$

$$\text{Συγκέντρωση } Y_{εμεθ,2} = 18,500 \text{ ppm}_v$$

$$\text{Θερμότητα καύσης } h_{εμεθ,2} = 59,317.42 \frac{KJ}{Nm^3}$$

$$\text{Αριθμός συστατικών στο ρεύμα } n = 1$$

$$\begin{aligned} \text{Συγκέντρωση ασφαλείας για εκρηξιμότητα} \\ = 25\% LEL = \frac{25}{100} \times 50,000 \text{ ppm}_v = 12,500 \text{ ppm}_v \end{aligned}$$

Ρεύμα εκπομπής #3:

$$\text{Παροχή } Q_{e3,a} = 2200 \frac{m^3}{hr} \times \frac{1 hr}{60 \text{ min}} = 36.67 \frac{m^3}{\text{min}}$$

$$\text{Θερμοκρασία } T_{e3} = 120 \text{ } ^\circ C + 273 = 393 \text{ K}$$

$$\text{Συγκέντρωση } Y_{ετολ,3} = 7000 \text{ ppm}_v$$

$$\text{Θερμότητα καύσης } h_{ετολ,1} = 48,435.66 \frac{KJ}{Nm^3}$$

Αριθμός συστατικών στο ρεύμα $n = 1$

Συγκέντρωση ασφάλειας για εκρηξιμότητα (τολουόλιο):

$$= 25\% LEL = \frac{25}{100} \times 12,000 \text{ ppm}_v = 3000 \text{ ppm}_v$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΟΥ

Η παροχή Q_e του συνδυασμένου ρεύματος πριν την αραίωση θα είναι:

$$Q_{e1} = Q_{e1,a} \frac{298}{T_{e1}} = 39.17 \frac{m^3}{\text{min}} \times \frac{298 \text{ K}}{448 \text{ K}} = 26.06 \frac{Nm^3}{\text{min}}$$

$$Q_{e2} = Q_{e2,a} \times \frac{298}{T_{e2}} = 26.83 \frac{m^3}{\text{min}} \times \frac{298 \text{ K}}{416 \text{ K}} = 19.22 \frac{Nm^3}{\text{min}}$$

$$Q_{e3} = Q_{e3,a} \times \frac{298}{T_{e3}} = 36.67 \frac{m^3}{\text{min}} \times \frac{298 \text{ K}}{393 \text{ K}} = 27.81 \frac{Nm^3}{\text{min}}$$

$$Q_{εολ} = Q_{e1} + Q_{e2} + Q_{e3} = 26.06 \frac{Nm^3}{\text{min}} + 19.22 \frac{Nm^3}{\text{min}} + 27.81 \frac{Nm^3}{\text{min}} = 73.1 \frac{Nm^3}{\text{min}}$$

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ

Μετατροπή μονάδων συγκέντρωσης από ppm σε $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$:

Ρεύμα εκπομπής #1:

$$C_{e1, \text{τολ}} = \frac{1000 \times C_{\text{ετολ ppm}} \times MW_{\text{τολ}}}{24.45} = \frac{1000 \times 11,000 \times 92}{24.45} = 41,390,593 \frac{\mu\text{g}}{\text{Nm}^3}$$

Ρεύμα εκπομπής #2:

$$C_{e2, \text{μεθ}} = \frac{1000 \times C_{\text{εμεθ ppm}} \times MW_{\text{μεθ}}}{24.45} = \frac{1000 \times 18,500 \times 16}{24.45} = 12,106,339.5 \frac{\mu\text{g}}{\text{Nm}^3}$$

Ρεύμα εκπομπής #3:

$$C_{e1, \text{τολ}} = \frac{1000 \times C_{\text{ετολ ppm}} \times MW_{\text{τολ}}}{24.45} = \frac{1000 \times 7000 \times 92}{24.45} = 26,339,468 \frac{\mu\text{g}}{\text{Nm}^3}$$

Από το ισοζύγιο μάζας τολουολίου και μεθανίου έχουμε:

Τολουόλιο Ισοζύγιο μάζας (#1^ο & #3^ο ρεύμα εκπομπής):

$$C_{e1, \text{τολ}} = \frac{Q_{e1} C_{e1, \text{τολ}} + Q_{e3} C_{e3, \text{τολ}}}{Q_e}$$

$$= \frac{26.06 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 41,390,593 \mu\text{g}/\text{Nm}^3 + 27.81 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 26,339,468 \mu\text{g}/\text{Nm}^3}{73.1 \text{ Nm}^3/\text{min}}$$

$$C_{e1, \text{τολ}} = 24,776,189.6 \frac{\mu\text{g}}{\text{Nm}^3}$$

$$C_{e1, \text{τολ}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{1000 \times MB \times C_{\text{ppm}}}{24.45} \Rightarrow C_{\text{ppm}} = \frac{24,776,189.6 \times 24.45}{1000 \times 92} = 6584.5 \text{ ppm}$$

