

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

- Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Καθηγητή και Εισηγητή μας Κουριδάκη Εμμανουήλ για την βοήθεια που μας προσέφερε στην πορεία μας στο Ίδρυμα και ειδικά για την μεγάλη βοήθεια του για να ολοκληρώσουμε την πτυχιακή μας.
- Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλο το εκπαιδευτικό προσωπικό του Α.Τ.Ε.Ι. για την βοήθεια τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μας.
- Και τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την βιοτεχνία κατασκευής και επισκευής εξαρτημάτων και λοιπόν μηχανημάτων Μαυράκης Ευαγ. Γεώργιος για την βοήθεια τους στην κατασκευή της τράπεζας.

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	4
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ	4
1.1.1 Διάκριση μεταξύ στέρεου και υγρού	5
1.1.2 Διάκριση μεταξύ αερίου και υγρού	6
1.1.3 Πυκνότητα, ειδικό βάρος, ειδικός όγκος και σχετική πυκνότητα	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	9
2.1 Είδη ροών.....	9
2.1.1 Στρωτή και τυρβώδης ροή	10
2.1.2 Κρίσιμος αριθμός Reynolds.....	12
2.1.3 Μόνιμη ασυμπίεστη ροή σε αγωγούς πίεσης.....	13
2.2 Πιεζομετρική γραμμή και γραμμή ενέργειας.....	15
2.3 Εξίσωση Bernoulli	16
3.1 Συμπιεστά και ασυμπιεστά ρευστά.....	17
3.2 Συμπιεστότητα των υγρών.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	20
4.1 Τι είναι ο αέρας ;.....	20
4.2 Ιδιότητες του αέρα	21
4.3 Γενικοί νόμοι αερίων	23
4.4 Γενικά περί ροής	24
4.5 Ονοματολογία των διαφόρων πιέσεων και ο μεταξύ τους συσχετισμός.....	25
4.6 Όργανα ένδειξης πίεσης (Μανόμετρα Pressure gauges)	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	29
5.1 Κέντρο παραγωγής πεπιεσμένου αέρα	29
5.2 Παραγωγή πεπιεσμένου αέρα	29
5.3 Κύριοι τύποι αεροσυμπιεστών.....	30
5.5 Κριτήρια επιλογής αεροσυμπιεστών.....	36
5.6 Αεροφυλάκιο.....	40
5.7 Ξηραντήρες πεπιεσμένου αέρα(Dryers)	44
5.8 Σύστημα σωλήνων δικτύου αέρος	49
5.9 Προπαρασκευή του αέρα στη θέση εργασίας.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	56
6.1 Γενικά.....	56
6.2 Κύλινδροι απλής ενέργειας (Single-acting cylinder).....	56
6.3 Κύλινδροι διπλής ενέργειας (Double-acting cylinder)	58
6.4 Κύλινδρος διπλής ενέργειας με διπλό βάκτρο(Cylinder with double – sided piston rod)	59
8.6 Κύλινδρος πολλαπλών θέσεων(Multi-position cylinder)	60
8.7 Τηλεσκοπικός κύλινδρος απλής ενέργειας (Single – acting telescopic cylinder).....	61
6.8 Τηλεσκοπικός κύλινδρος διπλής ενέργειας (Double – acting telescopic cylinder)	61
6.9 Κύλινδρος με εσωτερική διάταξη επιβράδυνσης(cushion)	62
6.10 Υπολογιστικά δεδομένα κυλίνδρων.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο	64
7.1 Περιγραφή.....	64
7.2 Σχεδιαστικά δεδομένα βαλβίδων διεύθυνσης ροής	64
7.3 Χαρακτηρισμός θέσης ηρεμίας και αρχικής θέσης των βαλβίδων.....	68
7.4 Άμεσος έλεγχος (direct control operation) ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας....	70

7.5 Έμμεσος έλεγχος (indirect control operation) ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας	71
7.6 Έλεγχος ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας	72
7.7 Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 5/2 πνευματικά ελεγχόμενη και από τις δυο πλευρές (memory valve).....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο	74
8.1 Γενικά:	74
8.2 Επιλογή του μεγέθους της κύριας βαλβίδας	75
8.3 Ρύθμιση ροής	76
8.4 Εφαρμογές των βαλβίδων ελέγχου ροής	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ^ο	79
9.1 ΓΕΝΙΚΑ:.....	79
9.2 Βαλβίδες ασφάλειας ή ανακούφισης πίεσης (safety or pressure relief valves)... ..	79
9.3 Βαλβίδες ρύθμισης ή μείωσης πίεσης (Pressure regulating or reducing valves). ..	80
9.4 Βαλβίδες διαδοχικής δράσης (sequence valves).....	81
A.1 Υπολογισμός συνεχών απωλειών από την σχέση του Darcy	83
A.2 Υπολογισμός συντελεστού τοπικών απωλειών συγκεκριμένου γωνιακού εξαρτήματος.....	84
A.3 Υπολογισμός απωλειών υπό κλίση	85

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

Αναμφίβολα θα έχετε παρατηρήσει την κίνηση που κάνουν τα σύννεφα στην ατμόσφαιρα, το φτερούγισμα των πτηνών στον αέρα, τη ροή του νερού στα ποτάμια και το «σπάσιμο» των κυμάτων στα βράχια των ακτών.

Φαινόμενα μηχανικής ρευστών περιλαμβάνονται σε όλες αυτές τις περιπτώσεις. Στα ρευστά κατατάσσονται τα αέρια και τα υγρά, με πιο γνωστά στοιχεία τον αέρα και το νερό. Μερικοί από τους πιο γνωστούς τομείς της ζωής μας όπου εμπλέκεται η μηχανική ρευστών είναι η ροή σε σωλήνες και ανοιχτούς αγωγούς, οι κινήσεις του αέρα και του αίματος στο σώμα μας, η αντίσταση του αέρα γνωστή ως οπισθέλξη, η άσκηση αναποπείσης στα κτίρια, η κίνηση βλημάτων, βλύσεων, ωστικών κυμάτων, η λίπανση, η καύση, η άρδευση, η διήθηση, καθώς και η μετεωρολογία και η ωκεανογραφία. Οι κινήσεις της υγρασίας μέσα στα εδάφη και του πετρελαίου σε γεωλογικούς σχηματισμούς αποτελούν επίσης εφαρμογές της ρευστομηχανικής. Γνώση της μηχανικής ρευστών απαιτείται για το σχεδιασμό συστημάτων υδροδότησης, εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, φραγμάτων δικλείδων, ροόμετρων, απορροφητήρων υδραυλικών πληγμάτων και φρένων, συστημάτων αυτόματης μετάδοσης, αεροσκαφών, πλοίων, υποβρυχίων, κυματοθραυστών, μαρίνων, πυραύλων, οδηγών κίνησης δισκετών σε Η/Υ, ανεμόμυλων, στροβίλων, αντλιών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, αδρανών, τεχνητών οργάνων, και τέλος ακόμα και στοιχείων για σπορ όπως είναι μπάλες του γκολφ, τα αγωνιστικά αυτοκίνητα και τα κότερα. Είναι επομένως φανερό ότι η ζωή όλων μας επηρεάζεται από τη μηχανική ρευστών με διάφορους τρόπους. Άρα όλοι οι μηχανικοί θα πρέπει να γνωρίζουν τουλάχιστον τη βασική ρευστομηχανική.

Η μηχανική ρευστών είναι η επίσημη της μηχανικής των υγρών και των αερίων, και βασίζεται στις ίδιες θεμελιώδεις αρχές με αυτές της μηχανικής των στερεών σωμάτων. Η ρευστομηχανική είναι οπωσδήποτε δυσκολότερη, γιατί στα στερεά σώματα έχει κανείς να κάνει με χωριστά και απτά στοιχεία, ενώ στα υγρά δεν υπάρχουν χωριστά στοιχεία για να διακρίνονται.

Η ρευστομηχανική μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις κλάδους: στην υδροστατική η οποία ασχολείται με τη μελέτη της μηχανικής των ρευστών που βρίσκονται σε ηρεμία, στην κινηματική η οποία ασχολείται με ταχύτητες και γραμμές ροής χωρίς να ενδιαφέρεται για δυνάμεις ή ενέργεια και στη δυναμική των ρευστών η οποία ενδιαφέρεται για τις σχέσεις ταχυτήτων, επιταχύνσεων και δυνάμεων που ασκούνται από τα υγρά ή πάνω σε υγρά που κινούνται.

Η κλασική υδροδυναμική είναι κατά μεγάλο μέρος ένα μαθηματικό θέμα, επειδή ασχολείται με φανταστικά ιδανικά ρευστά όπου δεν εμφανίζεται τριβή. Τα

αποτελέσματα της μελέτης αυτής όπου δεν εξετάζονται όλες οι ιδιότητες των πραγματικών ρευστών, έχουν περιορισμένη πρακτική αξία. Γι' αυτό το λόγο στο παρελθόν οι μηχανικοί είχαν στραφεί στα πειράματα και από αυτά ανέπτυξαν εμπειρικούς τύπους που έδιναν απαντήσεις σε πρακτικά προβλήματα. Όταν αναφερόμαστε σε υγρά το σύνολο αυτών των γνώσεων ονομάζεται υδραυλική.

Η εμπειρική υδραυλική περιορίστηκε κυρίως στο νερό και οριοθετήθηκε σε σκοπούς.

Με τις προόδους της αεροναυτικής, της χημικής μηχανικής και της βιομηχανίας πετρελαίου, ανέκυψε η ανάγκη για μια ευρύτερη ανάπτυξη της. Αυτό έχει οδηγήσει στο συνδυασμό της κλασικής υδροδυναμικής με τη μελέτη των πραγματικών ρευστών, τόσο των υγρών όσο και των αερίων και ο συνδυασμός αποτελεί τη μηχανική ρευστών. Στη σύγχρονη μηχανική ρευστών οι θεμελιώδεις αρχές της υδροδυναμικής συνδυάζονται με τις πειραματικές τεχνικές της υδραυλικής. Τα πειραματικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επικυρώσουν τη θεωρία ή για να δώσουν πληροφορίες, συμπληρωματικά στη μαθηματική ανάλυση. Το τελικό προϊόν είναι ένα ενιαίο σώμα βασικών αρχών μηχανικής ρευστών το οποίο εφαρμόζεται για την επίλυση τεχνικών προβλημάτων ροής. Με την πρόοδο των Η/Υ κατά την διάρκεια των περασμένων 25 ετών αναπτύχθηκε ο νέος κλάδος της υπολογιστικής δυναμικής ρευστών. Σήμερα χρησιμοποιούμε διάφορους μεθόδους όπως των πεπερασμένων στοιχείων ή των συνοριακών στοιχείων για την επίλυση προχωρημένων προβλημάτων μηχανικής ρευστών.

1.1.1 Διάκριση μεταξύ στέρεου και υγρού

Τα μόρια ενός **στερεού σώματος** βρίσκονται πιο κοντά μεταξύ τους από του υγρού. Οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων ενός στερεού σώματος είναι τόσο μεγάλες που το στερεό τείνει να διατηρήσει τη μορφή του. Αυτό δεν συμβαίνει και στα υγρά, όπου οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων είναι μικρότερες. Κάθε ιδεώδες ελαστικό σώμα θα παραμορφωθεί αν σ' αυτό ασκηθεί φορτίο και μόλις αφαιρεθεί το φορτίο θα επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Ορισμένα στερεά είναι πλαστικά. Αυτά παραμορφώνονται εξαιτίας της δράσης σημαντικού φορτίου και η παραμόρφωση συνεχίζεται όσο ασκείται το φορτίο, με την παραδοχή ότι το υλικό δεν θα σπάσει. Η παραμόρφωση όταν αφαιρεθεί το φορτίο, αλλά το πλαστικό στερεό δεν επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση.

Οι διαμοριακές δυνάμεις συνοχής σε ένα ρευστό δεν είναι αρκετά μεγάλες για να συγκρατήσουν τα διάφορα σωματίδια του ρευστού μαζί. Επομένως κάθε ρευστό θα ρέει εξαιτίας της δράσης και της πιο μικρής τάσης και η ροή θα συνεχίζεται όσο θα είναι παρούσα η τάση.

1.1.2 Διάκριση μεταξύ αερίου και υγρού

Κάθε **ρευστό** μπορεί να είναι είτε **αέριο** είτε **υγρό**. Τα μόρια ενός υγρού είναι πολύ περισσότερο απομακρυσμένα μεταξύ τους από ότι τα μόρια ενός αερίου. Εξαιτίας αυτού τα αέρια είναι πολύ συμπιεστά και όταν κάθε εξωτερική πίεση εκλείπει τείνουν να εξαπλωθούν απεριόριστα. Άρα ένα αέριο βρίσκεται σε ισορροπία μόνο όταν είναι πλήρως εγκλωβισμένο σε ένα χώρο. Ένα υγρό είναι σχετικά ασυμπίεστο και αν όλη η πίεση, εκτός από την πίεση υγροποίησης εκλείψει, η συνοχή μεταξύ των μορίων τα συγκρατεί κοντά μεταξύ τους, έτσι ώστε το υγρό δεν εξαπλώνεται απεριόριστα. Επομένως, τα υγρά είναι δυνατό να έχουν ελεύθερη επιφάνεια, δηλαδή μια επιφάνεια στην οποία δεν ασκείται άλλη πίεση εκτός από την πίεση υγροποίησης. **Ατμός** είναι ένα αέριο του οποίου η θερμοκρασία και η πίεση είναι τέτοιες ώστε να βρίσκεται κοντά στην υγρή φάση. Έτσι, ο υδρατμός π.χ. δεν απέχει και πολύ από την κατάσταση του νερού. Τα αέρια μπορούν να οριστούν σαν υπέρθερμοι ατμοί, το οποίο σημαίνει, ότι η κατάσταση τους απέχει πολύ από την υγρή φάση. Έτσι ο αέρας θεωρείται αέριο γιατί η κατάσταση του κανονικά απέχει πολύ από εκείνη του υγρού αέρα.

