ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

(Υπεύθυνος διδασκαλίας: Σαββάκης Νίκος)

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΑΣΚΗΣΗ 1

Ένα ρεύμα ξηρού αερίου λαμβάνεται από μια καμινάδα. Τα αέρια της καμινάδας βρίσκονται στους 200 °C και στα 730 mm Hg. Το ρεύμα διέρχεται μέσα από ένα θερμαινόμενο φίλτρο, μια σειρά από ψυχόμενα δοχεία απορρόφησης, στήλες συμπύκνωσης, αντλία και κατόπιν ροόμετρο. Ο ρυθμός ροής ρυθμίζεται να είναι 30 L/min στους 20 °C και στα 730 mm Hg.

Α) Υπολογίστε στον πραγματικό ογκομετρικό ρυθμό παροχής μέσα από το φίλτρο (στους T=200 °C και P=730 mm Hg).

Β) Εάν στο φίλτρο συλλέγονται εντός 30 λεπτών 1,42 mg στερών σωματιδίων, υπολογίστε τη συγκέντρωση των σωματιδίων στα αέρια της καμινάδας σε μg/m³

ΛΥΣΗ

Α)

$$\left.\begin{array}{l} \text{Στη θέση 1}: P_1 \cdot V_1 = n_1 \cdot R \cdot T_1 \\ \text{Στη θέση 2}: P_2 \cdot V_2 = n_2 \cdot R \cdot T_2 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{T_1}{T_2} \xRightarrow{n_1 = n_2} V_1 = V_2 \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \qquad (1)$$

$$Q = \frac{V}{t} \Rightarrow V = Q \cdot t \qquad (2)$$

$$(1) \overset{(2)}{\Rightarrow} Q_1 = Q_2 \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow Q_1 = 30 \frac{L}{min} \cdot \left(\frac{790}{730}\right) \cdot \left(\frac{473}{293}\right) = 52{,}4 \frac{L}{min}$$

Β) Ο συνολικός όγκος του αερίου που λαμβάνεται δείγμα (σε συνθήκες καμινάδας) μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

$$52{,}4 \frac{L}{min} \cdot \frac{1 m^3}{1000\, L} \cdot 30\, min = 1572\, m^3$$

Επομένως η συγκέντρωση των σωματιδίων υπολογίζεται ως εξής:

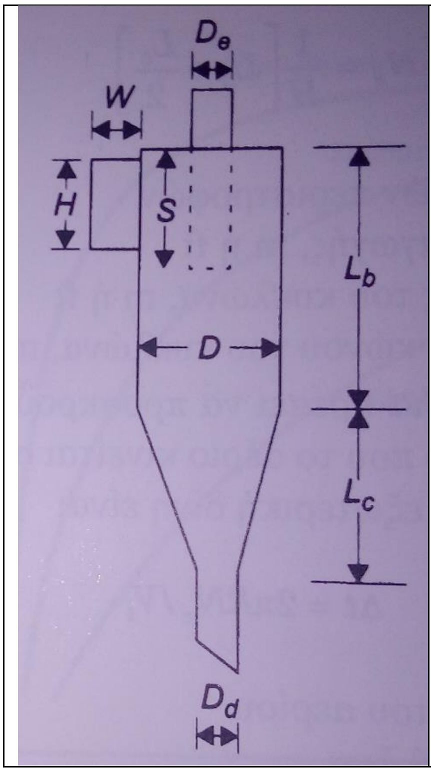
$$C_{part} = \frac{1{,}42}{1572} \frac{mg}{m^3} \cdot \frac{1000}{1} \frac{\mu g}{mg} = 903 \frac{\mu g}{m^3}$$

ΑΣΚΗΣΗ 2

Θεωρείστε ένα συμβατικό κυκλώνα με τυπικές αναλογίες και διάμετρο σώματος ίση με 1 m. Για αέρα με παροχή 150 m³/min στους T=350K και σε P=1 atm, που περιέχει σωματίδια πυκνότητα 1600 kg/m³ και κατανομή μεγέθους όπως δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Εύρος Μεγέθους Σωματιδίου, μm	**mj**
0-2	1
2-4	9
4-6	10
6-10	30
10-18	30
18-30	14
30-50	5
50-100	1

Επίσης δίνεται ρ_g(πυκνότητα αερίου)=1,01 kg/m^3 και μ (κινηματικό ιξώδες)=0,075 kg/m^3·h.



	Υψηλής Απόδοσης (1)	Υψηλής Απόδοσης (2)	Συμβατικός (3)	Συμβατικός (4)	Υψηλής Δυναμικότητας (5)	Υψηλής Δυναμικότητας (6)
Διάμετρος Σώματος D/D	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ύψος Στομίου Εισόδου H/D	0.5	0.44	0.5	0.5	0.75	0.8
Πλάτος Στομίου Εισόδου W/D	0.2	0.21	0.25	0.25	0.375	0.35
Διάμετρος Εξόδου Αερίου D_e/D	0.5	0.4	0.5	0.5	0.75	0.75
Μήκος Ανιχνευτή Δίνης S/D	0.5	0.5	0.625	0.6	0.875	0.85
Μήκος Σώματος L_b/D	1.5	1.4	2.0	1.75	1.5	1.7
Μήκος Κώνου L_c/D	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0
Διάμ. Εξόδου Σωματιδίων D_d/D	0.375	0.4	0.25	0.4	0.375	0.4

Τύπος Κυκλώνα

Οι στήλες (1) και (5) προσαρμόστηκαν από τον Stairmand, 1951· οι στήλες (2), (4) και προσαρμόστηκαν από τον Swift, 1969· η στήλη (3) προσαρμόστηκε από τον Lapple, 1951.

