



Εργασία για το μάθημα:

Προσομοίωση Πολυφασικών Ροών

Θέμα : Ρευστοδυναμική μεταφορά

(Ανάλυση πνευματικής μεταφοράς άμμου
από συλλέκτη σε αποθήκη – σιλό)

Πάτρα 2014

Θεωρία – Δεδομένα

Με τον όρο ρευστοδυναμική μεταφορά χαρακτηρίζεται η δυνατότητα μεταφοράς στερεών υλών με την βοήθεια της ροής των ρευστών. Διακρίνεται η υδραυλική από την πνευματική μεταφορά ανάλογα αν η κατάλληλα τεμαχισμένη στερεά ύλη μεταφέρεται ανακατεμένη σε ροή υγρών η αερίων.

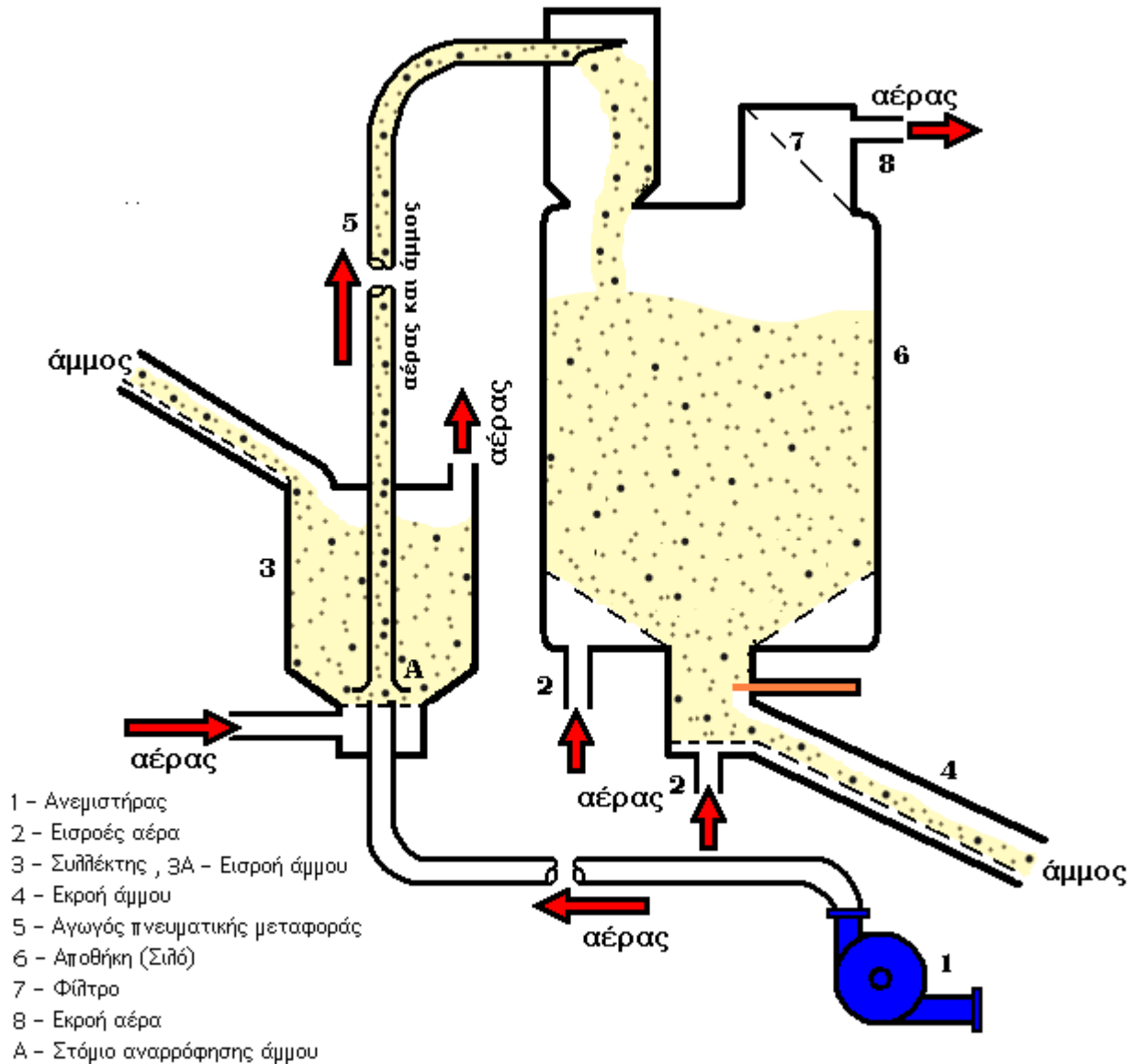
Στις τεχνικές εφαρμογές ρευστομεταφορά γίνεται συνήθως σε κλειστούς αγωγούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο κατακόρυφος αγωγός 5 στην εγκατάσταση του σχήματος 1, ο οποίος μεταφέρει άμμο από το συλλέκτη 3 στην αποθήκη (σιλό) 6 με την βοήθεια ροής αέρα που παροχετεύει ο ανεμιστήρας 1. Με τον αγωγό 2Α παροχετεύεται επίσης αέρας που “χαλαρώνει” την άμμο στο συλλέκτη ώστε να μπορεί να αναρροφείται ευκολότερα από το στόμιο Α του αγωγού πνευματικής μεταφοράς. Με την επίδραση του βάρους της η άμμος πέφτει στο σιλό ενώ ο αέρας περνάει το φίλτρο 7, καθαρίζεται και βγαίνει από το σιλό. Η άμμος μεταφέρεται από το σιλό πάλι με σύστημα πνευματικής μεταφοράς με τον εξής τρόπο: Από τα δύο στόμια 2 εισρέει αέρας (π.χ. μέρος της παροχής του ανεμιστήρα 1) που “χαλαρώνει” η “ρευστοποιεί” την άμμο για να γλιστράει στις κεκλιμένες επιφάνειες του πυθμένα του σιλό και του αγωγού 4.