Ο όγκος ενός αερίου ή ατμού επηρεάζεται πολύ από αλλαγές της πίεσης ή της θερμοκρασίας ή και των δυο. Επομένως είναι συνήθως αναγκαίο να λαμβάνουμε υπόψη τις μεταβολές του όγκου και της θερμοκρασίας όταν ασχολούμαστε με αέρια και ατμούς. Όταν περιλαμβάνονται σημαντικές αλλαγές θερμοκρασίας ή φάσης στη μελέτη ατμών και αερίων, το πράγμα εξαρτάται πολύ από θερμικά φαινόμενα (θερμοδυναμική). Έτσι, ρευστομηχανική και θερμοδυναμική αλληλοσχετίζονται.

1.1.3 Πυκνότητα, ειδικό βάρος, ειδικός όγκος και σχετική πυκνότητα

Πυκνότητα ρ ενός ρευστού είναι η μάζα του ανα μονάδα όγκου, ενώ ειδικό βάρος είναι το βάρος ανά μονάδα όγκου. Η πυκνότητα ρ μετριέται σε: **gr/cm³**

Το **ειδικό βάρος γ** παριστάνει τη δύναμη που ασκείται από τη μαζική έλξη σε ένα μοναδιαίο όγκο ρευστού και μετριέται σε: **gr/cm³ ή ton/m³**

Η πυκνότητα και το ειδικό βάρος ενός ρευστού σχετίζονται ως εξής:

$$\rho = \gamma/g \text{ ή } \gamma = \rho g$$

επειδή οι εξισώσεις αυτές της φυσικής είναι διαστασιολογικά ομοιογενείς, οι διαστάσεις της πυκνότητας είναι:

$$\rho = \gamma/g = (\text{lb/ft}^3)/\text{ft/sec}^2 = (\text{lb}\cdot\text{sec}^2)/\text{ft}^4 = \text{μάζα} / \text{όγκος} = \text{slugs/ft}^3$$

σε μονάδες SI:

$$\rho = (\text{N/m}^3)/\text{m/sec}^2 = (\text{N} \cdot \text{sec}^2)/\text{m}^4 = \text{μάζα} / \text{όγκος} = \text{kg/m}^3$$

Να σημειώσουμε εδώ ότι η πυκνότητα ρ είναι απόλυτη επειδή εξαρτάται από τη μάζα που είναι ανεξάρτητη από τη θέση στο χώρο. Εξάλλου το ειδικό βάρος γ δεν είναι απόλυτο μέγεθος γιατί εξαρτάται από την τιμή της έντασης του ελκτικού πεδίου, δηλαδή την επιτάχυνση g η οποία μεταβάλλεται μαζί με την θέση, πρωταρχικά με το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο υπεράνω της θάλασσας.

Ειδικός όγκος u είναι ο όγκος που καταλαμβάνει η μονάδα μάζας του ρευστού. Χρησιμοποιείται συνήθως για τα αέρια και συνήθως εκφράζεται σε: ft^3/slug (m^3/kg σε SI)

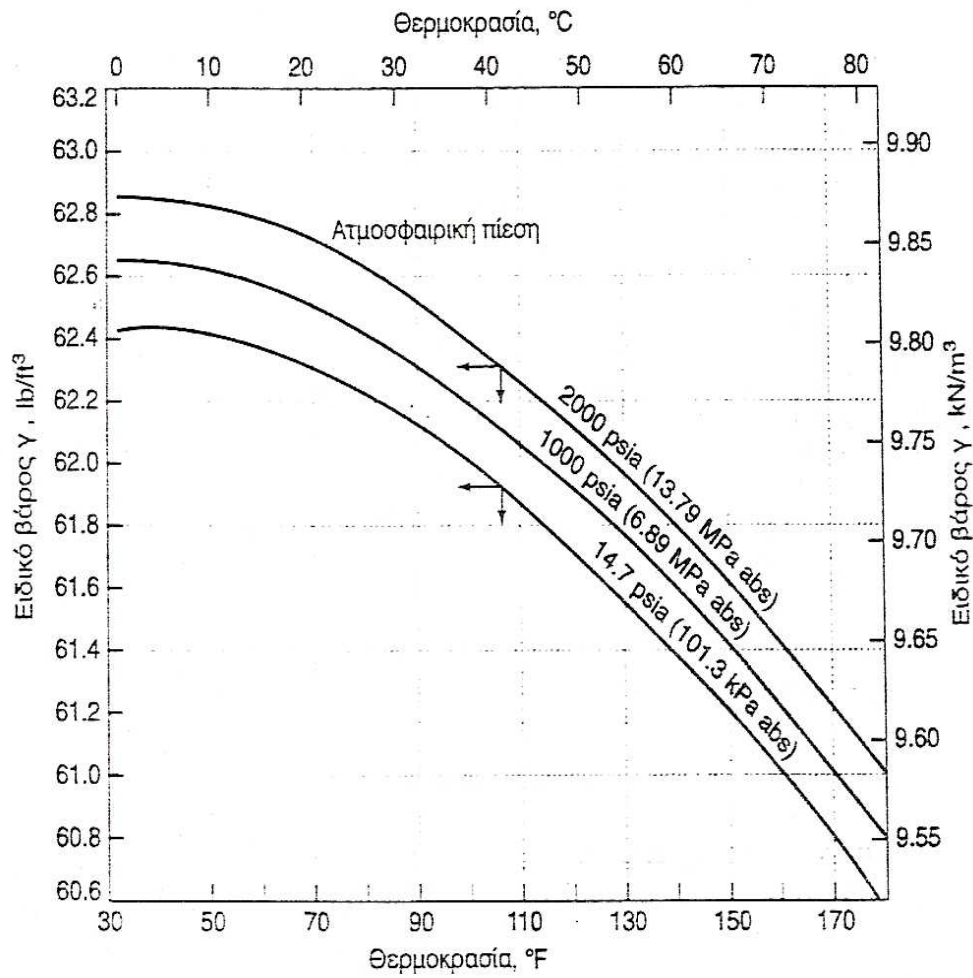
Ο ειδικός όγκος είναι το αντίστροφο της πυκνότητας. Έτσι: $u = 1/\rho$

Σχετική πυκνότητα s ενός υγρού είναι ο αδιάστατος λόγος

$$S_{\text{υγρού}} = \nu_{\text{υγρού}} / \nu_{\text{νερού στην τυπ. θερμοκρασία}}$$

της πυκνότητας του ως προς την πυκνότητα του καθαρού νερού, σε μια σταθερή δεδομένη θερμοκρασία. Οι φυσικοί χρησιμοποιούν τους 4°C ($39,2^{\circ}\text{F}$) σαν τη σταθερά αυτή, αλλά οι μηχανικοί συχνά χρησιμοποιούν τους $15,5^{\circ}\text{C}$ (60°F). Η πυκνότητα του νερού στους 4°C είναι $1,00 \text{ g/cm}^3$, $(1.00\text{g/MI})^2$, ισοδύναμη με 1000Kg/m^3 . επομένως η σχετική πυκνότητα έχει την ίδια αριθμητική τιμή για ένα υγρό με την πυκνότητα του εκφρασμένη σε g/mL ή Mg/m^3 . Η σχετική πυκνότητα ενός αερίου είναι ο λόγος της πυκνότητας του προς την πυκνότητα είτε του υδρογόνου, είτε του αέρα, σε κάποια συγκεκριμένη θερμοκρασία και πίεση, αλλά δεν υπάρχει γενική συμφωνία για αυτές, και έτσι πρέπει να δηλώνονται επεξηγηματικά σε κάθε περίπτωση.

Επειδή η πυκνότητα των ρευστών μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, οι σχετικές πυκνότητες πρέπει να καθορίζονται και να αναφέρονται σε χωριστές θερμοκρασίες.

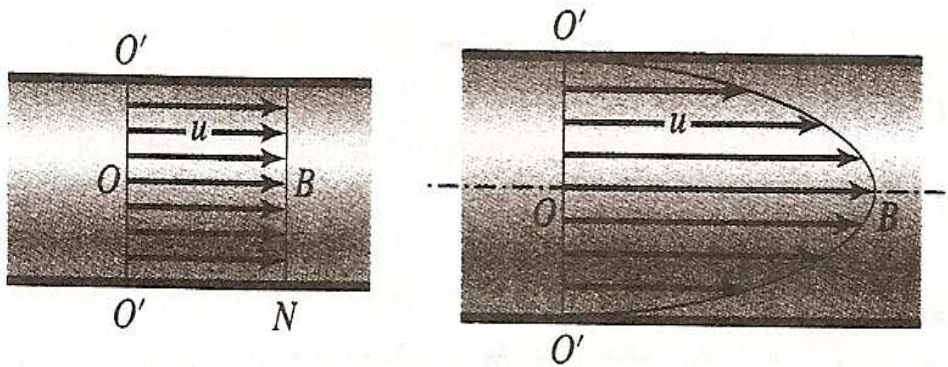


**Ειδικό βάρος γ καθαρού νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας και της πίεσης
για $g = 9,81 \text{ m/s}^2$**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

Εκτός από τη ροή των διαφόρων ειδών ρευστών, δηλαδή: **πραγματική, ιδεατή, ασυμπίεστη και συμπιεστή**, υπάρχουν και διάφορες άλλες ταξινομήσεις της ροής. Η ροή μπορεί να είναι: **μόνιμη ή μεταβαλλόμενη** ως προς το χρόνο. Μπορεί να είναι **στρωτή ή τυρβώδης**. Μπορεί να είναι **στροφική ή άστροφη**. Επίσης μπορεί να είναι **υπερκρίσιμη ή υποκρίσιμη** (βλ. σχήμα 2.1).



[Σχήμα 2.1](#)

2.1 Είδη ροών

Όταν μιλάμε για ρευστή ροή συχνά εννοούμε τη ροή ιδεατού ρευστού. Για ένα τέτοιο ρευστό δεχόμαστε ότι δεν έχει ιξώδες. Πρόκειται φυσικά για μια εξιδανικευμένη

κατάσταση που στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις τεχνικών προβλημάτων όπου μια τέτοια παραδοχή είναι χρήσιμη. Όταν γίνεται λόγος για ροή πραγματικού ρευστού εισάγονται στο πρόβλημα και οι επενέργειες της συνεκτικότητας. Αυτή προκαλεί την ανάπτυξη διατμητικών τάσεων μεταξύ γειτονικών στοιχείων του ρευστού, όταν αυτά κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Στην περίπτωση ιδεατού ρευστού που ρέει σε ευθύγραμμο αγωγό, όλα τα σωματίδια κινούνται σε παράλληλες γραμμές με την ίδια ταχύτητα. Στη ροή πραγματικού ρευστού η ταχύτητα κάθε σωματιδίου που πρόσκειται σε τοίχωμα θα είναι μηδενική. Ωστόσο η ταχύτητα αυτή αυξάνεται απότομα σε μικρή απόσταση από το τοίχωμα και δημιουργείται ένα διάγραμμα ταχυτήτων.

Η ροή μπορεί να ταξινομηθεί σε **ροή ασυμπίεστου** και **ροή συμπιεστού ρευστού**. Επειδή τα υγρά είναι σχετικώς ασυμπίεστα, γενικά τα θεωρούμε στο σύνολο τους ως ασυμπίεστα ρευστά.

Εκτός από τη ροή των διαφόρων ειδών ρευστών, δηλαδή: **πραγματική, ιδεατή, ασυμπίεστη και συμπιεστή**, υπάρχουν και διάφορες άλλες ταξινομήσεις της ροής. Η ροή μπορεί να είναι: **μόνιμη η μεταβαλλόμενη** ως προς το χρόνο. Μπορεί να είναι **στρωτή η τυρβώδης**. Μπορεί να είναι **στροφική η άστροφη**. Επίσης μπορεί να είναι **υπερκρίσιμη η υποκρίσιμη**.

2.1.1 Στρωτή και τυρβώδης ροή

Το αν σε κάποιο συγκεκριμένο πρόβλημα έχουμε στρωτή η τυρβώδη ροή, η πόσο περισσότερο εμφανίζεται η καθεμία απ' αυτές, είναι εξαιρετικά σημαντικό εξαιτίας των ισχυρά διαφορετικών επενεργειών που έχουν αυτά τα δυο διαφορετικά είδη ροών σε πολλά χαρακτηριστικά, στα οποία περιλαμβάνονται η απώλεια της ενέργειας, οι κατανομές των ταχυτήτων και η ανάμειξη των μεταφερόμενων υλών.