Α) Να υπολογίσετε την συνολική απόδοση συλλογής του κυκλώνα.

ΛΥΣΗ

Αρχικά επιλέγουμε τις τυπικές αναλογίες του κυκλώνα για D=1m

W (Πλάτος στομίου) = 0,25m
Lb (Μήκος σώματος)= 2m
H (Ύψος στομίου) =0,5m
Lc (Μήκος κώνου) =2m

Η ταχύτητα εισαγωγής υπολογίζεται ως εξής:

$$V_i = \frac{Q}{H \cdot W} = \frac{150\, m^3}{min} \cdot \frac{1}{(0{,}5m \cdot 0{,}25m)} = \frac{1200\, m}{min}$$

Ο αριθμός των στροφών:

$$Ne = \frac{1}{H} \cdot \left[L_b + \frac{L_c}{2}\right] = \frac{1}{0{,}5m} \cdot [2m + 1m] = 6$$

Η διάμετρος των σωματιδίων (d_{pc}) που συλλέχθηκαν με 50% απόδοση δίνεται από την σχέση:

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot W}{2 \cdot \pi \cdot N_e \cdot V_i \cdot (\rho_p - \rho_g)}\right]^{1/2}$$

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \left(0{,}075 \frac{kg}{m \cdot h}\right) \cdot 0{,}25m}{2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 1200 \frac{m}{min} \cdot \left(1600 \frac{kg}{m^3} - 1 \frac{kg}{m^3}\right)}\right]^{1/2} = 6{,}26 \cdot 10^{-6} m = 6{,}3\ \mu m$$

Οπότε υπολογίζεται το κλάσμα dp_j/d_{pc} και συμπληρώνεται κατάλληλα ο πίνακας.

Περαιτέρω, υπολογίζεται η επιμέρους απόδοση συλλογής σωματιδίων βάσει της σχέσης:

$$n_j = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{pc}}{dp_j}\right)^2}$$

Επομένως n_1=0,02

j	*Εύρος Μεγέθους Σωματιδίου, μm*	*dp_j, μm*	*dp_j/d_{pc}*	*nj*	*mj*	*nj·mj*
1	*0-2*	*1*	*0.159*	*0.02*	*1*	*0.02*
2	*2-4*	*3*	*0.476*	*0.18*	*9*	*1.62*
3	*4-6*	*5*		*0.39*	*10*	*3.90*
4	*6-10*	*8*		*0.62*	*30*	*18.60*
5	*10-18*	*14*		*0.83*	*30*	*24.90*
6	*18-30*	*24*		*0.94*	*14*	*13.16*
7	*30-50*	*40*		*0.98*	*5*	*4.90*
8	*50-100*	*75*	*11.9*	*0.99*	*1*	*0.99*
						68,1%

Β)Να υπολογίσετε την νέα απόδοση του κυκλώνα αν η παροχή του αέρα αυξηθεί σε 200 m^3/min ή η θερμοκρασία του αέρα αυξηθεί στους 400Κ.

- Η μεταβολή της παροχής αέρα επιδρά στη κλασματική διείσδυση (Pt), η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$Pt_2 = Pt_1 \cdot \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,5} = (1 - n_1) \cdot \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,5} = (1 - 0{,}68) \cdot \left(\frac{150}{200}\right)^{0,5} = 0{,}32 \cdot 0{,}75^{0,5} = 0{,}28$$

$$n_2 = 1 - Pt_2 = 1 - 0{,}28 = 0{,}72 \text{ ή } 72\%$$

Σε αυτή την περίπτωση, η συνολική απόδοση συλλογής αυξάνεται κατά 4%

- Μια αύξηση στη θερμοκρασία του αέρα έχει δυο βασικές επιπτώσεις: αυξάνει την ογκομετρική παροχή σε 171 m^3/min και αυξάνεται τι ιξώδες του αέρα σε 0,083 kg/m·h. Η συνολική επίπτωση στην κλασματική διείσδυση είναι το γινόμενο των επιμέρους επιπτώσεων και υπολογίζεται ως εξής:

$$Pt_2{}' = Pt_1 \cdot \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{\mu_2}{\mu_1}\right)^{0,5} = 0{,}32 \cdot \left(\frac{150}{200}\right)^{0,5} = 0{,}32 \cdot \left(\frac{150}{171}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{0{,}083}{0{,}075}\right)^{0,5} = 0{,}315 \cong 0{,}32$$

$$n_2{}' = 1 - Pt_2{}' = 1 - 0{,}32 = 0{,}68 \text{ ή } 68\%$$

Σε αυτή την περίπτωση, η συνολική απόδοση συλλογής δεν μεταβάλλεται

Γ) Αν στον κυκλώνα υποτεθεί μια τιμή Κ=15 να υπολογιστούν:i)η πτώση πίεσης του κυκλώνα σε kPa και ii) η ισχύς του ρευστού που καταναλώνεται στον κυκλώνα σε kW.