Μεθάνιο Ισοζύγιο μάζας (#2^ο ρεύμα εκπομπής):

$$C_{e1, \text{μεθ}} = \frac{Q_{e2} \times C_{e2, \text{μεθ}}}{Q_e} = \frac{19.22 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 12,106,339.5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3}{73.1 \text{ Nm}^3/\text{min}}$$

$$C_{el,μεθ.} = 3,183,089.5 \frac{\mu g}{Nm^3}$$

$$C_{el,μεθ.} = \frac{1000 \times MB \times C_{ppm}}{24.45} \Rightarrow C_{ppm} = \frac{3,183,089.5 \times 24.45}{1000 \times 16} = 4864.2 ppm$$

Στο σημείο αυτό συγκρίνουμε τις συγκεντρώσεις (ppm) τολουολίου, μεθανίου και τολουολίου του πρώτου, του δεύτερου και του τρίτου ρεύματος αντίστοιχα στο συνδυασμένο ρεύμα εκπομπής που μόλις βρήκαμε, με το όριο των 25% του L.E.L. (συγκέντρωση ασφάλειας εκρηξιμότητας).

Ρεύμα εκπομπής #1 & #3 (τολουόλιο) = 6584.5 ppm

Συγκέντρωση ασφάλειας για εκρηξιμότητα = 3000 ppm

Ρεύμα εκπομπής #2 (μεθάνιο) = 4864.2 ppm

Συγκέντρωση ασφάλειας για εκρηξιμότητα (μεθάνιο) = 12,500 ppm

Παρατηρούμε ότι το τολουόλιο υπερβαίνει το όριο εκρηξιμότητας και το μεθάνιο όχι.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η περιεχόμενη θερμότητα για το κάθε ρεύμα εκπομπής χωριστά υπολογίζεται:

Ρεύμα εκπομπής # 1:

$$h_{e1,τολ} = (0.01) \sum_{i=1}^n y_{e1,i} \times h_{e1,i} = (0.01) \left(\frac{11,000}{1,000,000} \times 100 \times 48,435.66 \frac{KJ}{Nm^3} \right) = 532.8 \frac{KJ}{Nm^3}$$

Ρεύμα εκπομπής #2:

$$h_{e2,μεθαν} = (0.01) \sum_{i=1}^n y_{e1,i} \times h_{e1,i} = (0.01) \left(\frac{18,500}{1,000,000} \times 100 \times 59,317.42 \frac{KJ}{Nm^3} \right) = 1097.4 \frac{KJ}{Nm^3}$$

Ρεύμα εκπομπής #3:

$$h_{e3,τολ} = (0.01) \sum_{i=1}^n y_{e1,i} \times h_{e1,i} = (0.01) \left(\frac{7000}{1,000,000} \times 100 \times 48,435.66 \frac{KJ}{Nm^3} \right) = 339 \frac{KJ}{Nm^3}$$

Συνδυασμένο ρεύμα εκπομπής:

Η περιεχόμενη θερμότητα για το συνδυασμένο ρεύμα εκπομπής υπολογίζεται:

$$H_e = (0.01) \sum_{j=1}^m y_{ej} \times h_{ej} = (0.01) \left(\frac{26.06 \frac{Nm^3}{min}}{73.1 \frac{Nm^3}{min}} \times 100 \times 532.8 \frac{KJ}{Nm^3} + \frac{19.22 \frac{Nm^3}{min}}{73.1 \frac{Nm^3}{min}} \times 100 \times 1097.4 \frac{KJ}{Nm^3} \right) + \frac{27.81 \frac{Nm^3}{min}}{73.1 \frac{Nm^3}{min}} \times 100 \times 339 \frac{KJ}{Nm^3} = 607.45 \frac{KJ}{Nm^3}$$

Το απαιτούμενο θερμικό περιεχόμενο ασφαλείας όπως ορίζεται από τις εργαστηριακές σημειώσεις είναι $H_{e,ασφ} = 484.9 \frac{KJ}{Nm^3}$, άρα απαιτείται αραίωση.

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΑ ΑΡΑΙΩΣΗΣ

Η ελάχιστη απαιτούμενη παροχή αέρα αραίωσης είναι:

$$Q_d = \left[\left(\frac{h_e}{h_d} \right) - 1 \right] Q_e = \left[\left(\frac{607.45 \frac{KJ}{Nm^3}}{484.9 \frac{KJ}{Nm^3}} \right) - 1 \right] \times 73.1 \frac{Nm^3}{min} = 18.47 \frac{Nm^3}{min}$$

όπου, $h_e = H_e$, $h_d = H_{e,ασφ}$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΙΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η παροχή του αερίου ρεύματος $Q_{e,d}$ μετά την αραίωση είναι:

$$Q_{ed} = Q_e \left(\frac{h_e}{h_d} \right) = 73.1 \frac{Nm^3}{min} \left(\frac{607.45 \frac{KJ}{Nm^3}}{484.9 \frac{KJ}{Nm^3}} \right) = 91.57 \frac{Nm^3}{min}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΙΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας θα υπολογίσουμε την αισθητή θερμότητα του κάθε ρεύματος χωριστά και στη συνέχεια του συνδυασμένου ρεύματος.