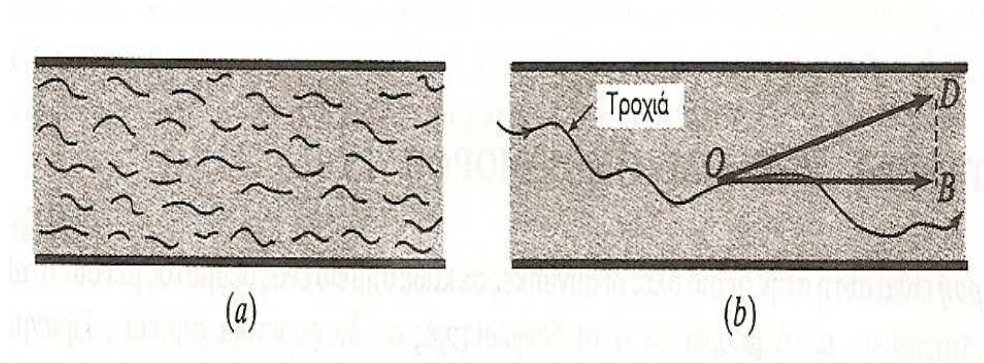
Ο Osborn Reynolds απέδειξε το 1883 ότι υπάρχουν δυο τελείως διαφορετικά είδη ρευστής ροής. Ο Reynolds ενέχυσε ένα λεπτό σαν κλώστη, ρεύμα χρωματισμένου υγρού, με πυκνότητα ίδια με του νερού, στην είσοδο ενός μεγάλου γυάλινου σωλήνα μέσα στον οποίο το νερό έρεε από μια δεξαμενή. Μια βάνα στο άκρο εξόδου του επέτρεπε να μεταβάλλει τη ροή. Όταν η ταχύτητα στο σωλήνα ήταν μικρή, το χρωματισμένο υγρό ήταν ορατό σαν ευθεία γραμμή σε όλο το μήκος του σωλήνα, δείχνοντας έτσι ότι τα σωματίδια του νερού κινούνταν σε παράλληλες

ευθείες. Καθώς η ταχύτητα του νερού αύξανε βαθμιαία με το άνοιγμα της βαλβίδας, υπήρχε ένα σημείο στο οποίο η ροή άλλαζε. Η γραμμή πρώτα γινόταν κυματιστή και σε μικρή απόσταση από την είσοδο διασπώταν σε πάμπολλους στροβίλους, πέρα από τους οποίους, το χρώμα διαχέονταν ομοιόμορφα, έτσι ώστε δεν μπορούσαν να διακριθούν γραμμές ροής. Μετέπειτα παρατηρήσεις έχουν δείξει ότι σε αυτό τον τελευταίο τύπο ροής οι ταχύτητες υπόκεινται διαρκώς σε ακανόνιστες διακυμάνσεις.

Ο πρώτος τύπος ροής είναι γνωστός ως **στρωτή, γραμμική, η συνεκτική ροή**. Η σημασία των όρων αυτών είναι ότι το ρευστό φαίνεται να κινείται σαν να ολισθαίνουν φύλλα απειροστού πάχους πάνω σε παρακείμενα στρωματά, ότι τα σωματίδια του ρευστού κινούνται σε διακεκριμένες και παρατηρήσιμες τροχιές η γραμμές ροής και επίσης ότι η ροή είναι χαρακτηριστική ενός ιξώδους ρευστού η είναι μια ροή στην οποία παίζει σημαντικό ρόλο η συνεκτικότητα.

Ο δεύτερος τύπος ροής είναι γνωστός ως **τυρβώδης (βλ σχήμα 2.2)**. Ένα χαρακτηριστικό της τυρβώδους ροής είναι το ακανόνιστο της, όπου δεν υπάρχει καθορισμένη συχνότητα όπως στην κυματική δράση, ούτε παρατηρήσιμος σχηματισμός όπως στην περίπτωση μεγάλων στροβίλων.

Μεγάλοι στροβίλοι και ακανόνιστες κινήσεις μεγάλων ρευστών μαζών, που μπορούν να αποδοθούν σε πρόδηλες αιτίες ανατάραξης, δεν αποτελούν τυρβώδη ροή, αλλά μπορούν να περιγράφουν ως διαταραγμένη ροή. Αντίθετα την τυρβώδη ροή είναι δυνατό να τη συναντήσουμε σε ένα φαινομενικά πολύ πιο ήπιο ρεύμα και σε ένα ρεύμα στο οποίο δεν βρίσκονται φανερές πηγές διαταραχής. Η τυρβώδης ροή χαρακτηρίζεται από τις διακυμάνσεις της ταχύτητας σε όλα τα σημεία του ροϊκού πεδίου. Οι διακυμάνσεις αυτές οφείλονται στο ότι το ρευστό κινείται σαν παρά πολλά διακριτά σωματίδια η «πακέτα» τα οποία ονομάζονται δίνες και σπρώχνουν η μια την αλλά κατά τυχαίο τρόπο. Παρότι μικρές, ακόμα και οι πιο μικρές δίνες είναι μακροσκοπικές ως προς το μέγεθος, κατά πολύ μεγαλύτερες από τις μοριακές διαστάσεις των σωματιδίων της στρωτής ροής. Οι δίνες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά και με την γενική ροή. Σ 'αυτές οφείλεται η αποτελεσματική ικανότητα ανάμιξης της τυρβώδους ροής. Συχνά οφείλονται σε περιστροφή, ειδικά κοντά στα σύνορα και γι' αυτό ακόμα και οι ίδιες οι δίνες συχνά περιστρέφονται. Αλλάζουν σχήμα και μέγεθος με το χρόνο καθώς κινούνται κατά μήκος της ροής. Κάθε δίνη διαχέει την ενέργεια της σε ιξώδη διάτμηση με το περιβάλλον της και τελικά εξαφανίζεται. Νέες δίνες σχηματίζονται συνεχώς. Μεγάλες δίνες έχουν μικρότερες δίνες στο εσωτερικό τους και δημιουργούν τυρβασμό μικρότερης κλίμακας. Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας που προκαλούνται είναι γρήγορες και ακανόνιστες και συχνά μπορούμε να τις εντοπίσουμε με ειδικές διατάξεις.



[Σχήμα 2.2](#)

2.1.2 Κρίσιμος αριθμός Reynolds

$$Re = \frac{\Delta.Αδράνειας}{\Delta.Τριβής}$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

Όπου: $V = \frac{4Q}{A} = \frac{m^3/s}{m^2} = \text{ταχύτητα ρευστού σε m/s}$

$d = \text{διάμετρο σωλήνα σε m}$

$\nu = \text{κινητικό ιξώδες σε m}^2/\text{s}$

$Re < 2320$ στρωτή ροή

$Re > 10000$ τυρβώδη ροή αλλιώς μεταβατική

2.1.3 Μόνιμη ασυμπίεστη ροή σε αγωγούς πίεσης

Στη μόνιμη ασυμπίεστη ροή σε αγωγούς πίεσης έχει σημαντικό ρόλο ο **συντελεστής τριβής** που συμβολίζεται με **f**. Αυτός υπολογίζεται με δύο τρόπους:

Πρώτος τρόπος:

$$\text{Από τη σχέση του Darcy: } h_f = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

$$f = \frac{h_f}{(L/D)V^2 / 2g}$$

όπου: h_f = συνεχείς + τοπικές απώλειες σε m

L = μήκος αγωγού σε m

D = διάμετρος σωλήνα σε m

V^2 = ταχύτητα ρευστού σε m/s

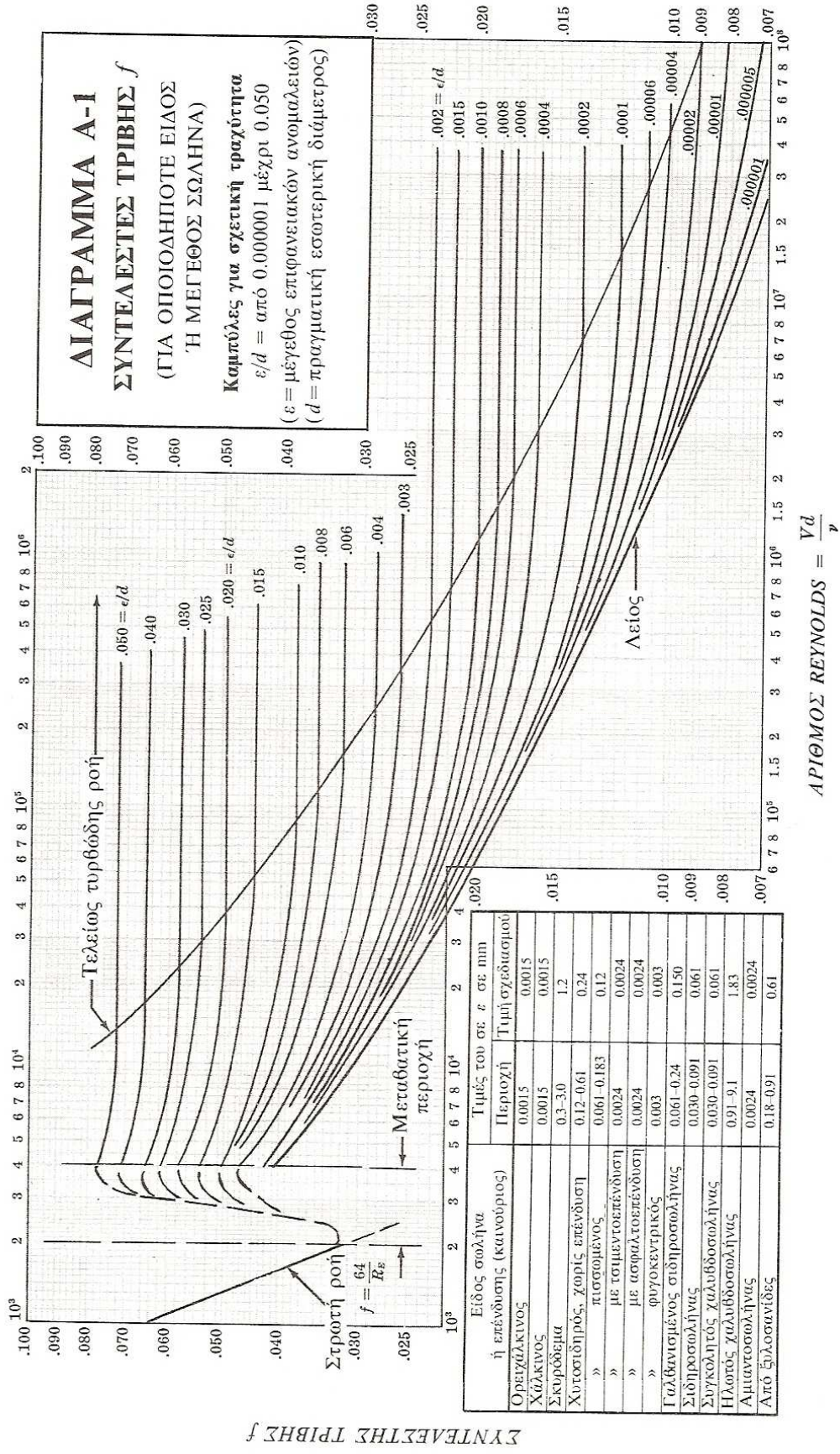
g = επιτάχυνση της βαρύτητας 9,81 m/s²

Δεύτερος τρόπος:

Ξέροντας τον αριθμό **Reynolds** και τη **σχετική τραχύτητα** του αγωγού που συμβολίζεται με **e/d** βρίσκουμε τον συντελεστή τριβής **f** από το διάγραμμα του Moody (Βλέπε διάγραμμα).

Όπου: e = μέγεθος επιφανειακών ανωμαλιών του σωλήνα

d = πραγματική εσωτερική διάμετρος του σωλήνα

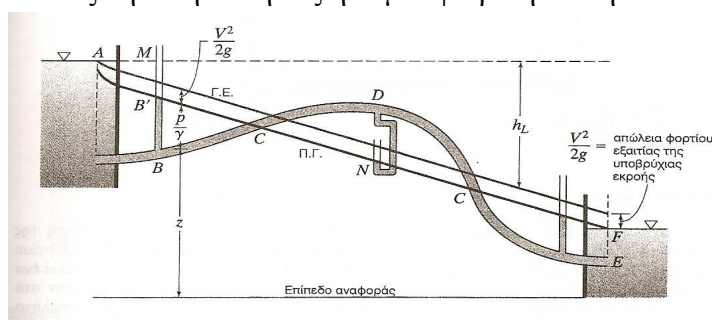


Διάγραμμα Moody για συντελεστές τριβής f σωλήνων

2.2 Πιεζομετρική γραμμή και γραμμή ενέργειας

Κατά την επίλυση προβλημάτων ροής παρουσιάζουν ιδιαίτερα πλεονεκτήματα οι έννοιες της πιεζομετρικής γραμμής και της γραμμής ενέργειας. Ακόμα και για τη ροή οι έννοιες αυτές είναι δυνατό να φανούν χρήσιμες.