$$H_u = K \cdot \frac{H \cdot W}{D_e^2}$$

Όπου

H_u:πτώση πίεσης, εκφρασμένη σε αριθμού πιεζομετρικού ύψους ταχύτητας εισαγωγής
K: σταθερά η οποία εξαρτάται από τη μορφή του κυκλώνα και τις συνθήκες λειτουργίας

Επομένως, αντικαθιστώντας κατάλληλα στη σχέση υπολογισμού της πτώσης πίεσης σε όρους ταχύτητας εισαγωγής έχουμε:

$$H_u = K \cdot \frac{H \cdot W}{D_e^2} = 15 \cdot \frac{(0{,}5m) \cdot (0{,}25m)}{(0{,}5m)^2} = 7{,}5$$

$$V_i = \frac{1200\ m}{min} \cdot \frac{1\ min}{60\ s} = 20\ m/s$$

Επίσης, $\Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho_g \cdot V_i^2 \cdot H_u$

Όπου

ΔP: η πτώση πίεσης, N/m^2 ή Pa
ρ_g:πυκνότητα αερίου, kg/m^3
V_i: ταχύτητα εισαγωγής αερίου, m/s

Με αντικατάσταση των τιμών για τις κατάλληλες παραμέτρους έχουμε την πτώση πίεσης:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho_g \cdot V_i^2 \cdot H_u = \frac{1}{2} \cdot 1{,}01 \frac{kg}{m^3} \cdot 400 \frac{m^2}{s^2} \cdot \frac{1\ N}{1kg \cdot \frac{m}{s^2}} \cdot 7{,}5 = 1515 \frac{N}{m^2} = 1{,}515\ kPa$$

Από τη στιγμή που η πτώση πίεση έχει υπολογιστεί, η απαίτηση ισχύος για το ρευστό μπορεί να προκύψει ως:

$$W_f = Q \cdot \Delta P$$

Όπου,

W_f=η ισχύς ρευστού,W
Q: Ογκομετρική παροχή, m^3/s

Οπότε,

$$W_f = 150 \frac{m^3}{min} \cdot 1515 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{1min}{60s} = 3788 \frac{N \cdot m}{s} = 3788 \frac{J}{s} = 3{,}79\ kW$$

Άσκηση 3

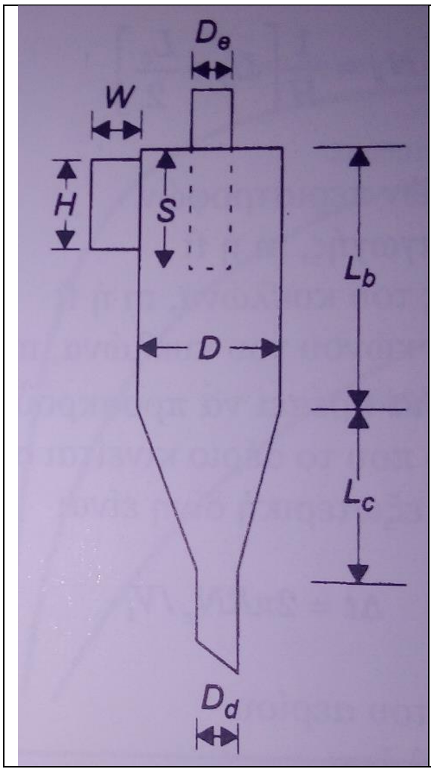
Σχεδιάστε ένα συμβατικό κυκλώνα Lapple για να λειτουργήσει ως αρχικό στάδιο καθορισμού σ' ένα ρεύμα αερίου που ρέει με $120 m^3 / min$. Ο κυκλώνας πρέπει να επιταχύνει ελάχιστη συνολική απόδοση ίση με 70% για την ακόλουθη κατανομή σωματιδίων. με max επιτρεπόμενη ΔP=3000 Pa ή 3KPa.

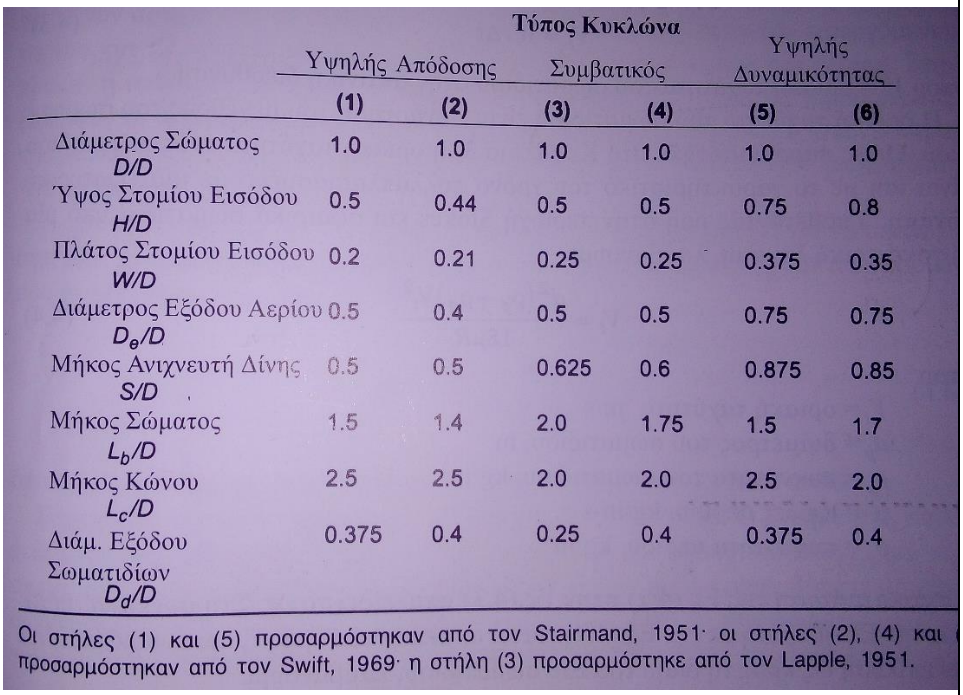
Επίσης δίνονται ρ_p=1500 kg/ m^3 , ρ_g=1 kg/ m^3 , μ=0,07 kg/m·hr και σταθερά K=14