Ρεύμα εκπομπής #1:

$$H_{s1} = Q_{e1} \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} (T_{e1} - 298) \text{ K} = 26.06 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \times \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} (448 - 298) \text{ K} = 4659 \frac{\text{KJ}}{\text{min}}$$

Ρεύμα εκπομπής #2:

$$H_{s2} = Q_{e2} \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} (T_{e2} - 298) \text{ K} = 19.22 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \times \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} \times (416 - 298) \text{ K} = 2703.1 \frac{\text{KJ}}{\text{min}}$$

Ρεύμα εκπομπής #3:

$$H_{s3} = Q_{e3} \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} (T_{e3} - 298) \text{ K} = 27.81 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \times \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} (393 - 298) \text{ K} = 3148.8 \frac{\text{KJ}}{\text{min}}$$

Ρεύμα αέρα αραίωσης #4:

$$H_{s4} = Q_{e4} \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} (T_{e4} - 298) \text{ K} = 18.47 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \times \frac{1,19186 \text{ KJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} (298 - 298) \text{ K} = 0 \frac{\text{KJ}}{\text{min}}$$

Συνολική αισθητή θερμότητα συνδυασμένου ρεύματος μετά την αραίωση:

$$H_s = H_{s1} + H_{s2} + H_{s3} + H_{s4} = 4659 \frac{\text{KJ}}{\text{min}} + 2703.1 \frac{\text{KJ}}{\text{min}} + 3148.8 \frac{\text{KJ}}{\text{min}} + 0 \frac{\text{KJ}}{\text{min}} = 10,511 \frac{\text{KJ}}{\text{min}}$$

Η θερμοκρασία του συνδυασμένου ρεύματος μετά την αραίωση:

$$T_e = H_s \times \frac{\text{m}^3 \text{ K}}{1,19186 \text{ KJ}} \times \frac{1}{Q_e} + 298 \text{ K} = 10,511 \frac{\text{KJ}}{\text{min}} \times \frac{\text{m}^3 \text{ K}}{1,19186 \text{ KJ}} \times \frac{1}{91.57 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}} + 298 \text{ K} = 394.3 \text{ K}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

$$Q_{e,a} = \frac{T_e}{298} Q_e = \frac{394.3 \text{ K}}{298 \text{ K}} \times 91.57 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} = 121.16 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Άσκηση 5

Εκφώνηση: Δώστε τον ορισμό της τάσης ατμών.

Απάντηση Άσκησης 5: Η πίεση που ασκείται από τον ατμό μιας καθαρής ουσίας που βίσκεται σε ισορροπία με την επίπεδη υγρή επιφάνεια της ίδιας καθαρής ουσίας σε συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Άσκηση 6

Εκφώνηση: Υποθέστε ότι η συγκέντρωση του NO_2 στο εσωτερικό μιας κατοικίας με εστία μαγειρέματος με χρήση φυσικού αερίου είναι $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Υπολογίστε την ισοδύναμη συγκέντρωση σε ppm σε Κανονικές Συνθήκες (ΚΣ) θερμοκρασίας και πίεσης.

Απάντηση Άσκησης 6:

$$MB \text{ NO}_2 = (2 \times 16) + 14 = 46$$

$$C_{(\mu\text{g}/\text{m}^3)} = \frac{C_{\text{ppm}} \times 1,000 \times MW}{\frac{RT}{P}} \Rightarrow 150 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = \frac{C_{\text{ppm}} \times 1,000 \times 46 \frac{\text{g}}{\text{mole}}}{0.08206 \frac{(\text{atm})(\text{L})}{(\text{gmole})(\text{K})} \times 298 \text{ K}} \frac{1}{1 \text{ atm}}$$

$$\Rightarrow C_{\text{ppm}} = 0.0797 \text{ ppm}$$

Άσκηση 7

Εκφώνηση: Δώστε τον ορισμό της τάσης ατμών.

Απάντηση Άσκησης 7:

Η πίεση που ασκείται από τον ατμό μιας καθαρής ουσίας που βίσκεται σε ισορροπία με την επίπεδη υγρή επιφάνεια της ίδιας καθαρής ουσίας σε συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Άσκηση 8

Εκφώνηση: Υπολογίστε την απαιτούμενη θερμοκρασία με τη μέθοδο Cooper et al σε ένα ισοθερμοκρασιακό μετακαυστήρα εμβολικής ροής με χρόνο παραμονής 0.7 s για απόδοση καταστροφής του τολουολίου 99%. Δίνονται: $MW= 92$, $Z' \text{ (συντελεστής ρυθμού συγκρούσεων)} = 2.85 \cdot 10^{11}$, $R' = 0,08206 \text{ (atm L) / (gmole K)} = 1.987 \text{ cal/(mol-K)}$, μοριακό κλάσμα οξυγόνου στον μετακαυστήρα 20% και πίεση 1atm.