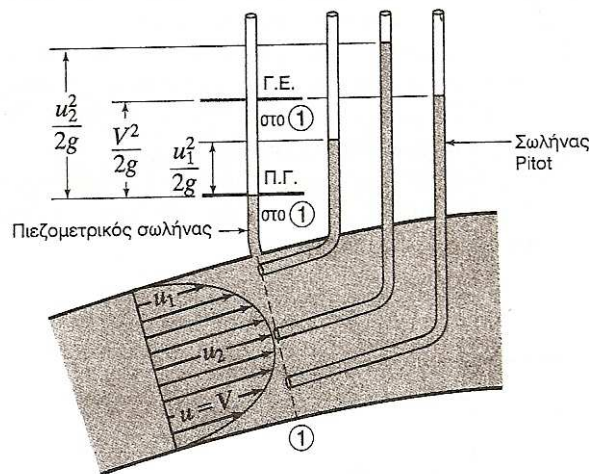
Το άθροισμα $Z+(p/\gamma)$ ονομάζεται **υδροστατικό φορτίο**, επειδή παριστάνει τη στάθμη στην οποία θα ανέβει το υγρό σε ένα **πιεσομετρικό σωλήνα**, ο οποίος έχει το άκρο σύνδεσης του σε επίπεδο παράλληλο στη ροή. Η **πιεζομετρική γραμμή** ή και η **γραμμή υδραυλικής κλίσης**(βλ. **σχήμα 2.3**) είναι μια γραμμή που γράφεται από τις κορυφές των πιεσομέτρων. Πάνω στην γραμμή υδραυλικής κλίσης η πίεση είναι ίση με του περιβάλλοντος δηλαδή συνήθως η ατμοσφαιρική πίεση.



Σχήμα 2.3

Ένας **σωλήνας PITOΤ**(βλ. **σχήμα 2.4**) δηλαδή ένας μικρός σωλήνας με το ανοικτό του άκρο προς το ανάντη θα αντισταθεί στη κινητική ενέργεια της ροής και θα δείξει το **συνολικό ενεργειακό ύψος**, $Z+p/\gamma+u^2/2g$. Άρα η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της υγρής επιφάνειας του πιεζομετρικού σωλήνα και εκείνης του σωλήνα $u^2/2g$ από όπου μπορούμε να υπολογίσουμε εύκολα την τοπική ταχύτητα της ροής u . Η γραμμή που ορίζεται από τις επιφάνειες των σωλήνων PITOΤ ονομάζεται **γραμμή ενέργειας**. Για ροή ιδεατού ρευστού η γραμμή ενέργειας είναι οριζόντια επειδή δεν υπάρχει απώλεια φορτίου. Για πραγματικό ρευστό, η γραμμή ενέργειας πρέπει να είναι κατωφερική και η διεύθυνση της ροής εξαιτίας της απώλειας φορτίου που οφείλεται στη ρευστή τριβή.

Επειδή η τοπική ταχύτητα u μεταβάλλεται σε μια διατομή ροής, η ένδειξη που δίνει ένας σωλήνας PITOΤ θα εξαρτάται από την ακριβή θέση του βυθισμένου ανοικτού άκρου του. Έτσι ένας σωλήνας PITOΤ θα δείχνει την πραγματική στάθμη της γραμμής ενέργειας μόνο όταν τον τοποθετήσουμε στη ροή σε ένα σημείο όπου $u^2/2g = \alpha(V^2/2g)$. Αν υποθέσουμε ότι ο συντελεστής α έχει τιμή 1 ή 0 τότε για να δείξει την πραγματική γραμμή ενέργειας θα πρέπει να τοποθετήσουμε τον σωλήνα στη ροή σε σημείο όπου $u = V$. Βέβαια σπάνια γνωρίζουμε εκ των πρότερων που μέσα στη ροή το $u = V$. Επομένως η ορθή τοποθέτηση ενός σωλήνα PITOΤ ώστε να δείξει την πραγματική θέση της γραμμής ενέργειας, γενικά παραμένει άγνωστη.



Σχήμα 2.4

2.3 Εξίσωση Bernoulli

Μια ακόμη θεμελιώδης αρχή που θα πρέπει να γνωρίζουμε στην υδροδυναμική είναι η «αρχή διατήρησης της ενέργειας η οποία εκφράζεται με τη βασική εξίσωση της υδροδυναμικής, γνωστή ως εξίσωση του Bernoulli, προς τιμήν του Daniel Bernoulli, 1798:

$$V_1^2/2g + P_1/\gamma + Z_1 = V_2^2/2g + P_2/\gamma + Z_2 + \Delta H$$

Όπου: γ = το ειδικό βάρος του ρευστού που κινείται (για το νερό $\gamma = 1\text{gr/cm}^3 = 1\text{ton/m}^3$),

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας που είναι $9,81\text{m/sec}^2$,

V, P, Z = η ταχύτητα, η πίεση και η θέση αντίστοιχα του ρευστού σε μια ορισμένη διατομή,

ΔH = όλες οι απώλειες μεταξύ δυο θέσεων που οφείλονται (κυρίως) στη τριβή του ρευστού με τα τοιχώματα του αγωγού μέσα στον οποίο κινείται. Αλλά και σε άλλα αίτια όπως μεταβολή διαμέτρου, στροφές, εξαρτήματα και όργανα που τοποθετούνται στους αγωγούς κ.α.

Το $[P/\gamma + Z]$ καλείται και πιεζομετρικό φορτίο η πιεζομετρική ενέργεια, ενώ το $[V^2/2g]$ είναι η κινητική ενέργεια .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3⁰

3.1 Συμπιεστά και ασυμπίεστα ρευστά

Η ρευστομηχανική ασχολείται και με συμπιεστά και με ασυμπίεστα ρευστά, δηλαδή με υγρά και αέρια σταθερής η μεταβλητής πυκνότητας. Αν και στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν ασυμπίεστα ρευστά, η παραδοχή αυτή τίθεται όταν η αλλαγή στην πυκνότητα με την πίεση είναι τόσο μικρή ώστε να είναι αμελητέα. Αυτό συνήθως ισχύει μόνο στα υγρά. Τα αέρια επίσης, μπορούν να θεωρηθούν ασυμπίεστα, όταν η μεταβολή της πίεσης είναι μικρή συγκρινόμενη με την απόλυτη πίεση.

Συνήθως θεωρούμε ως ασυμπίεστα ρευστά, παρ' ότι ηχητικά κύματα, που στην πραγματικότητα είναι κύματα πίεσης, διαδίδονται Μέσα από αυτά. Αυτό

αποδεικνύει την ελαστικότητα των υγρών. Στο πρόβλημα του υδραυλικού πλήγματος, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τη συμπιεστότητα του υγρού.

Η ροή του αέρα σε ένα σύστημα εξαερισμού αποτελεί μια περίπτωση όπου ένα αέριο μπορεί να θεωρηθεί σαν ασυμπίεστο, γιατί η μεταβολή της πίεσης είναι τόσο μικρή που η μεταβολή της πυκνότητας δεν έχει σημασία. Αλλά για ένα αέριο η ατμό που κινείται με μεγάλη ταχύτητα σε ένα μακρύ σωλήνα, η πτώση της πίεσης μπορεί να είναι τόσο μεγάλη ώστε η αλλαγή της πυκνότητας να μην είναι δυνατόν να αγνοηθεί. Για ένα αεροσκάφος που πετάει με ταχύτητες άνω των 100m/sec, ο αέρας μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει σταθερή πυκνότητα. Αλλά όταν ένα αντικείμενο που κινείται στον αέρα πλησιάζει την ταχύτητα του ήχου, που είναι της τάξης των 1200km/h (760mph) και εξαρτάται από τη θερμοκρασία, η πίεση και η πυκνότητα του αέρα κοντά στο σώμα γίνονται πολύ διαφορετικές από εκείνες του αέρα που βρίσκεται σε κάποια απόσταση απ' αυτό, και τότε ο αέρας πρέπει να θεωρηθεί σαν ασυμπίεστο ρευστό.

3.2 Συμπιεστότητα των υγρών

Η συμπιεστότητα (μεταβολή του όγκου εξαιτίας της πίεσης) ενός υγρού είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το **ογκικό μέτρο ελαστικότητας** του, γνωστό επίσης και ως **μέτρο διόγκωσης**. Αυτό το μέτρο ορίζεται από τη σχέση:

$$E_U = -u (dp/du) = -(u/du) dp$$

Όπου: u = ειδικός όγκος και
 p = πίεση.

Επειδή ο λόγος u/du είναι αδιάστατος, οι μονάδες των E_u και p είναι ίδιες. Το μέτρο διόγκωσης είναι κάτι ανάλογο με το μέτρο ελαστικότητας των στερεών. Ωστόσο για τα υγρά ορίζεται με βάση τον όγκο και όχι όπως στη γνωστή μονοδιάστατη σχέση τάσεων-τροπών για τα στερεά σώματα.

Στα περισσότερα τεχνικά προβλήματα το μέτρο διόγκωσης ακριβώς η κοντά στη τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι το μόνο που μας ενδιαφέρει. Το μέτρο διόγκωσης αποτελεί ιδιότητα του ρευστού και για τα υγρά είναι μια συνάρτηση της θερμοκρασίας και της πίεσης.

Να σημειώσουμε ότι συχνά ορίζουμε τις ασκούμενες πιέσεις σε απόλυτους όρους επειδή η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται. Οι μονάδες **psia** ή **kN/m² abs** δηλώνουν απόλυτη πίεση, η οποία είναι η πραγματική πίεση στο ρευστό, ως προς το απόλυτο μηδέν. Η τυποποιημένη ατμοσφαιρική πίεση στο επίπεδο της θάλασσας είναι περίπου 14,7 psia ή 101,3 kN/m² abs. Τα **bars** και τα **millibars** χρησιμοποιούνται πριν στο μετρικό σύστημα για να εκφράζουν την πίεση. 1 mb = 100

N/m^2 . Οι περισσότερες πιέσεις μετριούνται ως προς την ατμόσφαιρα και ονομάζονται σχετικές πιέσεις.

Η συμπιεστότητα των υγρών καλύπτει ευρύ φάσμα. Ο υδράργυρος για παράδειγμα είναι περίπου συμπιεστός όσο το 8% του νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ

4.1 Τι είναι ο αέρας ;

Ολόκληρα η επιφάνεια του πλανήτη μας καλύπτεται από ένα μανδύα ατμοσφαιρικού αέρα ο οποίος ονομάζεται γήινη ατμόσφαιρα. Ουσιαστικά ο άνθρωπος ζει και εργάζεται στον πυθμένα αυτού του ωκεανού που ονομάζεται ατμόσφαιρα της γης.

Ο αέρας αυτός ο οποίος είναι απαραίτητος για τη διατήρηση της ζωής επεκτείνεται καθ' ύψος σε εκατοντάδες χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης (Βλ. Σχήμα 4.1).

Σχήμα 4.1

Η ατμόσφαιρα



Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι ένα μίγμα αερίων με την παρακάτω σύνθεση:
Άζωτο, σε αναλογία κατά όγκο περίπου 78,08%
Οξυγόνο, σε αναλογία κατά όγκο περίπου 20,95%
Το μίγμα αυτό περιλαμβάνει και ίχνη διαφόρων ευγενών αερίων κατά όγκο 0,7% , διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου.

4.2 Ιδιότητες του αέρα

Ο πεπιεσμένος αέρας σαν ενέργεια προς χρήση στην βιομηχανία , συγκεντρώνει πολλά πλεονεκτήματα αλλά και αρκετά μειονεκτήματα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι:

- α) Απεριόριστη ποσότητα
- β) Εύκολη μεταφορά (όχι σωλήνες επιστροφής)
- γ) Αποθήκευση
- δ) Καθαρότητα
- ε) Αντικρηκτικότητα
- στ) Δυνατότητα ελέγχου (Ταχύτητας – Δύναμης)

ζ) Ασφάλεια έναντι υπερφόρτωσης

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα είναι:

- α) Το κόστος
- β) Η προπαρασκευή
- γ) Ηχορύπανση (μειώνεται με την χρήση σιγαστήρων)
- δ) Οριακό εύρος Δύναμης(Οικονομικό εύρος μέχρι περίπου 20.000 N

Εξετάζοντας αναλυτικά τα πλεονεκτήματα έχουμε:

α) Απεριόριστη χρήση: Ο πλανήτης μας καλύπτεται από ένα μανδύα αέρος , πρακτικά ανεξάντλητης ποσότητας , την οποία αφού χρησιμοποιήσουμε τη επιστρέφουμε πάλι εκεί όπου την πήραμε.

Άρα ουσιαστικά η ποσότητα της παραπάνω ενέργειας είναι ανεξάντλητη και δεν υπάρχει κίνδυνος εξάντλησης, όπως αρχίζει να διαφαίνεται με άλλες μορφές ενέργειας όπως είναι π.χ. το πετρέλαιο.

β) Εύκολη μεταφορά (όχι σωλήνες επιστροφής): Πραγματικά η μεταφορά του πεπιεσμένου αέρα μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα μέσα από σωλήνες, ειδικών όμως προδιαγραφών όσο αφορά το πάχος τοιχώματος (σωλήνες τούρμπο).

Μετά την δράση του ο πεπιεσμένος αέρας αφήνεται πάλι ελεύθερος στην ατμόσφαιρα , άρα δεν απαιτεί δίκτυο σωλήνων επιστροφής.

Η μέγιστη οριακή απόσταση στην οποία μπορεί να δράσει ο πεπιεσμένος αέρας από την πηγή του είναι περίπου 1000m με μία ταχύτητα η οποία κυμαίνεται μεταξύ των 20-40 m/sec.