Να υπολογιστούν D, n, V_i, ΔP

j	*Εύρος Μεγέθους Σωματιδίου, μm*	*mj*
1	*0-2*	*2*
2	*2-4*	*18*
3	*4-10*	*30*
4	*10-20*	*30*
5	*20-40*	*15*
6	*40-100*	*4*
7	*>100*	*1*

Αρχικά, επιλέγω σχεδιαστικές μεταβλητές από τον πίνακα





	Τύπος Κυκλώνα					
	Υψηλής Απόδοσης		Συμβατικός		Υψηλής Δυναμικότητας	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Διάμετρος Σώματος D/D	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ύψος Στομίου Εισόδου H/D	0.5	0.44	0.5	0.5	0.75	0.8
Πλάτος Στομίου Εισόδου W/D	0.2	0.21	0.25	0.25	0.375	0.35
Διάμετρος Εξόδου Αερίου D_e/D	0.5	0.4	0.5	0.5	0.75	0.75
Μήκος Ανιχνευτή Δίνης S/D	0.5	0.5	0.625	0.6	0.875	0.85
Μήκος Σώματος L_b/D	1.5	1.4	2.0	1.75	1.5	1.7
Μήκος Κώνου L_c/D	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0
Διάμ. Εξόδου Σωματιδίων D_d/D	0.375	0.4	0.25	0.4	0.375	0.4

Οι στήλες (1) και (5) προσαρμόστηκαν από τον Stairmand, 1951· οι στήλες (2), (4) και προσαρμόστηκαν από τον Swift, 1969· η στήλη (3) προσαρμόστηκε από τον Lapple, 1951.

Θεωρώντας κυκλώνα τύπου 3, έχουμε:

$H=0,5 \cdot D$ $\quad D_e=0,5 \cdot D$ $\quad W=0,25 \cdot D$ $\quad L_b= 2 \cdot D$ $\quad L_c=2 \cdot D$

Έστω ότι D=1m

Τότε θα έχουμε: H=0,5m , De=0,5 m, W=0,25 m, L_b=2 m, L_c=2 m

Εφαρμόζοντας κατάλληλα τις προαναφερθείσες σχέσεις υπολογίζονταοι οι εξής παράμετροι:

- ταχύτητα εισαγωγής: $V_i = \frac{Q}{HW} = \frac{120m^3/\min}{0{,}5m \cdot 0{,}25m} = 960\ \frac{m}{min}$

- αριθμός στροφών: $Ne = \frac{1}{H} \cdot \left[L_b + \frac{L_c}{2}\right] = \frac{1}{0{,}5m} \cdot [2m + 1m] = 6$

- Η διάμετρος των σωματιδίων (d_{pc}) που συλλέχθηκαν με 50% απόδοση: $d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot W}{2 \cdot \pi \cdot N_e \cdot V_i \cdot (\rho_p - \rho_g)}\right]^{1/2}$

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \left(0{,}07\frac{kg}{m \cdot h}\right) \cdot 0{,}25m}{2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 960\frac{m}{min} \cdot 60\frac{min}{h}\left(1500\frac{kg}{m^3} - 1\frac{kg}{m^3}\right)}\right]^{1/2} = 6{,}95 \cdot 10^{-6}m = 6{,}9\ \mu m$$

Οπότε υπολογίζεται το κλάσμα d_{pj}/d_{pc} και συμπληρώνεται κατάλληλα ο πίνακας.

Περαιτέρω, υπολογίζεται η επιμέρους απόδοση συλλογής σωματιδίων βάσει της σχέσης:

$$n_j = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{pc}}{dp_j}\right)^2}$$

j	*d_{pj}*	*d_{Pj}/d_{Pc}*	*nj*	*mj*	*ni·mj*
1	1	0,144	0,02	2	0,04%
2	3	0,432	0,16	18	1,28%
3	7	1,01	0,505	30	15,15%
4	15	2,16	0.824	30	24,72%
5	30	4,32	0,95	15	14,25%
6	70	10,07	0.99	4	3,96%
7	100	14,38	0.9952	1	0,9952%
				Σύνολο	60,4%

Επομένως

$n_1 = \frac{1}{1+\left(\frac{1}{0{,}144}\right)^2} = 0{,}02$

$n_2 = \cdots = 0{,}16$

$n_3 = \cdots$

Εφόσον η συνολική απόδοση είναι n_o=60,4%, θα πρέπει να γίνει μία νέα παραδοχή για το D.