Απάντηση Άσκησης 8:

Υπολογίζεται την σταθερά ρυθμού k:

$$\eta = 1 - e^{-k\tau_r} \Rightarrow 1 - \eta = e^{-k\tau_r} \Rightarrow \ln(1 - \eta) = -k\tau_r \Rightarrow k = \frac{\ln(1 - \eta)}{-\tau_r} \Rightarrow$$

$$k = \frac{\ln(1 - 0.99)}{-0.7 \text{ s}} = 6.58 \text{ s}^{-1}$$

Υπολογίζεται την ενέργεια ενεργοποίησης:

$$E = -0.00966 \times (MW) + 46.1 = -0.00966 \times (92) + 46.1 = 45.221 \text{ kcal / mole}$$

Υπολογίζεται τον στερεοχημικό παράγοντα:

$$S = \frac{16}{MW} = \frac{16}{92} = 0.174$$

Υπολογίζεται τον προεκθετικό παράγοντα:

$$A = \frac{Z' S y_{O_2} P}{R'} = \frac{2.85 \times 10^{11} \times 0.174 \times 0.2 \times 1 \text{ atm}}{0.08206 \frac{\text{(atm)(L)}}{\text{(gmole)(K)}}} = 12.08 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

Υπολογίζεται την θερμοκρασία:

$$k = Ae^{-E/RT} \Rightarrow \frac{k}{A} = e^{-E/RT} \Rightarrow \ln\left(\frac{k}{A}\right) = \frac{-E}{RT} \Rightarrow T = \frac{-E}{\ln\left(\frac{k}{A}\right) \times R} \Rightarrow$$

$$T = \frac{-45,221 \frac{\text{cal}}{\text{mole}}}{\ln\left(\frac{6.58 \text{ s}^{-1}}{12.08 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}}\right) \times 1.987 \frac{\text{cal}}{\text{mole} \cdot \text{K}}} = 963 \text{ K}$$

Άσκηση 9

Εκφώνηση: Υπολογίστε την απόδοση καταστροφής του τολουολίου σε ένα ισοθερμοκρασιακό μετακαυστήρα εμβολικής ροής με χρόνο παραμονής 0.7 s , όταν η απαιτούμενη θερμοκρασία (υπολογισμένη με τη μέθοδο Cooper et al) είναι ίση με 961 K. Δίνονται: MW= 92, Z' (συντελεστής ρυθμού συγκρούσεων) = $2.85 \cdot 10^{11}$, R' = 0,08206 (atm L) / (gmole K) = 1.987 cal/(mol K), μοριακό κλάσμα οξυγόνου στον μετακαυστήρα 20% και πίεση 1atm.

Απάντηση Άσκησης 9:

Υπολογισμός ενέργειας ενεργοποίησης:

$$E = -0.00966 \times (MW) + 46.1 = -0.00966 \times (92) + 46.1 = 45.221 \text{ kcal / mole}$$

Υπολογισμός στερεοχημικού παράγοντα:

$$S = \frac{16}{MW} = \frac{16}{92} = 0.174$$

Υπολογισμός προεκθετικού παράγοντα:

$$A = \frac{Z' S y_{O_2} P}{R'} = \frac{2.85 \times 10^{11} \times 0.174 \times 0.2 \times 1 \text{ atm}}{0.08206 \frac{(\text{atm})(\text{L})}{(\text{gmole})(\text{K})}} = 12.08 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

Υπολογισμός σταθεράς ρυθμού k:

$$k = Ae^{-E/RT} \Rightarrow \frac{k}{A} = e^{-E/RT} = 12.08 \times 10^{10} \text{ s}^{-1} \times e^{\frac{-45,221 \frac{\text{cal}}{\text{mole}}}{961 \text{ K} \times 1.987 \frac{\text{cal}}{\text{mole} \cdot \text{K}}}} = 6.27 \text{ s}^{-1}$$

Υπολογισμός απόδοσης καταστροφής του τολουολίου:

$$\eta = 1 - e^{-k\tau_r} = 1 - e^{-(6.27 \text{ s}^{-1} \times 0.7 \text{ s})} = 0.9876 \text{ ή } 98.76\%$$

Άσκηση 10

Εκφώνηση: Υπολογίστε την παροχή μάζας του αέριου καυσίμου (CH₄) που απαιτείται σε μετακαυστήρα ο οποίος επεξεργάζεται 4500 acfm ρυπασμένου αέρα. Ο αέρας εισέρχεται στους 200 °F και η επιθυμητή θερμοκρασία των καυσαερίων είναι 1350 °F. Το καύσιμο εισέρχεται στους 80 °F όπως και ο αέρας του καυστήρα. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του μεθανίου είναι ίση με 21,560 Btu/lb_m. Υποθέστε 10% συνολική απώλεια θερμότητας και ότι ο μετακαυστήρας θα τροφοδοτηθεί με εξωτερικό αέρα σε αναλογία με το καύσιμο 35:1. Δίνονται: ρ_g = 0.060 lb_m/ft³, h_{TE} = 328 Btu/ lb_m, h_{TBA} = h_{TG} = 4.8 Btu/ lb_m, h_{TPA} = 33.6 Btu/ lb_m, ΔH_{c,VOC} = 0.