γ) Αποθήκευση: Πράγματι ο πεπιεσμένος αέρας είναι μια μορφή ενέργειας η οποία εύκολα μπορεί να αποθηκευτεί σε ικανή ποσότητα μέσα σε αεροφυλάκια, σε αντιπαράθεση με την ηλεκτρική ενέργεια που η αποθήκευση της σε ικανές ποσότητες είναι αδύνατη και την υδραυλική ενέργεια της οποίας η αποθήκευση είναι οριακή διαμέσου των χαλύβδινων συσσωρευτών υδραυλικής ενέργειας.

δ) Καθαρότητα: Ο πεπιεσμένος αέρας είναι μια καθαρή μορφή ενέργειας , με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές καθαρών χώρων, όπως αυτά είναι τα διάφορα εργαστήρια.

ε) Αντιεκρηκτικότητα: Ο πεπιεσμένος αέρας από την φύση του παρέχει αντιεκρηκτικότητα, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται κατά κόρο εκεί όπου απαιτείται ασφάλεια έναντι εκρήξεως, όπως είναι π.χ. σε βιομηχανίες παραγωγής εκρηκτικών , διυλιστήρια μαζούτ κ.τ.λ.

στ) Δυνατότητα ελέγχου (Ταχύτητας – Δύναμης): Με τον κατάλληλο εξοπλισμό βαλβίδων ο πεπιεσμένος αέρας μπορεί να ελεγχθεί σχετικά απλά και εύκολα , την ταχύτητα κίνησης των κυλίνδρων ή την ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων, παράλληλα ελέγχουμε ακόμη εύκολα τη δύναμή και τη ροπή των παραπάνω στοιχείων.

Επιπρόσθετα διαμέσου του πεπιεσμένου αέρα παρέχεται ασφάλεια έναντι υπερφόρτωσης, με αποτέλεσμα οι διάφοροι μηχανισμοί ευθύγραμμης κίνησης ή περιστροφής , να μην καταστρέφονται όταν αντιμετωπίζουν παρόμοιες καταστάσεις.

Εξετάζοντας αναλυτικά τα πλεονεκτήματα έχουμε:

α) Το κόστος : Πράγματι το κόστος παραγωγής του πεπιεσμένου αέρα είναι πολύ υψηλό, συγκρινόμενο με το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο είναι χαμηλό και το κόστος παραγωγής της υδραυλικής ενέργειας το οποίο είναι υψηλό. Αυτό συμβαίνει διότι για την παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα , απαιτείται η ηλεκτρική ενέργεια και σε σύγκριση με τη υδραυλική ενέργεια η οποία και αυτή χρειάζεται την ηλεκτρική ενέργεια , είναι ότι τα μηχανήματα παραγωγής πεπιεσμένου αέρα (αεροσυμπιεστές), απαιτούν αρκετά υψηλό κόστος συντήρησης λόγω της φύσης του μέσου (αέρας), για να εργάζονται ικανοποιητικά.

β) Η προπαρασκευή: Ο πεπιεσμένος αέρας προκειμένου να χρησιμοποιηθεί χρειάζεται προπαρασκευή , δηλαδή αρχικά αφύγρανση , κατόπιν ρύθμιση της πίεσης εργασίας και κατόπιν λίπανση, έτσι ώστε να είναι σε θέση να λιπαίνει τα διάφορα κινητά μέρη των βαλβίδων , των στοιχείων ή των εργαλείων, με τα οποία έρχεται σε επαφή.

γ) Ηχορύπανση (μειώνεται με την χρήση σιγαστήρων): Ο πεπιεσμένος αέρας εφόσον αποδώσει το έργο αφήνεται ελεύθερα να αποδράσει στην ατμόσφαιρα. Κατά την έξοδο του προς την ατμόσφαιρα από τις διάφορες βαλβίδες, μηχανισμούς και εργαλεία δημιουργεί αρκετό θόρυβο υψηλής ηχητικής πίεσης.

Το παραπάνω μειονέκτημα μπορεί να περιοριστεί ικανοποιητικά με τη χρήση σιγαστήρων οι οποίοι τοποθετούνται στις εξόδους του αέρα των διαφόρων στοιχείων.

δ) Οριακό εύρος Δύναμης: Πράγματι τα στοιχεία εργασίας όπως είναι οι πνευματικοί περιστροφικοί κύλινδροι και οι πνευματικοί περιστροφικοί κινητήρες , έχουν οριακό εύρος δύναμης και ροπής.

Εάν μια κατασκευή απαιτεί δύναμη μεγαλύτερη των 20.000N τότε ίσως θα έπρεπε να εξετάσουμε σαν λύση την υδραυλική ενέργεια γιατί με την πνευματική οδηγούμαστε σε μεγάλους κυλίνδρους και ογκώδεις κατασκευές.

ε) Ταχύτητα διάδοσης σημάτων: Ταχύτητα διάδοσης σημάτων 10-60 m/sec για κανονικής πίεσης πνευματικά (7bar) και περίπου 100-200 m/sec για χαμηλής πίεσης πνευματικά (1-10 mbar).

Σχήμα 4.2

Σύγκριση των ιδιοτήτων σε μια ποικιλία τύπων ενέργειας για την παραγωγή ευθύγραμης, περιστροφικής κίνησης, δύναμης και ροπής

ΤΥΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΚΙΝΗΣΗ	ΔΥΝΑΜΗ	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	ΡΟΠΗ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	Πολύπλοκη έως δύσκολη κατασκευή μηχανισμών για την επίτευξη ευθύγραμμης κίνησης	Πολύ χαμηλή	Απλή κατασκευή μηχανισμών για την επίτευξη περιστροφικής κίνησης	Υψηλή
ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗ	Απλή κατασκευή μηχανισμών για την επίτευξη ευθύγραμμης κίνησης	Χαμηλή	Απλή κατασκευή μηχανισμών για την επίτευξη περιστροφικής κίνησης	Χαμηλή
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	Απλή κατασκευή μηχανισμών για την επίτευξη ευθύγραμμης κίνησης	Πολύ υψηλή	Απλή κατασκευή μηχανισμών για την επίτευξη περιστροφικής κίνησης	Υψηλή

4.3 Γενικοί νόμοι αερίων

Νόμος Boyle- Mariotte

Το γινόμενο της απόλυτης πίεσης και του όγκου μιας δεδομένης ποσότητας αερίου υπό σταθερή θερμοκρασία, είναι σταθερό.

$$p \cdot V = \text{σταθερό} \Rightarrow$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \dots = \text{σταθερό}$$

Τον παραπάνω νόμο διαπίστωσαν πρώτοι ο Άγγλος φυσικός Robert Boyle (1627-1691) και ο Γάλλος φυσικός Edme Mariotte (1620-1684). Είναι σημαντικό στους υπολογισμούς μας να λαμβάνουμε την πίεση κατά απόλυτο τιμή.

Παράδειγμα: Σε ένα κύλινδρο ο όγκος του αέρα είναι 1 m^3 και η απόλυτη πίεση 3 bar. Υπολογίστε τη νέα πίεση όταν ο όγκος του αέρα στον κύλινδρο ελαττωθεί σε $V = 0,5 \text{ m}^3$.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Leftrightarrow p_2 = p_1 \cdot V_1 / V_2 \Rightarrow p_2 = 3 \text{ bar} \cdot 1 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$p_2 = 6 \text{ bar}$$

Νόμος Gay – Lussac

Ο όγκος ενός αερίου υπό σταθερά πίεση είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας. Διαφορετικά με θερμοκρασία αναφοράς τους $273,15 \text{ }^\circ\text{K}$ μια δεδομένη ποσότητα αερίου, διαστέλλεται κατά το $1/273,15$ του όγκου της όταν η θερμοκρασία της αυξηθεί κατά 1°K υπό σταθερά πίεση.

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 = \dots = \text{σταθερό}$$

Οι νόμοι Boyle- Mariotte και Gay – Lussac είναι εμπειρικές αλήθειες και επιβεβαιώνονται οπουδήποτε εκτελεστεί το πείραμα κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Όλους του παραπάνω νόμους , μπορούμε να τους συνθέσουμε σε ένα νόμο γνωστό σαν **νόμο των αερίων** , ο οποίος σχετίζει μεταξύ τους τα τρία καταστατικά μεγέθη **p,V** και **T**.

$$P \cdot V / T = \text{σταθερό}$$

Ο νόμος αυτός επαληθεύεται πειραματικά και ισχύει πάντα υπό την προϋπόθεση, ότι η ποσότητα του αερίου παραμένει κατά τη διαδικασία της μεταβολής αμετάβλητη. Για δύο τυχούσες καταστάσεις 1 και 2 με μάζα αερίου σταθερή έχουμε:

$$p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2 \quad \text{Με μάζα αερίου σταθερή}$$

Παράδειγμα: Ποσότητα αερίου $V_1=2\text{m}^3$ βρίσκεται υπό πίεση $p_1=4\text{bar}$ και θερμοκρασία $T_1 = 293,15 \text{ }^\circ\text{K}$. Θερμαίνουμε το αέριο έως ότου αποκτήσει τριπλάσια πίεση και διπλάσιο όγκο. Να βρεθεί η θερμοκρασία T_2 .

4.4 Γενικά περί ροής

Παροχή είναι το πηλίκο του διερχόμενου όγκου του ρευστού (υγρού ή αέριου) σε μία τυχαία διατομή της φλέβας, στη μονάδα του χρόνου.

$$Q = V/t = A \cdot l/t = A \cdot u$$

Οπου: l = Μήκος διατομής ρευστού σε cm

A =Επιφάνεια διατομής ρευστού σε cm^2

V = Όγκος ρευστού σε lit

t =Χρονος σε sec

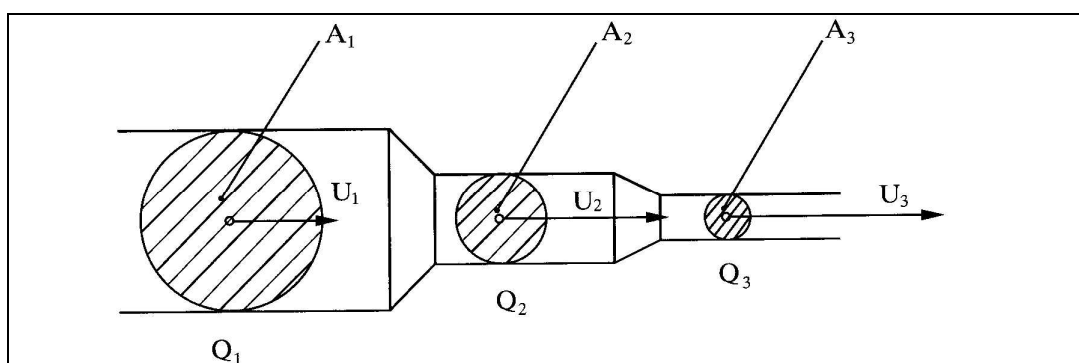
u =Ταχύτητα ρευστού σε cm/sec

Q =Παροχή του ρευστού σε lit/sec

Ορισμός της παροχής . **Νόμος συνέχειας ή διατήρησης της ύλης**. Η παροχή μιας φλέβας είναι σταθερή ανεξάρτητα από τη διατομή της.

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = A_3 \cdot V_3 \quad \text{και} \quad Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Σχήμα 4.3



- **Γραμμική ροή (Laminar Flow)**

Στην γραμμική ροή τα μόρια του ρευστού ακολουθούν προδιατεταγμένη(ορισμένη) τροχιά σε ομοιόμορφα στρώματα, παραπλεύρως άλλων μορίων, σπάνια ενοχλούν ή επηρεάζουν τροχιές γειτονικών μορίων, παρόλο ότι τα γειτονικά μόρια έχουν διαφορετικές ταχύτητες.

❖ **Τυρβώδη ή στροβιλώδη ροή(Turbulent Flow)**

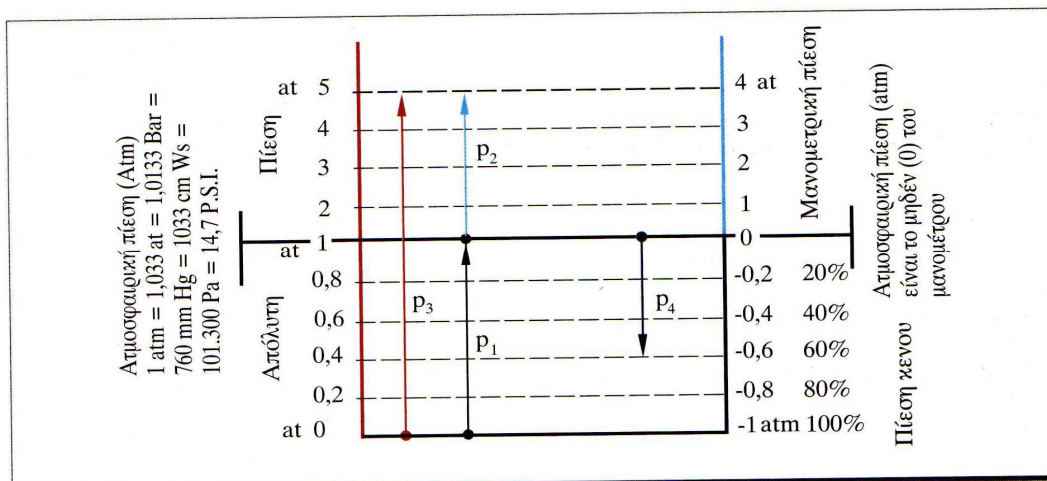
Στη τυρβώδη ροή οι γραμμές ροής (τροχιές των μορίων) συναντούνται μεταξύ τους τα μόρια, εκτός από την ταχύτητα μεταφοράς τους, εκτελούν και περιστροφική κίνηση, κάθετα προς τη διεύθυνση της ροής, με αποτέλεσμα τη δημιουργία στροβίλων, οι οποίοι αρχίζουν, σε περιοχές κοντά στα τοιχώματα του σωλήνα, όπου υπάρχουν υψηλότερες διατμητικές τάσεις.