Έστω ότι D=0,8m ((D↓ → n_o↑), τότε έχουμε: H=0,4 m, W=0,2 m, D_e=0,4 m, L_b=1,6 m, L_c=1,6 m

Εφαρμόζοντας κατάλληλα τις προαναφερθείσες σχέσεις υπολογίζονται οι οι εξής παράμετροι:

- ταχύτητα εισαγωγής: $V_i = \frac{Q}{HW} = \frac{120m^3/\min}{0{,}4m \cdot 0{,}2m} = 1500\ \frac{m}{min}$

- αριθμός στροφών: $Ne = \frac{1}{H} \cdot \left[L_b + \frac{L_c}{2}\right] = \frac{1}{0{,}4m} \cdot [1{,}6m + 0{,}8m] = 6$

- Η διάμετρος των σωματιδίων (d_{pc}) που συλλέχθηκαν με 50% απόδοση: $d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot W}{2 \cdot \pi \cdot N_e \cdot V_i \cdot (\rho_p - \rho_g)}\right]^{1/2}$

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \left(0{,}07\,\frac{kg}{m \cdot h}\right) \cdot 0{,}2m}{2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 1500\,\frac{m}{min} \cdot 60\,\frac{min}{h}\left(1500\,\frac{kg}{m^3} - 1\,\frac{kg}{m^3}\right)}\right]^{1/2} = 4{,}98 \cdot 10^{-6}m = 4{,}98\ \mu m$$

Οπότε υπολογίζεται το κλάσμα dp_j/d_{pc} και συμπληρώνεται κατάλληλα ο πίνακας (ξανά). Περαιτέρω, υπολογίζεται η επιμέρους απόδοση συλλογής σωματιδίων βάσει της σχέσης:

$$n_j = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{pc}}{dp_j}\right)^2}$$

Επομένως

$n_1 = \frac{1}{1+\left(\frac{1}{0{,}2}\right)^2} = 0{,}0385$

$n_2 = \cdots = 0{,}27$

$n_3 = \cdots$

j	*Εύρος Μεγέθους Σωματιδίου, μm*	*dp_j, μm*	*dp_j/d_{pc}*	*nj*	*mj*	*nj·mj*
1	0-2	1	0,2	0,44	2	0,08%
2	2-4	3	0,6	0,27	18	4,80%
3	4-10	7	1,4	0,66	30	19,93%
4	10-20	15	3,01	0,90	30	27,02%
5	20-40	30	6,03	0,97	15	14,60%
6	40-100	70	14,06	0,99	4	3,98%
7	>100	100	20,09	1	1	1%
					Σύνολο	71,4%

Οπότε καλύπτεται ο περιορισμός ελάχιστη απόδοσης συλλογής n_o>70%

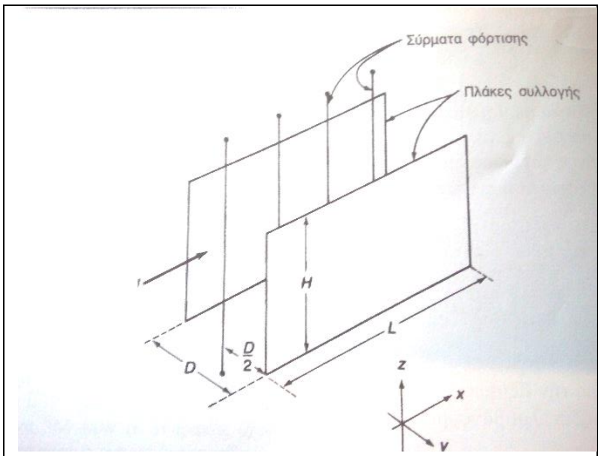
$$H_u = K \cdot \frac{H \cdot W}{D_e^2} = 14 \cdot \frac{(0{,}4m)\cdot(0{,}2m)}{(0{,}5m)^2} = 7$$

$$\Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho_g \cdot V_i^2 \cdot H_u = \frac{1}{2} \cdot 1{,}01 \frac{kg}{m^3} \cdot 1500 \frac{m^2}{min} \cdot \frac{min}{60\, s^2} \cdot 7 = 2187{,}5 Pa$$

Οπότε, δε ξεπερνιέται η μέγιστη επιτρεπόμενη ΔP= 3000 Pa

<u>Άσκηση 4</u>

Υπολογίστε το συνολικό πλάτος, μήκος και ύψος ενός ESP απόδοσης 99% που μπορεί να επεξεργαστεί αέριο ρεύμα με παροχή 20000 m^3/min. Για το ESP μια συνολική επιφάνεια συλλογής A=14000 m^2. Για τους υπολογισμούς σας να χρησιμοποιηθούν οι τυπικές τιμές για το H, D, u_i και το R