Απάντηση Άσκησης 10:

Υπολογίζεται την παροχή μάζας του ρυπασμένου αέρα:

$$\dot{M}_{PA} = Q_v \times \rho_{\alpha\acute{\epsilon}\rho\alpha} = 4500 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times 0.06 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3} = 270 \frac{\text{lbm}}{\text{min}}$$

Υπολογίζεται την παροχή μάζας του αερίου καυσίμου:

$$\dot{M}_G = \frac{\dot{M}_{PA} (h_{TE} - h_{TPA}) - \sum \dot{M}_{VOC_i} (\Delta H_c)_{VOC_i} X_i (1 - f_L)}{(\Delta H_c)_G (1 - f_L) - (R_B + 1) (h_{TE} - h_{TBA})} \Rightarrow$$

$$\dot{M}_G = \frac{270 \frac{\text{lbm}}{\text{min}} \left(328 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} - 33.6 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} \right)}{21,560 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} (1 - 0.1) - (35 + 1) \left(328 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} - 4.8 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} \right)} = 0.038 \frac{\text{lbm}}{\text{min}}$$

Άσκηση 11

Εκφώνηση: Υπολογίστε την ογκομετρική παροχή του καυσαερίου όταν η παροχή μάζας του αερίου καυσίμου (CH₄) που απαιτείται σε μετακαυστήρα ο οποίος επεξεργάζεται 5500 acfm ρυπασμένου αέρα είναι ίση με 4 lb_m/min. Η θερμοκρασία

Λειτουργίας του μετακαυστήρα είναι ίση με 920 K. Υποθέστε ότι ο μετακαυστήρας θα τροφοδοτηθεί με εξωτερικό αέρα σε αναλογία με το καύσιμο 15:1. Δίνονται: πυκνότητα του εισερχόμενου ρυπασμένου αέρα ίση με $0.060 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$, MB(καυσαερίων) = 32, R = $1.314 \text{ (atm ft}^3) / (\text{lbmole K})$.

Απάντηση Άσκησης 11:

Υπολογισμός παροχής μάζας του ρυπασμένου αέρα:

$$\dot{M}_{PA} = Q_v \times \rho_{\text{αέρα}} = 5500 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \times 0.06 \frac{\text{lb}_m}{\text{ft}^3} = 330 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}}$$

Υπολογισμός μαζικής παροχής αέρα του καυστήρα:

$$\dot{M}_{BA} = R_B \times \dot{M}_G = 15 \times 4 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}} = 60 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}}$$

Υπολογισμός μαζικής παροχής του καυσαερίου:

$$\dot{M}_E = \dot{M}_G + \dot{M}_{PA} + \dot{M}_{BA} = 4 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}} + 330 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}} + 60 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}} = 394 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}}$$

Υπολογισμός ογκομετρικής παροχής του καυσαερίου:

$$Q_E = \frac{\dot{M}_E RT_E}{P(MW)_E} = \frac{394 \frac{\text{lb}_m}{\text{min}} \times 1.314 \frac{\text{atm} \cdot \text{ft}^3}{\text{lbmol} \cdot \text{K}} \times 920 \text{ K}}{1 \text{ atm} \times 32 \frac{\text{lb}_m}{\text{lbmol}}} = 14,884 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

Άσκηση 12

Εκφώνηση: Ένας τυποποιημένος θερμικός μετακαυστήρας πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση τολουολίου από τα απαέρια ενός εργοστασίου. Οι διαστάσεις του μετακαυστήρα είναι $L = 3 \text{ m}$ και $D = 6.03 \text{ m}$. Η θερμοκρασία λειτουργίας του μετακαυστήρα είναι $1,500 \text{ }^\circ \text{F}$, η αναλογία τροφοδοσίας του αέρα προς το καύσιμο είναι 14:1 και ο χρόνος παραμονής του ρυπασμένου αέρα στο θάλαμο καύση είναι 0.5 sec. Ο αέρας περιβάλλοντος και το καύσιμο βρίσκονται σε θερμοκρασία $100 \text{ }^\circ \text{F}$ και πίεση 1 atm. Το ρυπασμένο αέριο (PA) έχει θερμοκρασία $232 \text{ }^\circ \text{F}$. Να βρεθεί η ογκομετρική παροχή του PA που μπορεί να επεξεργαστεί ο μετακαυστήρας. Δίνονται:

$MB_{\text{καυσαερίων}} = 28$, Για τον υπολογισμό της ενθαλπίας όλα τα αέρια λαμβάνονται ως καθαρός αέρας, Ο θερμικός μετακαυστήρας είναι ισοθερμοκρασιακός και η πίεση του καυσαερίου (στην έξοδο) είναι 1 atm, Η οξείδωση του καυσαερίου είναι μηδενική, Η κατώτατη θερμογόνος δύναμη του μεθανίου είναι 21,560 Btu/lb_m.