Η δημιουργία τυρβώδους ροής, μέσα στους αγωγούς, αυξάνει, κατά πολύ τις αντιστάσεις ροής, και κατά συνέπεια τις απώλειες λόγω τριβών(πτώση πίεσης Δp), για αυτό είναι ένα ανεπιθύμητο μέγεθος.

4.5 Ονοματολογία των διαφορών πιέσεων και ο μεταξύ τους συσχετισμός

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε το συσχετισμό μεταξύ της απολύτου πίεσης της πίεσης κενού και της μανομετρικής πίεσης, παράλληλα με μια ποικιλία μετρήσεων τοποθετημένες πάνω σε αυτό.

Σχήμα 4.4



p_1 =Ατμοσφαιρική πίεση

p_2 =Μονομετρική πίεση

p_3 =Απόλυτη πίεση

p_4 =Πίεση κενού

Εκ των πραγμάτων παρατηρούμε, ότι μπορούμε μια πίεση να την εκφράσουμε με τρεις διαφορετικούς τρόπους π.χ. **Απόλυτος πίεση 0,4bar ή πίεση κενού 0,6 bar, 60% Κενό** και στις τρεις περιπτώσεις εννοούμε ακριβώς το ίδιο.

4.6 Όργανα ένδειξης πίεσης (Μανόμετρα Pressure gauges)

4.6.1 Γενικά

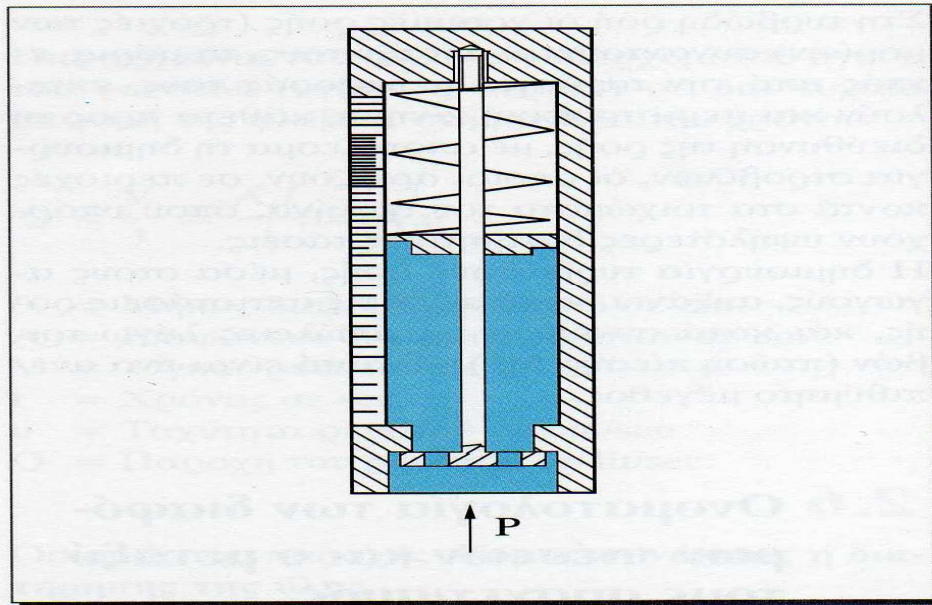
Τα όργανα ένδειξης πίεσης ή απλούστερα μανόμετρα είναι τα πλέον χρήσιμα στοιχεία σε ένα κύκλωμα. Διαμέσου των μανομέτρων είμαστε σε θέση να ρυθμίζουμε την επιθυμητή τιμή πίεσης σε βαλβίδες ελέγχου πίεσης όπως είναι π.χ. οι βαλβίδες Ασφαλείας, οι βαλβίδες ρύθμισης πίεσης, οι βαλβίδες διαδοχικής δράσης και να εκτελούμε ένα πλήθος διαφορετικών ελέγχων και ρυθμίσεων.

4.6.2 Όργανα ένδειξης πίεσης που λειτουργούν με την αρχή του εμβόλου

Τα πρώτα όργανα ένδειξης πίεσης που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά μετέτρεπαν τη γραμμική κίνηση ενός εμβόλου σε ένδειξη ενός δείκτη(βλ. Σχήμα). Η επιστροφή του εμβόλου στην αρχική του θέση μετά την άρση της πίεσης γινότανε διαμέσου ενός ελατηρίου. Πιο συγκεκριμένα το υπό πίεση μέσο εφαρμοζόταν στην επιφάνεια ενός εμβόλου το οποίο από την αντίθετη πλευρά εξισορροπούσε με τη δύναμη ενός ελατηρίου.

Σχήμα 4.5

Όργανο ένδειξης πίεσης εμβόλου



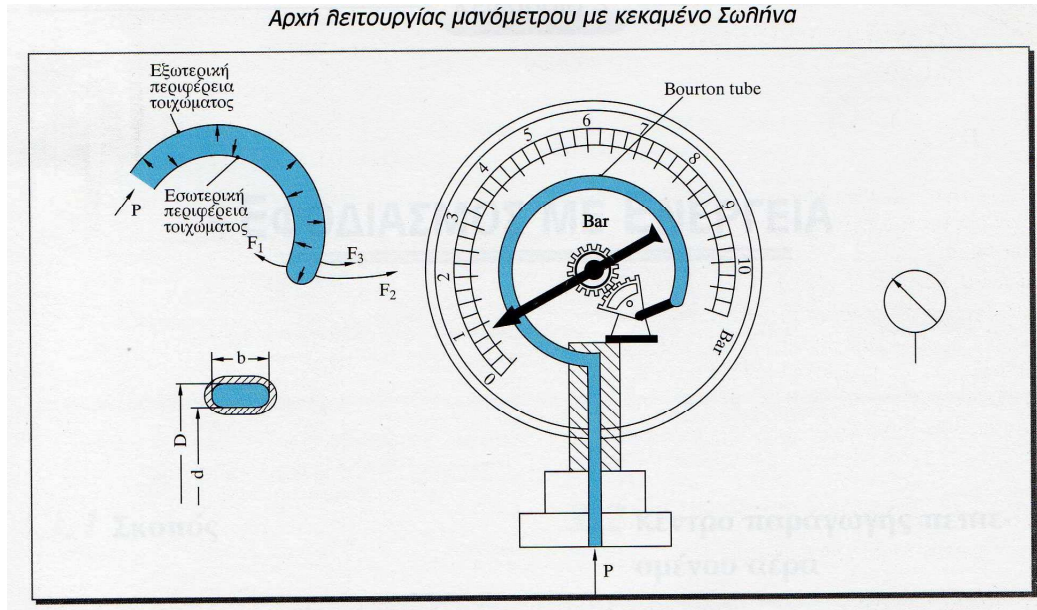
Η γραμμική κίνηση του εμβόλου διαμέσου κατάλληλα τοποθετημένων μοχλικών βραχίωνων και αρθρώσεων μετατρέπονταν σε περιστροφική κίνηση ενός δείκτη , ή μετακινούσε μαγνητικά μια σφαιρική μπίλια δείκτη , η οποία ήταν βυθισμένη μέσα στο υγρό ενός βαθμοθετημένου σωληνίσκου στα πλευρά της διάταξης ένδειξης πίεσης. Με την άρση της πίεσης το έμβολο χαμίλωνε, με αποτέλεσμα και η σφαιρική μπίλια να χαμηλώνει, ακολουθώντας την κίνηση του μαγνητικού εμβόλου.

Πολύ γρήγορα η παραπάνω μέθοδος εγκαταλείφθηκε μετά την ανακάλυψη από τον Bourdon του κεκαμένου σωλήνα ο οποίος προς τιμήν του έκτοτε ονομάζεται **bourdon tube**. Η υπεροχή, η μεγάλη διάρκεια ζωής, καθώς και η ακρίβεια ήταν μερικά από τα χαρακτηριστικά της δεύτερης μεθόδου η οποία χρησιμοποιείται χωρίς καμία ουσιαστική αλλαγή μέχρι και σήμερα.

Στο σχήμα 1.5 παρατηρούμε σχηματικά την αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία της μέτρησης της πίεσης, με τον κεκαμένο σωλήνα bourdon. Κάτω από

Σχήμα 4.6

Αρχή λειτουργίας μανόμετρου με κεκαμμένο σωλήνα



την επίδραση της πίεσης ο κεκαμμένος σωλήνας τείνει να ευθυγραμμιστεί. Αυτό συμβαίνει γιατί η εξωτερική επιφάνεια του κεκαμμένου σωλήνα είναι μεγαλύτερη της εσωτερικής αντίστοιχης από τη διαφορά των διαμέτρων D και d . Οπότε έχουμε $D > d$

Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργείται η συνισταμένη δύναμη F_3 η οποία μετατρέπεται σε περιστροφή του δείκτη με κατάλληλη διάταξη μοχλών και αρθρώσεων.

Ο κεκαμμένος σωλήνας μετά την άρση της πίεσης επανέρχεται στην αρχική του θέση και ο δείκτης στη θέση μηδέν. Με μια ποικιλία κεκαμμένων σωλήνων και διαφορετικών βαθμοθετήσεων ένα μανόμετρο μπορεί να δείχνει αρνητική πίεση (κενό), θετική πίεση (πάνω από την ατμοσφαιρική) ή απόλυτη πίεση η οποία αρχίζει να μετρά από το απόλυτο κενό και πάνω λαμβάνοντας δηλαδή υπόψη και την υπάρχουσα ατμοσφαιρική πίεση.

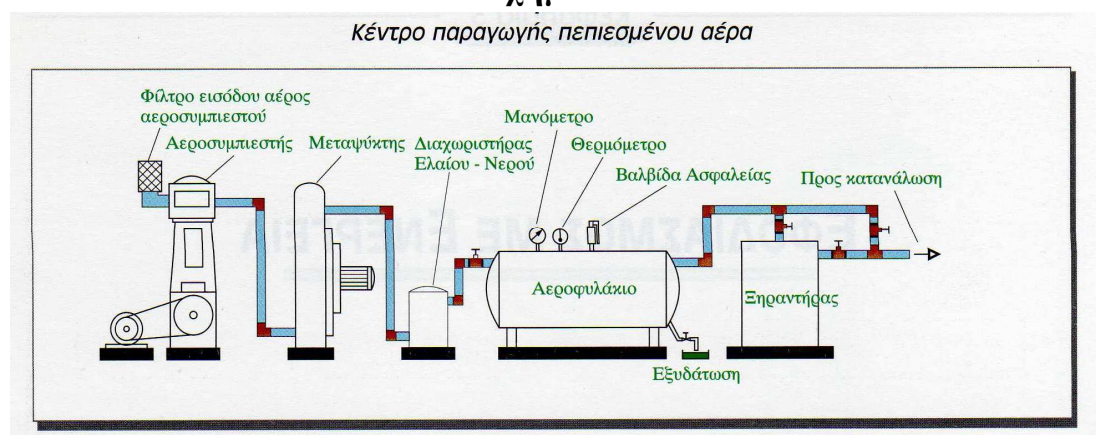
5.1 Κέντρο παραγωγής πεπιεσμένου αέρα

Έτσι ονομάζεται ο σταθμός στον οποίο είναι συγκεντρωμένα όλα στα επί μέρους μηχανήματα για την παραγωγή, αποθήκευση και επεξεργασία του πεπιεσμένου αέρα. Όταν μελετάμε ένα νέο σταθμό παραγωγής πεπιεσμένου αέρα, θα πρέπει να έχουμε προβλέψει και τη δυνατότητα της μελλοντικής επέκτασης του με την τοποθέτηση νέων αεροσυμπιεστών.

Η εκ των υστέρων επέκταση μιας εγκατάστασης αεροσυμπιεστών, στο ήδη υπάρχον κέντρο παραγωγής πεπιεσμένου αέρα είναι πάντοτε πολυδάπανη. Στο Σχ. 5.1 παρατηρούμε τα διάφορα επί μέρους μηχανήματα που πρέπει να υπάρχουν σε ένα κέντρο παραγωγής πεπιεσμένου αέρα.

Σχήμα 5.1

Κέντρο παραγωγής πεπιεσμένου αέρα



5.2 Παραγωγή πεπιεσμένου αέρα

Για την παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούμε ουσιαστικά δύο διαφορετικές μεθόδους, με αποτέλεσμα να έχουμε και δύο διαφορετικές κατηγορίες αεροσυμπιεστών.