Παράμετρος	Τυπικές τιμές
Οριακή ταχύτητα κίνησης των σωματιδίων $v_{p,op}$	1 – 10 m/min
Πλάτος καναλιού d	15 – 40 cm
Ειδική επιφάνεια συλλογής (επιφάνεια πλάκας/ρυθμό ροής αερίου)	0,25–2,1 $m^2/(m^3/min)$
Ταχύτητα αερίου v	1,2 – 2,5 m/s
Διαστάσεις καναλιού (συνολικό μήκος/ύψος καναλιού) R	0,5–1,5 (>1 για n > 99%)
Λόγος ισχύος της κορώνας P_c/Q (ισχύς κορώνας/ρυθμό ροής αερίου)	1,75–17,5 $W/(m^3/min)$
Λόγος έντασης ρεύματος της κορώνας I_c/A (ένταση ρεύματος κορώνας/επιφάνεια πλάκας)	50 – 750 μA/m^2
Πυκνότητα ισχύος ως προς την ικανότητα αντίστασης (ohm-cm) της τέφρας:	
<u>Ικανότητα αντίστασης τέφρας (ohm-cm)</u>	<u>Πυκνότητα ισχύος (W/m^2)</u>
10^4 - 10^7	43
10^7 - 10^8	32
10^9 - 10^{10}	27
10^{11}	22
10^{12}	16
10^{13}	10,8
Επιφάνεια πλάκας ανά ηλεκτρικό τμήμα A_S	460 – 7400 m^2
Πλήθος ηλεκτρικών τμημάτων N_S	
α. Στην διεύθυνση της ροής του αερίου	2 – 8
β. Συνολικά	1–10τμήματα / (1000m^3/mi

Σύμφωνα με τον πίνακα και την διαθέσιμη βιβλιογραφία, οι διαθέσιμες πλάκες για μεγάλα ESP στο εμπόριο έχουν τυπικές τιμές H (:6-12 m), D (:15-40 cm), u_i (:70 -150 m/min), R (:1-1,5), L_p (:1-4m).

<u>ΛΥΣΗ</u>

Υποθέτουμε H=12m, D= 25cm, u_i=100 m/min, Lp=3m και R=1 .

- Ο αριθμός των αγωγών του ESP συσχετίζεται με την παροχή αερίου, την γραμμική ταχύτητα του αερίου και τη γεωμετρία του αγωγού μέσω της σχέσης: $N_d = \frac{Q}{u \cdot D \cdot H}$

  Όπου,

  N_d: Αριθμός αγωγών
  Q: Συνολική ογκομετρική παροχή αερίου μέσα στο ESP,m^3/min
  u: Γραμμική ταχύτητα του αερίου στο ESP, m/min

D: Πλάτος καναλιού, m
H: Ύψος πλάκας,m

$$N_d = \frac{Q}{u \cdot D \cdot H} = \frac{20000\,\frac{m^3}{min}}{100\,\frac{m}{min} \cdot 0.25\,m \cdot 12\,m} = 67\ αγωγοί$$

- Ο αριθμός των ηλεκτρικών τμημάτων στη διεύθυνση ροής του αερίου ρεύματος μπορεί να υπολογιστ3ί από τη σχέση: $N_s = \frac{R \cdot H}{L_p}$

  Όπου,

  N_s: αριθμός των ηλεκτρικών τμημάτων στη διεύθυνση ροής
  R: αναλογία διαστάσεων (συνολικό μήκος πλακών/ ύψος πλάκας)

  $$N_s = \frac{R \cdot H}{L_p} = \frac{1 \cdot 12m}{3\,m} = 4\ τμήματα$$

- Η πραγματική επιφάνεια συλλογής μπορεί να υπολογιστεί ως:

  $$A_a = 2 \cdot H \cdot L_p \cdot N_s \cdot N_d$$

  Όπου,

  Αα: πραγματική επιφάνεια συλλογής, m^2

  $$A_a = 2 \cdot H \cdot L_p \cdot N_s \cdot N_d = 2 \cdot 12m \cdot 3m \cdot 4 \cdot 67 = 19296\ m^2$$

  Ωστόσο, 19296 m^2 είναι υπερβολικά υψηλότερα από τα απαιτούμενα 14000 m^2. Στην περίπτωση αυτή ,φαίνεται καλύτερη επιλογή να αλλάξει το μέγεθος της πλάκας. Επειδή για αυτή την υψηλή απόδοση ο λόγος διαστάσεων (R) πρέπει να παραμείνει πάνω από την τιμή 1 ,δοκιμάζουμε μια πλάκα με ύψος H=8 *m*

Νέα υπόθεση: H=8 m, D= 0,25 m, u_i=100 m/min, L_p=3m και R=1 .

- $N_d = \frac{Q}{u \cdot D \cdot H} = \frac{20000\,\frac{m^3}{min}}{100\,\frac{m}{min} \cdot 0.25\,m \cdot 8\,m} = 100\ αγωγοί$
- $N_s = \frac{R \cdot H}{L_p} = \frac{1 \cdot 8m}{3\,m} \cong 3\ τμήματα$
- $A_a = 2 \cdot H \cdot L_p \cdot N_s \cdot N_d = 2 \cdot 8m \cdot 3m \cdot 3 \cdot 100 = 14400\ m^2$

Στη συνέχεια ελέγχουμε τις υπόλοιπες παραμέτρους σχεδιασμού:

- Ειδική επιφάνεια συλλογής = $\frac{14400 m^2}{20000 \frac{m^3}{min}} = 0{,}72\,\frac{m^2}{m^3/min}$

- Επιφάνεια πλάκας ανά ηλεκτρική ομάδα=$\frac{14400 m^2}{3} = 4800\ m^2$

<u>Άσκηση 5</u>

Από τα ακόλουθα πειραματικά δεδομένα εκτιμήστε τις τιμές των K_s και K_e για μοντέλο αντίστασης φίλτρου.