Απάντηση Άσκησης 12:

Υπολογισμός γραμμικής ταχύτητας αερίου στον μετακαυστήρα: $L = u \cdot t_r \Rightarrow 3 \text{ m} = u \times 0.5 \text{ sec} \Rightarrow u = 6 \text{ m/sec}$

Υπολογισμός ογκομετρικής παροχής καυσαερίου:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_E}{\pi \cdot u}} \Rightarrow 6.03 \text{ m} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_E}{3.14 \times 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}} \Rightarrow Q_E = 171.26 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$$

Υπολογισμός μαζικής παροχής καυσαερίου:

$$T_E = T_c \times 1.8 + 32 \Rightarrow 1,500 = T_c \times 1.8 + 32 \Rightarrow T_c = 815.6 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$Q_E = \frac{M_E \cdot R \cdot T_E}{P \cdot MB_E} \Rightarrow 171.26 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \cdot 1,000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} = \frac{M_E \cdot 0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{gmole} \cdot \text{K}} \cdot (815.6 \text{ } ^\circ \text{C} + 273)}{1 \text{ atm} \times 28 \frac{\text{g}}{\text{gmole}}}$$

$$\Rightarrow M_E = 53,720 \frac{\text{g}}{\text{sec}} \times \frac{1 \text{ lb}}{453.6 \text{ g}} = 118.43 \frac{\text{lb}}{\text{sec}}$$

Από το ισοζύγιο μάζας έχουμε:

$$M_E = M_G + M_{BA} + M_{PA} \Rightarrow M_E = M_G + 14M_G + M_{PA} \Rightarrow M_E = 15M_G + M_{PA} \Rightarrow M_G = \frac{M_E - M_{PA}}{15}$$

$T_{(PA)F} = T_c \times 1.8 + 32 = 232 \times 1.8 + 32 = 450 \text{ } ^\circ \text{F}$, άρα από πίνακα B7 (βιβλίου) η ενθαλπία του απαερίου = 94.4 Btu/lb

Από πίνακα B2 (βιβλίου) η πυκνότητα του απαερίου είναι 0.0435 lb/ft³

Ενθαλπία καυσίμου $T = 100^\circ \text{F} \rightarrow 9.6 \text{ Btu/lb}$

Ενθαλπία αέρα περιβάλλοντος $T = 100^\circ \text{F} \rightarrow 9.6 \text{ Btu/lb}$

Ενθαλπία καυσαερίου $T = 1,500^\circ \text{F} \rightarrow 369 \text{ Btu/lb}$

Υπολογισμός της μαζικής παροχής του ρυπασμένου αέρα:

$$M_G = \frac{M_{PA}(h_{TE} - h_{PA}) - \sum M_{VOC}(\Delta H_c)_{VOC} X_i(1 - f_L)}{(\Delta h_c)_G(1 - f_L) - (R_B + 1)(h_{TE} - h_{TBA})} \Rightarrow$$

$$\frac{118.43 \frac{\text{lb}}{\text{sec}} - M_{PA}}{15} = \frac{M_{PA}(369 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} - 94.4 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}) - 0}{21,560 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \cdot (1 - 0.15) - (14 + 1) \cdot (369 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} - 9.6 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}})} \Rightarrow M_{PA} = 89.83 \frac{\text{lb}}{\text{sec}}$$

Υπολογισμός ογκομετρικής παροχής ρυπασμένου αέρα:

$$Q_{PA} = \frac{M_{PA}}{\rho} = \frac{89.83 \frac{\text{lb}}{\text{sec}}}{0.0435 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 2,065 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

Άσκηση 13

Εκφώνηση: Σε μία βιομηχανική μονάδα τα απαέρια περιέχουν VOCs. Η παροχή του απαερίου είναι ίση με 8000 acfm και είναι στους 90 °F. Η μαζική παροχή του καυσίμου είναι ίση με 3 lb_m/min και η αναλογία αέρα καυσίμου ίση με 15:1. Η θερμοκρασία λειτουργίας του μετακαυστήρα είναι ίση με 950 K και λειτουργεί σε πίεση 1 atm. Η γραμμική ταχύτητα του αερίου στο μετακαυστήρα είναι 20 ft/sec. Να βρεθούν οι διαστάσεις του μετακαυστήρα σε μέτρα (m). **Δίνονται:** MB(καυσαερίου)=32, χρόνος παραμονής του αερίου στο μετακαυστήρα 0.7 sec, πυκνότητα του αέρα ίση με 0.058 lb_m/ft³ και R = 1.314 (atm ft³) / (lbmole K).