Στην περίπτωση της εγκατάστασης του σχήματος 1 πρέπει να βρεθεί το σημείο λειτουργίας με την ελάχιστη απαιτούμενη κατανάλωση ισχύος στον ανεμιστήρα 1. Για το καμπύλο τμήμα στο τέλος του αγωγού, για την ροή του αέρα μέχρι το φίλτρο και μέσα από αυτό μπορούν να θεωρηθούν οι απώλειες πίεσης σταθερές και ίσες με $\Delta p_{ZA} = 1000 \text{ N/m}^2$. Δίνονται επίσης:

Παροχή άμμου	$m_s = 3000 \text{ kg/h}$
Πυκνότητα άμμου	$\rho_s = 2420 \text{ kg/m}^3$
Μέγεθος κόκκων άμμου	$d_s = 1 \text{ mm}$
Μήκος κατακόρυφου αγωγού	$\ell = 10 \text{ m}$
Συντελεστής τριβής αέρα – αγωγού	$\lambda_f = 0.02 = \text{const.}$
Πυκνότητα αέρα	$\rho_f = 1.23 \text{ kg/m}^3$
Βαθμός απόδοσης ανεμιστήρα	$\eta = 0.7$

Η απώλεια πίεσης σε αγωγούς πνευματικής μεταφοράς όπως στην προκείμενη περίπτωση δίνεται με την σχέση:

$$\Delta p = \Delta p_{fR} + \Delta p_{SG} + \Delta p_{SR} + \Delta p_{SB} \quad (1.1)$$



Σχήμα 1 : Εγκατάσταση πνευματικής μεταφοράς άμμου.

Όπου:

$\Delta_{P_{fR}} = \lambda_f \cdot \Delta l / d \cdot \rho_f \cdot u_f^2 / 2 :$ η πτώση πίεσης λόγω τριβής του σκέτου αέρα με τον αγωγό.

$\Delta_{P_{SG}} = \mu_m \cdot \rho_f \cdot g \cdot \Delta l \cdot u / c :$ η πτώση πίεσης που αντιστοιχεί στην ενέργεια που καταναλώνει η εγκάρσια (προς την διεύθυνση της ροής) κίνηση των σωματιδίων.

$\Delta_{P_{SR}} = \mu_m \cdot \lambda_z \cdot u \cdot c \cdot \rho_f / 2 \cdot \Delta l / d :$ η πτώση πίεσης από την ροϊκή αντίσταση των σωματιδίων.

$\Delta_{P_{SB}} = \mu_m \cdot \rho_f \cdot u \cdot c :$ η πτώση πίεσης λόγω της επιτάχυνσης των σωματιδίων.

Όπου :

υ η ταχύτητα του ρευστού, c η απόλυτη ταχύτητα της στερεής ύλης που είναι:

$$c = u - W_{so} \quad (1.2)$$

με W_{so} την ταχύτητα ελεύθερης πτώσης του σωματιδίου ένεκα της μεγαλύτερης πυκνότητας του στην ήρεμη ατμόσφαιρα, $\lambda_z = 0.007 = \text{σταθ.}$ ο συντελεστής τριβής των σωματιδίων (που αντιστοιχεί στο συντελεστή αντίστασής τους), μ_m ο λόγος μίξης, δηλ. ο λόγος των παροχών μαζών του μίγματος

$$\mu_m = \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_f} \quad (1.3)$$

με \dot{m}_s και \dot{m}_f οι παροχές μάζας άμμου και αέρα αντίστοιχα. Εδώ είναι $\mu_m = 10$.