- Φορτίο σκόνης ασβεστόλιθου (L) : $1g/m^3$
- Επιφάνεια υφάσματος (A): 1 m^2
- Παροχή αέρα (Q): 0,8 m^3/min

Χρόνος, min	5	10	15	20	25	30
ΔP φίλτρου, Pa	330	490	550	600	640	700

ΛΥΣΗ

Η επιφανειακή ταχύτητα διήθησης, V_f, είναι ίση με την ογκομετρική παροχή του αερίου διαιρεμένη με την επιφάνεια του υφάσματος, δηλαδή:

$V_f = \frac{Q}{A}$

Όπου,

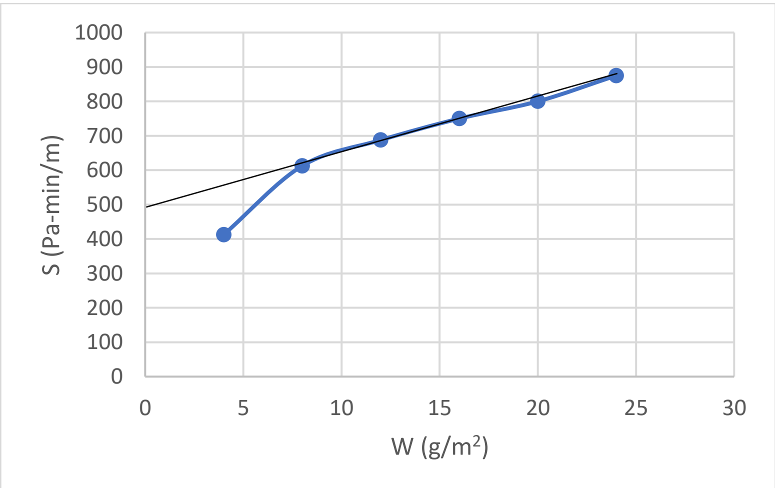
Q: ογκομετρική παροχή του αερίου, m^3/min
A: επιφάνεια υφάσματος, m^2

Εδώ έχουμε, $V_f = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}8\ m^3/min}{1\ m^2} = 0{,}8\frac{m}{min}$

Αρχικά, θα δημιουργήσουμε ένα πίνακα με τις τιμές της αντίστασης του φίλτρου (S) και της τοπικής πυκνότητας σκόνης υφάσματος (W).

ΔP φίλτρου, Pa	Χρόνος, min	$S = \frac{\Delta P}{V_f}$ σε $\frac{Pa \cdot min}{m}$	$W = L \cdot V_f \cdot t$ σε g/m^2
330	5	412,5 (=330/0,8)	4
490	10	612,5	8
550	15	687,5	12
600	20	750	16
640	25	800	20
700	30	875	24

Στην συνέχεια φτιάχνουμε το διάγραμμα S=f(W). Από το διάγραμμα προκύπτει η εξίσωση της καλύτερης ευθείας y=16x+490 που αντιστοιχεί με το μοντέλο υπολογισμού της αντίστασης του φίλτρου (: $S = K_e + K_s * W$).



Οπότε έχουμε K_s= 16 Pa·min·m/g και K_e=490 Pa·min/m

β) Με τα παραπάνω δεδομένα να σχεδιαστεί ένα σακόφιλτρο με μηχανική δόνηση για το φιλτράρισμα αέρα με παροχή 4000 m^3/min και φορτίο σκόνης ασβεστόλιθου 1,5 g/m^3. Υποθέστε ότι ο χρόνος καθαρισμού για ένα διαμέρισμα είναι 3 min και πτώση πίεσης ΔP=2000 Pa. Στο σχεδιασμό σας να καθοριστεί η ταχύτητας διήθησης (V_f), ο αριθμός διαμερισμάτων, η επιφάνεια υφάσματος ανά διαμέρισμα και ο χρόνος διήθησης t_f.

- <u>Υπολογισμός ταχύτητας διήθησης:</u> Από πίνακα προκύπτει ότι η μέγιστη δυνατή ταχύτητα διήθησης για σκόνη ασβεστόλιθου είναι: V_f=2,75 ft/min ή 0,84m/min

...ταχύτητες Διήθησης για Διάφορες Σκόνες σε Σακόφιλτρα με
...χανική Δόνηση και Ρεύμα Αέρα Αντίθετου Ροής