Απάντηση Άσκησης 13:

Υπολογισμός μαζικής παροχής του ρυπασμένου αέρα:

$$\dot{M}_{PA} = Q_V \times \rho_{αέρα} = 8000 \frac{ft^3}{min} \times 0.058 \frac{lbm}{ft^3} = 464 \frac{lbm}{min}$$

Υπολογισμός μαζικής παροχής αέρα του καυστήρα:

$$\dot{M}_{BA} = R_B \times \dot{M}_G = 15 \times 3 \frac{lbm}{min} = 45 \frac{lbm}{min}$$

Υπολογισμός μαζικής παροχής του καυσαερίου:

$$\dot{M}_E = \dot{M}_G + \dot{M}_{PA} + \dot{M}_{BA} = 3 \frac{lbm}{min} + 464 \frac{lbm}{min} + 45 \frac{lbm}{min} = 512 \frac{lbm}{min}$$

Υπολογισμός ογκομετρικής παροχής του καυσαερίου:

$$Q_E = \frac{\dot{M}_E RT_E}{P(MW)_E} = \frac{512 \frac{lb}{min} \times 1.314 \frac{atm-ft^3}{lbmol-^{\circ}K} \times 950^{\circ}K}{1 atm \times 32 \frac{lb}{lbmol}} = 19,972.8 \frac{ft^3}{min} \times \frac{1 min}{60 s} = 332.88 \frac{ft^3}{s}$$

Υπολογισμός της διαμέτρου του θαλάμου αντίδρασης:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_E}{\pi u}} = \sqrt{\frac{4 \times 332.88 \frac{ft^3}{s}}{3.14 \times 20 \frac{ft}{s}}} = 4.6 ft \times \frac{0.3048 m}{1 ft} = 1.4 m$$

Υπολογισμός του μήκους του θαλάμου αντίδρασης:

$$L = u \times \tau_r = 20 \frac{ft}{s} \times 0.7 s \times \frac{0.3048 m}{1 ft} = 4.27 m$$

Άσκηση 14

Εκφώνηση: Σε μία βιομηχανική μονάδα μελετάται η εγκατάσταση ενός ισοθερμοκρασιακού μετακαυστήρα εμβολικής ροής με χρόνο παραμονής 0.5 sec για καταστροφή εξανίου. Η συγκέντρωση του ρύπου στην είσοδο του αντιδραστήρα είναι 2,000 ppm, με παροχή 4,500 acfm, σε θερμοκρασία 250 °F και πίεση 1 atm. Το όριο

εκπομπών εξανίου από την έξοδο του μετακαυστήρα είναι 10 ppm. Χρησιμοποιώντας την μέθοδο Cooper et al. να υπολογίσετε την απαιτούμενη θερμοκρασία καταστροφής του εξανίου. Υποθέτοντας ότι ο μετακαυστήρας θα τροφοδοτηθεί με εξωτερικό αέρα σε αναλογία με το καύσιμο 35:1 να υπολογιστούν οι διαστάσεις του μετακαυστήρα. Δίνονται: $MB_{\text{εξανίου}} = 86$, $\Delta H_{C,VOC} = 0$, Κλασματική απώλεια θερμότητας 10 %, Η κατώτατη θερμογόνος δύναμη του μεθανίου είναι $21,560 \text{ Btu/lbm}$, Η πυκνότητα του μεθανίου $\rho_{\text{μεθ.}} = 0.6535 \text{ kg/Nm}^3$, $MB_{\text{CH}_4} = 16$, Μοριακό κλάσμα οξυγόνου 20 % κ.ο., Η έξοδος των καυσαερίων είναι σε πίεση 1 atm, Το μοριακό βάρος των καυσαερίων είναι 28, Για τον υπολογισμό της ειδικής ενθαλπίας θεωρούμε όλα τα αέρια ως καθαρό αέρα, Ο αέρας του περιβάλλοντος και το αέριο καύσιμο είναι σε θερμοκρασία 80 °F και πίεσης 1 atm.

Απάντηση Άσκησης 14:

Απόδοση καταστροφής

$$\eta = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} = \frac{2,000 \text{ ppm} - 10 \text{ ppm}}{2,000 \text{ ppm}} = 0.995 \text{ ή } 99.5 \%$$

Σταθερά ρυθμού k

$$\eta = 1 - e^{-k\tau_r} \Rightarrow \eta - 1 = -e^{-k\tau_r} \Rightarrow 1 - \eta = e^{-k\tau_r} \Rightarrow \ln(1 - \eta) = -k\tau_r \Rightarrow k = \frac{\ln(1 - \eta)}{-\tau_r} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow k = \frac{\ln(1 - 0.995)}{-0.5} \Rightarrow k = 10.6 \text{ s}^{-1}$$

Ενέργεια ενεργοποίησης E

$$E = -0.00966 \times (MW) + 46.1 = -0.00966 \times (86) + 46.1 = 45.269 \text{ kcal / mole}$$

Στερεοχημικός παράγοντας S

$$S = \frac{16}{MW} = \frac{16}{86} = 0.186$$

Συντελεστής ρυθμού συγκρούσεων Z'

Εφόσον το εξάνιο κατατάσσεται στα αλκάνια, ο συντελεστής ρυθμού συγκρούσεων υπολογίζεται από το σχήμα 11.5 σελ. 376 στο βιβλίο, άρα:

$$Z' = 3.1 \times 10^{11}$$

Προεκθετικός παράγοντας

$$A = \frac{Z' S y_{O_2} P}{R'} = \frac{3.1 \times 10^{11} \times 0.186 \times 0.2 \times 1 \text{ atm}}{0.08206 \frac{(\text{atm})(L)}{(\text{gmole})(K)}}} = 1.4 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$$