Η ταχύτητα ελεύθερης πτώσης W_{so} για σφαιρικά σωματίδια δίνεται από τη σχέση:

$$W_{so} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{d_s}{c_D} \cdot \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \cdot g} \quad (1.4)$$

με c_D τον συντελεστή αντίστασης

$$c_D = 0,4 + \frac{26}{Re^{0,8}} \quad (1.5)$$

$$\text{στην περιοχή του αριθμού Reynolds} \quad 0,1 < W_{so} \cdot d_s / \nu_f < 10^5 \quad (1.6)$$

όπου ν_f το κινηματικό ιξώδες του αέρα σε τεχνικές καταστατικές συνθήκες. Ο υπολογισμός της εγκατάστασης διευκολύνεται αν για την ταχύτητα υ του ρευστού χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$u = 4/\pi \cdot \dot{m}_s / \rho_f \cdot 1/\mu_m \cdot d^2 \quad (1.7)$$

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το άθροισμα των $\Delta_{P_{fR}}, \Delta_{P_{SG}}, \Delta_{P_{SR}}, \Delta_{P_{SB}}, \Delta_{r_{ZA}}$ αποτελεί το

$$\Delta_{P_{\sigma\tau}} = \Delta_{P_{fR}} + \Delta_{P_{SG}} + \Delta_{P_{SR}} + \Delta_{P_{SB}} + \Delta_{r_{ZA}} \quad (1.8)$$

δηλ. το άθροισμα όλων των όρων της πτώσης της στατικής πίεσης, ενώ η πτώση της δυναμικής πίεσης υπολογίζεται από το τύπο

$$\Delta_{Pd} = \rho_f \cdot u^2 / 2 \quad (1.9)$$

και η πτώση της ολικής πίεσης δίνεται από τη σχέση

$$\Delta p_{tot} = \Delta p_{\sigma\tau} + \Delta p_d \quad (1.10)$$

Η ισχύς του ανεμιστήρα υπολογίζεται από τη σχέση

$$P = \Delta p_{tot} \cdot Q_{tot} / \eta \quad (1.11)$$

με $Q_{tot} = \dot{m}_f / \rho_f$ την παροχή όγκου του αέρα και η το βαθμό απόδοσης του ανεμιστήρα, ενώ η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα λαμβάνεται κατά 20% μεγαλύτερη από αυτή του ανεμιστήρα.

Με τα παραπάνω δεδομένα ζητούνται:

1. Η ταχύτητα του αέρα u , η διάμετρος d και η απώλεια πίεσης Δp του κατακόρυφου αγωγού για το σημείο λειτουργίας με την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ P_{\min} που απαιτείται για την πνευματική μεταφορά (για τον σκοπό αυτό να χρησιμοποιηθεί πίνακας με πιο αναλυτικές τιμές, όπως ενδεικτικά δίνεται στο υπόδειγμα – σχήμα 2) και το αποτέλεσμα να παρασταθεί γραφικά και να προσδιοριστεί το βέλτιστο σημείο λειτουργίας.
2. Να αποδειχθεί η σχ.(1.4) και να βρεθεί η τιμή της ταχύτητας ελεύθερης πτώσης W_{50} .
3. Να αποδειχθεί η σχ.(1.7).
4. Να βρεθεί το μέγεθος (μανομετρικό, παροχή, ισχύς) του ανεμιστήρα και ο απαιτούμενος ηλεκτροκινητήρας (ισχύς) αν ληφθεί υπόψη ότι μεταξύ στομίου κατάθλιψης και του στομίου εκροής στο Α μεσολαβεί αγωγός τετραγωνικής διατομής, ίσης προς αυτή του κατακόρυφου αγωγού, μήκους 10 m με τραχύτητα τοιχωμάτων 0.2 mm, ότι ο αγωγός αυτός περιλαμβάνει τρεις καμπυλότητες με $\zeta = 0.2$ η καθεμία και μία δικλείδα με $\zeta = 1.2$, και ότι 20% της συνολικής παροχής που κυκλοφορεί στον αγωγό αυτό χρησιμοποιούνται για την ρευστοποίηση της άμμου, δηλ. μέσω κατάλληλης διακλάδωσης στο τέλος του αγωγού εισάγεται στους αγωγούς 2 και 2A, και το υπόλοιπο 80% της παροχής τροφοδοτείται στον κατακόρυφο αγωγό για την πνευματική μεταφορά της άμμου.

d	m	σχέση	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
u	m/s						
c	m/s						
Δp_{fR}	N/m ²						
Δp_{sG}	N/m ²						
Δp_{sR}	N/m ²						
Δp_{sB}	N/m ²						
Δp_{ZA}	N/m ²						
$\Delta p_{στ}$	N/m ²						
Δp_d	N/m ²						
Δp_{tot}	N/m ²						
P	W						

Σχήμα 2. Υπόδειγμα πίνακα για υπολογισμό βέλτιστου σημείου λειτουργίας.