Σκόνες	Μέγιστη Ταχύτητα Διήθησης, cfm/ft² ή ft/min
Ενεργοποιημένος Ξυλάνθρακας, Μαύρος Άνθρακας, Απορρυπαντικά, Ατμοί Μετάλλων	1.50
Οξείδιο του Αλουμινίου, Άνθρακας, Λιπάσματα, Γραφίτης, Μετάλλευμα Σιδήρου, Οξείδιο του Ασβεστίου, Χρώματα, Ιπτάμενη Τέφρα, Χρωστικές Ουσίες	2.0
Αργίλιο, Άργιλος, Κώκ, Ξυλάνθρακας, Κακάο, Οξείδιο του Μολύβδου, Μαρμαρυγία, Σαπούνι, Ζάχαρη, Τάλκης	2.25
Βωξίτης, Κεραμικά, Ορυκτό Χρώμιο, Άστριος, Αλεύρι, Πυρόλιθος, Γυαλί, Γύψος, Πλαστικά, Τσιμέντο	2.50
Αμίαντος, Ασβεστόλιθος, Χαλαζίας, Διοξείδιο του Πυριτίου,	2.75
Φελλός, Ζωοτροφές και Δημητριακά, Μάρμαρο, Κέλυφος Οστρέων, Αλάτι	3.0-3.2
Δέρμα, Χαρτί, Καπνός, Ξύλο	3.50

Προσαρμοσμένο από Danielson, 1973· Turner et al., 1987(a).

- <u>Υπολογισμός αριθμού διαμερισμάτων:</u> Εφόσον η μέγιστη ταχύτητα διήθησης είναι : V_f= 0,84m/min, τότε $A = \frac{Q}{V_f} = \frac{4000\,\frac{m^3}{min}}{0{,}84\,\frac{m}{min}} = 4762\ m^2$.

Αριθμός διαμερισμάτων συναρτήσει της καθαρής επιφάνειας υφάσματος

Καθαρή επιφάνεια υφάσματος (m^2)	Αριθμός διαμερισμάτων
0,1 – 400	2
400 – 1.100	3
1.100 – 2.300	4 - 5
2.300 – 3.700	6 - 7
3.700 – 5.600	8 - 10
5.600 – 7.400	11 - 13
7.400 – 10.200	14 - 16
10.200 – 13.900	17 - 20
> 13.900	> 20

Σημείωση: Η καθαρή επιφάνεια υφάσματος ισούται με τον λόγο της ογκομετρικής παροχής προς την ταχύτητα φιλτραρίσματος και αντιστοιχεί σε εκείνα τα τμήματα της επιφάνειας των φίλτρων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά, με εξαίρεση αυτά που δεν λειτουργούν λόγω συντήρησης.

Οπότε από πίνακα παραπάνω, ο συνολικός αριθμός διαμερισμάτων (N) είναι 10 και ο αριθμός ενεργών διαμερισμάτων είναι 9 (N-1=9)

- Υπολογισμός επιφάνειαw υφάσματος ανά διαμέρισμα, A_c: Η ταχύτητα σχεδιασμού V_f πρακτικά συμπίπτει με την ταχύτητα διήθησης από τα επιμέρους διαμερίσματα του φίλτρου:
- $V_N = \frac{Q}{N \cdot A_c} \Rightarrow A_c = \frac{Q}{N \cdot V_N} = \frac{4000\frac{m^3}{min}}{0{,}84\frac{m}{min} \cdot 10} = 476\, m^2$ ή $5135 ft^2$
- Υπολογισμός του χρόνου διήθησης t_f: Ο χρόνος διήθησης είναι ο χρόνος που παρέρχεται από τη στιγμή που ένα διαμέρισμα επιστρέφει σε λειτουργία μέχρι ότου το ίδιο διαμέρισμα απομονωθεί και πάλι για καθαρισμό. Ο χρόνος t_f σχετίζεται με τους χρόνους λειτουργίας και καθαρισμού υπολογίζεται από τη σχέση: $t_f = N \cdot (t_r + t_c) - t_c$

  Όπου t_r: χρόνος λειτουργίας, t_c: χρόνος καθαρισμού

Ωστόσο, αξιοποιώντας τις σχέσεις που αναφέρονται στην αντίσταση του φίλτρου (S) και τη τοπική πυκνότητας σκόνης υφάσματος (W) έχουμε:

- $S = \frac{\Delta P}{V_f} = \frac{2000\, Pa}{0{,}84\frac{m}{min}} = 2381\, \frac{Pa \cdot min}{m}$
- Γνωρίζοντας (από το προηγούμενο ερώτημα) ότι K_s= 16 Pa·min·m/g και K_e=490 Pa·min/m, τότε το μοντέλο υπολογισμού της αντίστασης του φίλτρου (: $S = K_e + K_s * W$), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί η τοπική πυκνότητα σκόνης υφάσματος (W).Δηλαδή:

$$W = \frac{(S - K_e)}{K_s} = \frac{\left(2381\frac{Pa \cdot min}{m} - 490\frac{Pa \cdot min}{m}\right)}{16\frac{Pa \cdot min \cdot m}{g}} = 118{,}2\, \frac{g}{m^2}$$

Επίσης

$$W = L \cdot V_f \cdot t_r \Rightarrow t_r = \frac{W}{(L \cdot V_f)} = \frac{118{,}2\,\frac{g}{m^2}}{\left(1{,}5\frac{g}{m^3} \cdot 0{,}84\frac{m}{min}\right)} = 93{,}8\, min$$

Όπου t_r είναι ο χρόνος λειτουργίας του φίλτρου. Επίσης ο χρόνος καθαρισμού t_c=3 min

$$t_f = N \cdot (t_r + t_c) - t_c = 10 \cdot (96.8\, min) - 93.8 min = 874.2 min$$