Απαιτούμενη θερμοκρασία καταστροφής

$$k = A e^{-E/RT} \Rightarrow \frac{k}{A} = e^{-E/RT} \Rightarrow \ln\left(\frac{k}{A}\right) = \frac{-E}{RT} \Rightarrow T = \frac{-E}{\ln\left(\frac{k}{A}\right) \times R}$$

$$T = \frac{45,269 \frac{\text{cal}}{\text{mole}}}{\ln\left(\frac{10.6 \text{ s}^{-1}}{1.4 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}}\right) \times 1.987 \frac{\text{cal}}{\text{mole} \cdot K}} = 977.6 \text{ K}$$

Υπολογισμός ενθαλπιών

Οι ειδικές ενθαλπίες υπολογίζονται από τον πίνακα Β.7, σελ. 746 του βιβλίου

$$h_{80^\circ F} = h_{T_{BA}}$$

$$\frac{h_{100^\circ F} - h_{60^\circ F}}{T_{100^\circ F} - T_{60^\circ F}} = \frac{h_{100^\circ F} - h_{T_{BA}}}{T_{100^\circ F} - T_{80^\circ F}} \Rightarrow \frac{9.6 - 0}{100 - 60} = \frac{9.6 - h_{T_{BA}}}{100 - 80} \Rightarrow h_{T_{BA}} = 4.8 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

$$h_{977.6^\circ F} = h_{T_{TE}}$$

$$\frac{h_{1000^\circ F} - h_{900^\circ F}}{T_{1000^\circ F} - T_{900^\circ F}} = \frac{h_{1000^\circ F} - h_{T_{TE}}}{T_{1000^\circ F} - T_{977.6^\circ F}} \Rightarrow \frac{234.1 - 211.4}{1000 - 900} = \frac{234.1 - h_{T_{TE}}}{1000 - 977.6} \Rightarrow h_{T_{TE}} = 229 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

$$h_{250^\circ F} = h_{T_{PA}}$$

$$h_{T_{PA}} = 45.7 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

Υπολογισμός παροχών μάζας

$$\dot{M}_{PA} = Q_V \times \rho_{250^\circ F} = 4,500 \frac{ft^3}{min} \times 0.0558 \frac{lbm}{ft^3} = 251.1 \frac{lbm}{min}$$

$$\dot{M}_G = \frac{\dot{M}_{PA} (h_{TE} - h_{T_{PA}}) - \sum \dot{M}_{VOC_i} (\Delta H_c)_{VOC_i} X_i (1 - f_L)}{(\Delta H_c)_G (1 - f_L) - (R_B + 1) (h_{TE} - h_{T_{BA}})} = \frac{251.1 \frac{lbm}{min} \left(229 \frac{Btu}{lbm} - 45.7 \frac{Btu}{lbm} \right)}{21,560 \frac{Btu}{lbm} (1 - 0.1) - (35 + 1) \left(229 \frac{Btu}{lbm} - 4.8 \frac{Btu}{lbm} \right)} = 4.06 \frac{lbm}{min}$$

$$\dot{M}_{BA} = R_B \times \dot{M}_G = 35 \times 4.06 \frac{lbm}{min} = 142.1 \frac{lbm}{min}$$

$$\dot{M}_E = \dot{M}_G + \dot{M}_{PA} + \dot{M}_{BA} = 4.06 \frac{lbm}{min} + 251.1 \frac{lbm}{min} + 142.1 \frac{lbm}{min} = 397.26 \frac{lbm}{min}$$

Ογκομετρική παροχή καυσαερίου

$$T_E = 977.6 \text{ } ^\circ F$$

$$T_F = T_c \times 1.8 + 32 \Rightarrow T_c = \frac{T_F - 32}{1.8} \Rightarrow T_c = \frac{977.6 - 32}{1.8} \Rightarrow T_c = 525.33 \text{ } ^\circ C$$

$$T_K = 525.33 \text{ } ^\circ C + 273.15 = 798.5 \text{ } K$$

$$Q_E = \frac{\dot{M}_E RT_E}{P(MW)_E} = \frac{397.26 \frac{lbm}{min} \times 1.314 \frac{atm - ft^3}{lbmol - K} \times 798.5 \text{ } K}{1 \text{ } atm \times 28} = 14,886.3 \frac{ft^3}{min}$$

Διάμετρος θαλάμου αντίδρασης

Η μέση γραμμική ταχύτητα σε ολόκληρο το μήκος του σώματος της μονάδας θα πρέπει να είναι περίπου 10 – 20 ft/sec. Επιλέγουμε μια μέση γραμμική ταχύτητα 20 ft/sec.

$$D = \sqrt{\frac{4Q_E}{\pi u}} = \sqrt{\frac{4 \times 14,886.3 \frac{ft^3}{min}}{3.14 \times 20 \frac{ft}{sec} \times \frac{60 \text{ } sec}{1 \text{ } min}}} = 3.98 \text{ } ft$$

Μήκος θαλάμου αντίδρασης

$$L = u \times \tau_r = 20 \frac{ft}{sec} \times 0.5 \text{ } sec = 10 \text{ } ft$$