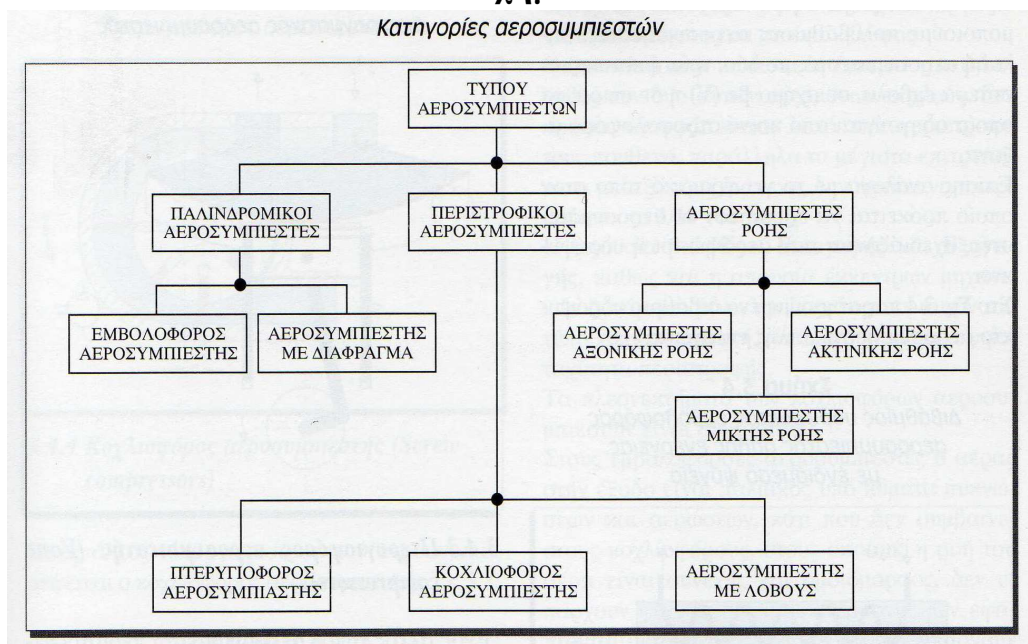
1. Αεροσυμπιεστές ροής και
2. Αεροσυμπιεστές θετικού εκτοπίσματος

Η πρώτη κατηγορία αεροσυμπιεστών χρησιμοποιεί την αρχή της ροής του αέρα , εισάγει τον αέρα από την μια πλευρά και συμπιέζοντας τον επιταχύνει τη μάζα του. Η παραπάνω κατηγορία αεροσυμπιεστών βρίσκει εφαρμογές στον αερισμό χώρων και υπογείων στοών, π.χ. τούνελ, μετρό, υπογείων διαβάσεων κ.τ.λ. όπου η σταθερότητα της πίεσης δεν ενδιαφέρει και τόσο. Οι αεροσυμπιεστές ροής κατασκευάζονται σαν αεροσυμπιεστές ακτινικής ροής, αξονικής ροής ή μικτής ροής.

Η δεύτερη κατηγορία αεροσυμπιεστών είναι εκείνη η κατηγορία η οποία και κυρίως ενδιαφέρει την βιομηχανία. Χρησιμοποιεί την αρχή της μετατόπισης του αέρα, όπου κάθε αντλητικό στοιχείο(έμβολο, πτερύγιο, κοχλίας, λοβός), περιλαμβάνει με το πέρασμα του από την αναρρόφηση μία ποσότητα αέρος, την οποία και μεταφέρει μαζί του σε όλη τη διάρκεια της κίνησης μέχρι την έξοδο, όπου και την καταθλίβει.

Σχήμα 5.2

Κατηγορίες αεροσυμπιεστών

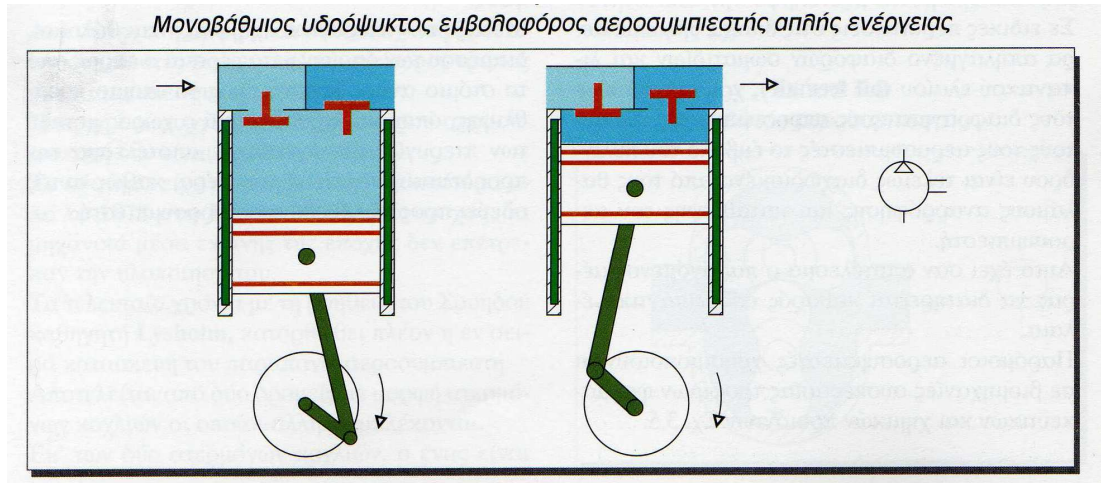


5.3 Κύριοι τύποι αεροσυμπιεστών

5.3.1 Εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές(Piston compressors)

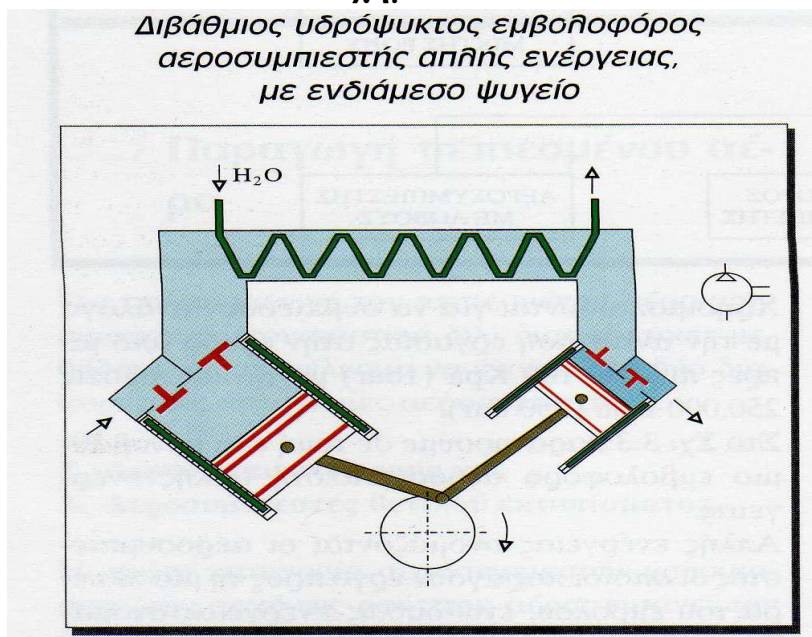
Οι αεροσυμπιεστές αυτοί ονομάζονται και παλινδρομικοί αεροσυμπιεστές, είναι οι περισσότερο διαδεδομένοι και σε χρήση στη βιομηχανία. Χρησιμοποιούνται για να συμπιέσουν ανάλογα με την αντίσταση εργασίας στην έξοδο από μικρές πιέσεις 100 Kpa (1bar) μέχρι και πιέσεις 250.000 Kpa (250bar). Στο Σχ. 5.3 παρατηρούμε σε τομή ένα μονοβάθμιο εμβολοφόρο αεροσυμπιεστή απλής ενέργειας. Απλής ενέργειας ονομάζονται οι αεροσυμπιεστές οι οποίοι παράγουν έργο προς τη μία πλευρά του εμβόλου, ενώ διπλής ενέργειας ονομάζονται οι αεροσυμπιεστές οι οποίοι παράγουν έργο και προς τις δύο πλευρές του εμβόλου.

Σχήμα 5.3



Για να επιτύχουμε υψηλότερες πιέσεις , χρησιμοποιούμε πολυβάθμιους αεροσυμπιεστές, δηλαδή με δύο, τρία ή και περισσότερα έμβολα, σε σχήμα V ή σε σειρά , τα οποία οδηγούνται από κοινό στροφαλοφόρο άξονα. Επίσης ανάλογα με το γεωγραφικό τόπο στον οποίο πρόκειται να εργαστούν οι αεροσυμπιεστές, σχεδιάζονται σαν αερόψυκτοι ή υδρόψυκτοι. Στο Σχ. 5.4 παρατηρούμε ένα διβάθμιο υδρόψυκτο αεροσυμπιεστή απλής ενέργειας.

Σχήμα 5.4



5.4.2 Διαφραγματικός αεροσυμπιεστής(Diaphragm compressors) \

Σε ειδικές περιπτώσεις στις οποίες θέλουμε αέρα απηλαγμένο διαφόρων σωματιδίων και λιπαντικού ελαίου (oil free air), χρησιμοποιούμε τους διαφραγματικούς αεροσυμπιεστές. Σε αυτούς τους αεροσυμπιεστές το έμβολο του κυλίνδρου είναι τελείως διαχωρισμένο από τους θαλάμους αναρρόφησης και

κατάθλιψης του αεροσυμπιεστή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο παραγόμενος αέρας να διατηρείται καθαρός από λιπαντικά έλαια.

Παρόμοιοι αεροσυμπιεστές χρησιμοποιούνται σε βιομηχανίες συσκευασίας τροφίμων, φαρμακευτικών και χημικών προϊόντων(Βλ. Σχήμα 5.5)

Σχήμα 5.5

Διαφραγματικός αεροσυμπιεστής



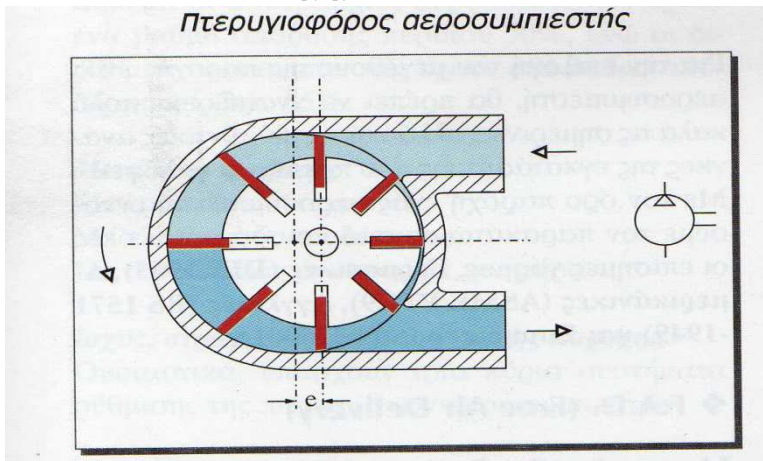
5.4.3 Πτερυγοφόρος αεροσυμπιεστής(Vane compressors)

Ένας άλλος τύπος αεροσυμπιεστή περιστροφικός αυτή τη φορά είναι ο πτερυγοφόρος αεροσυμπιεστής.(Σχ. 5.6)

Αυτόν τον τύπο του αεροσυμπιεστή τον διακρίνουν πλεονεκτήματα όπως είναι, η έλλειψη βαλβίδων, η χαμηλού κυματισμού ροή του αέρα στην έξοδο, καθώς και ο μικρός όγκος κατασκευής. Αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο ρότορα, έκκεντρα τοποθετημένο εσωτερικά ενός κελύφους. Ακτινικά ο ρότορας φέρει σχισμές, εντός των οποίων ολισθαίνουν πτερύγια, τα οποία με την περιστροφή ωθούνται από τη φυγόκεντρο δύναμη αντιγράφοντας το εσωτερικό του κελύφους.

Σχήμα 5.6

Πτερυγοφόρος αεροσυμπιεστής



Μεταξύ των πτερυγίων σχηματίζονται θάλαμοι, διαμέσου των οποίων μεταφέρεται ο αέρας από το στόμιο αναρρόφησης προς το στόμιο κατάθλιψης, όπου και

προοδευτικά ο χώρος μεταξύ των πτερυγίων μειώνεται, με αποτέλεσμα την προοδευτική συμπίεση του αέρα, καθώς αυτός οδεύει προς την έξοδο του αεροσυμπιεστή.

5.4.4 Κοχλιοφόρος αεροσυμπιεστής (Screw compressors)

Ένας άλλος τύπος περιστροφικού αεροσυμπιεστή είναι ο κοχλιοφόρος αεροσυμπιεστής. (Σχ. 5.7.)

Δεν υπάρχει η αμφιβολία ότι οι κοχλιοφόροι αεροσυμπιεστές είναι ο πλέον καλύτερος τρόπος για να συμπιέσουμε τον αέρα. Η αρχή λειτουργίας του κοχλιοφόρου αεροσυμπιεστή δεν είναι απολύτως νέα. Το σύστημα είχε μελετηθεί πολύ παλαιότερα από το 1878 στη Γερμανία, αλλά δυστυχώς, τα μηχανικά μέσα εκείνης της εποχής δεν επέτρεπαν την υλοποίησή του.

Τα τελευταία χρόνια με τη βοήθεια του Σουηδού καθηγητή Lysholm, κατορθώνει πλέον η εν σειρά κατασκευή του παραπάνω αεροσυμπιεστή. Αποτελείται από δύο δρομείς με μορφή ατέρμωνων κοχλιών οι οποίοι αλληλοεμπλέκονται.

Εκ' των δύο ατέρμωνων κοχλιών, ο ένας είναι αρσενικός και ο θηλυκός και συνεργάζονται κλεισμένοι μέσα σε ένα κέλυφος. Η δυσκολία στην κατασκευή έγκειται στο ότι οι λοβοί των δύο αυτών ατέρμωνων κοχλιών, δεν πρέπει να εφάπτονται κατά την περιστροφή τους πουθενά, παράλληλα τα μέγιστα επιτρεπόμενα μεταξύ τους διάκενα, δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1/10 του mm.

Η απουσία βαλβίδων Εισαγωγής και Εξαγωγής, καθώς και η απουσία έκκεντρων μηχανικών δυνάμεων, δίνει την ικανότητα σ' αυτόν τον τύπο αεροσυμπιεστή, να λειτουργεί με υψηλή ταχύτητα περιστροφής. Τα πλεονεκτήματα των κοχλιοφόρων αεροσυμπιεστών είναι συντριπτικά.

Στους εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές ο αέρας στην έξοδο είναι παλμικός υπό κύματα πυκνώσεων και αερώσεων, κάτι που δεν συμβαίνει στους κοχλιοφόρους, στους οποίους η ροή του αέρα είναι συνεχής και ομοιόμορφος, δεν υπάρχουν φθορές αφού οι ατέρμονες δεν εφάπτονται μεταξύ τους και ακόμη δεν υπάρχουν βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης. Έχουν μικρό βάρος και όγκο και η συντήρησή τους είναι πρακτικά ανύπαρκτη.

Σχήμα 5.7

Κοχλιοφόρος αεροσυμπιεστής



5.4.5 Αεροσυμπιεστές με λοβούς (Two impeller blower compressors)

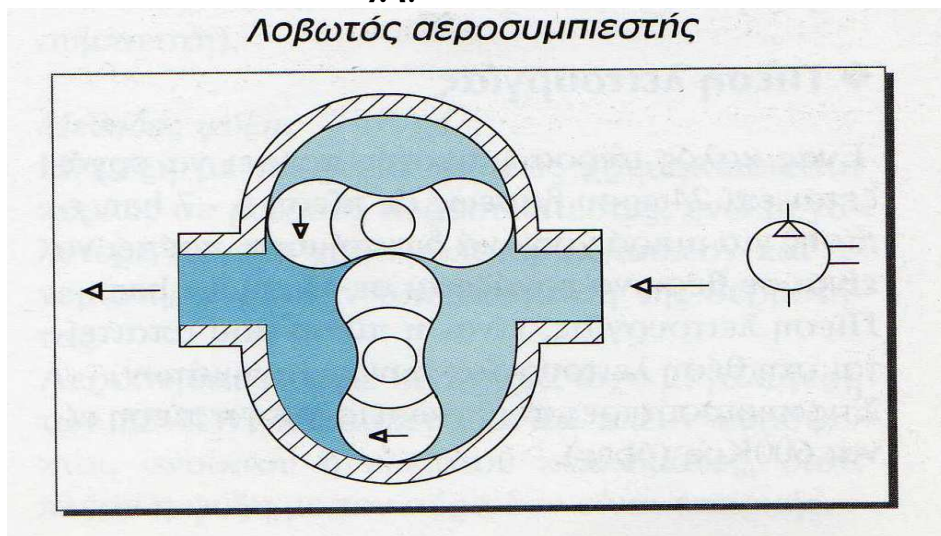
Στους παραπάνω αεροσυμπιεστές ο αέρας οδηγείται από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη χωρίς να λαμβάνει χώρα καμία αλλαγή στον όγκο του. Οι ανοχές μεταξύ των περιστρεφόμενων λοβών, καθώς και μεταξύ αυτών και του κελύφους, εξασφαλίζουν την απαιτούμενη στεγανότητα από την υψηλότερη πίεση της πλευράς κατάθλιψης. (Σχ.5.8)

Εντός του κελύφους του αεροσυμπιεστή δεν λαμβάνει χώρα εσωτερική συμπίεση, όπως συμβαίνει στους πτερυγιοφόρους, εμβολοφόρους και κοχλιοφόρους αεροσυμπιεστές, οπότε οι λοβωτοί αεροσυμπιεστές ανήκουν στην κατηγορία των ογκομετρικών μηχανών, δηλαδή των αεροσυμπιεστών οι οποίοι μεταφέρουν μια ποσότητα αέρα από την αναρρόφηση στην κατάθλιψη, χωρίς καμία συμπίεση.

Η συμπίεση του αέρα στους λοβωτούς αεροσυμπιεστές λαμβάνει χώρα από την αντίσταση που προβάλλει η πλευρά κατάθλιψης. Ουσιαστικά δύο όμοιοι συμμετρικοί λοβοί περιστρέφονται αντίθετα εντός ενός κυλινδρικού χυτού κελύφους. Καθώς οι λοβοί εμπλέκονται, τα μεταξύ τους διαστήματα παραμένουν σταθερά διαμέσου της εμπλοκής ενός ζεύγους εξωτερικών οδοντωτών τροχών χρονισμού.

Σχήμα 5.8

Λοβωτός αεροσυμπιεστής



Τα συμπιεζόμενα μεταξύ των λοβών διαστήματα δεν λιπαίνονται, ενώ παρόμοιοι αεροσυμπιεστές είναι κανονικοί αερόψυκτοι. Λοβωτοί αεροσυμπιεστές χρησιμοποιούνται σαν αντλίες κενού, παροχόμετρα για τη μέτρηση της παροχής αερίων, πνευματική μεταφορά διαφόρων προϊόντων όπως είναι π.χ. η ζάχαρη, το στάρι, το τσιμέντο κ.τ.λ.

5.5 Κριτήρια επιλογής αεροσυμπιεστών

Τα περισσότερα σημαντικά κριτήρια είναι:

❖ Πίεση λειτουργίας

Ένας καλός αεροσυμπιεστής πρέπει να εργάζεται επί 24ωρου βάσεως σε πίεση 6-7 bar, επίσης για μικρά χρονικά διαστήματα, πρέπει να είναι σε θέση να εργάζεται σε πίεση 8,8 bar. Πίεση λειτουργίας, είναι η πίεση που απαιτείται στη θέση λειτουργίας των μηχανημάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτή η πίεση είναι 600KPa(6bar).

❖ Μέγεθος παροχής αεροσυμπιεστή

Για την επιλογή του μεγέθους της παροχής ενός αεροσυμπιεστή, θα πρέπει να γνωρίζουμε πολύ καλά τις σημερινές, αλλά και τις μελλοντικές ανάγκες της εγκατάστασης που πρέπει να καλύψει. Με τον όρο παροχή ενός αεροσυμπιεστή εννοούμε τον παρακάτω ορισμό που δέχονται όλες οι επίσημες νόρμες. Γερμανικές(DIN 1945),Αμερικάνικες (ASME PTC9),Αγγλικές(BS 1571), και Σουηδικές(SIS 370001).

❖ FAD (Free Air Delivery)

Με τον όρο F.A.D.(παροχή σε ελεύθερο αέρα), ονομάζουμε την πραγματική ποσότητα του αέρα που αποδίδει ο αεροσυμπιεστής στο στόμιο καταθλίψεως, στη μονάδα του χρόνου, αφού προηγουμένως τον αναγάγουμε στην αρχική του κατάσταση δηλαδή, στην πίεση και τη θερμοκρασία που επικρατούν κατά τη μέτρηση, στο στόμιο αναρρόφησης του αεροσυμπιεστή και όχι στις συνθήκες(πίεση και θερμοκρασία) που επικρατούν στον αέρα του περιβάλλοντος.

Κατ'αυτόν τον τρόπο το νούμερο αυτό της παροχής παραμένει περίπου σταθερό, ακόμη και εάν οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας στο στόμιο αναρρόφησης του αεροσυμπιεστή μεταβληθούν.

Ουσιαστικά η φυσική ποσότητα η οποία δεν διατηρείται σταθερή στις ελαφρές διακυμάνσεις της πίεσης και θερμοκρασίας στο στόμιο αναρρόφησης του αεροσυμπιεστή, είναι η Μάζα του αέρα (συνολική ποσότητα των μορίων του αέρα) που παραλαμβάνουμε στην κατάθλιψη του αεροσυμπιεστή.

Φυσικά δεν ευθύνεται καθόλου ο κατασκευαστής του αεροσυμπιεστή για τις μεταβολές της βαρομετρικής πίεσης και θερμοκρασίας, ή εάν εμείς τη μια φορά λειτουργούμε τον αεροσυμπιεστή στο επίπεδο της θαλάσσης και την άλλη σε υψόμετρο 2000m.

Άλλα κριτήρια είναι:

Σχεδιασμός

Μονοβάθμιος ή πολυβάθμιος , Απλής ή διπλής ενέργειας, διάταξη κυλίνδρων , πτερυγιοφόρος ,κκοχλιοφόρος κλπ. Σήμερα οι μονοβάθμιοι αεροσυμπιεστές έχουν ένα βαθμό απόδοσης περίπου 70%, ενώ οι διβάθμιοι αεροσυμπιεστές έχουν ένα βαθμό απόδοσης περίπου 85%.

Μετάδοση κίνησης

Με τραπεζοειδείς ιμάντες

Με ελαστικούς συνδέσμους

Με απ'ευθείας σύνδεση με κινητήρα

Ισχύς, στροφές, Σύστημα ρύθμισης παροχής

Ουσιαστικά , υπάρχουν τρία κύρια συστήματα ρύθμισης της παροχής των αεροσυμπιεστών.

1. Ρύθμιση με σύνδεση –αποσύνδεση του κινητήρα
2. Ρύθμιση με κλειστή εισαγωγή
3. Ρύθμιση από τη βαλβίδα εισαγωγής

❖ Ρύθμιση με σύνδεση – αποσύνδεση του κινητήρα

Αυτός ο τρόπος ρύθμισης της παροχής χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρά μεγέθη αεροσυμπιεστών (κυρίως κινητούς αεροσυμπιεστές), χωρίς ο κινητήρας του αεροσυμπιεστή να σταματά να εργάζεται. Η σύνδεση –αποσύνδεση του κινητήρα επιτυγχάνεται διαμέσου πρεσοστάτη (Pressure switch).

Ο κινητήρας του αεροσυμπιεστή αποσυνδέεται όταν η πίεση φθάσει στην επιθυμητή p_{max} και αντίστροφα ο κινητήρας του αεροσυμπιεστή επανασυνδέεται και πάλι, όταν η πίεση πέσει στο p_{min} .

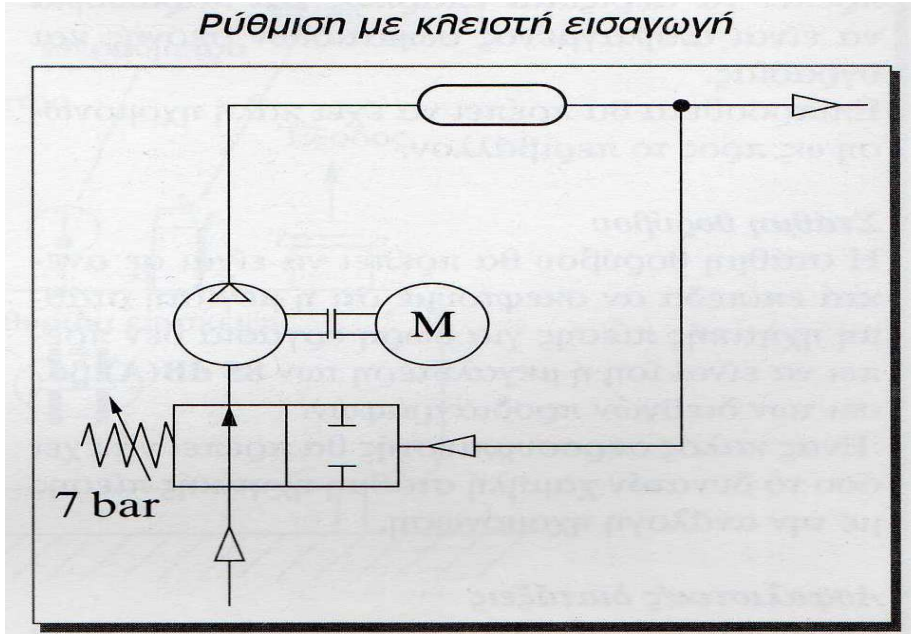
Μειονέκτημα του παραπάνω τρόπου ρύθμισης, είναι ότι απαιτεί μεγάλο όγκο αεροφυλακίου, έτσι ώστε να περιορίζεται σε ανεκτά επίπεδα η συχνότητα των κύκλων σύνδεσης αποσύνδεσης του κινητήρα.

❖ Ρύθμιση με κλειστή εισαγωγή

Μ'αυτόν τον τρόπο ρύθμισης το στόμιο αναρρόφησης του αεροσυμπιεστή διατηρείται κλειστό με αποτέλεσμα ο αεροσυμπιεστής να μη μπορεί

Σχήμα 5.9

Ρύθμιση με κλειστή εισαγωγή



ν' αναρροφήσει αέρα και να εργάζεται εν κενό. Ο παραπάνω τρόπος ρύθμισης χρησιμοποιείται κυρίως σε κοχλιωτούς αεροσυμπιεστές. (Σχ.5.9)

❖ Ρύθμιση από τη βαλβίδα εισαγωγής

Αυτός ο τρόπος ρύθμισης της παροχής χρησιμοποιείται κυρίως σε εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές. Η μέθοδος αυτή είναι πραγματικά πολύ απλή, συνιστάται στο ότι η βαλβίδα αναρρόφησης του αεροσυμπιεστή, διαμέσου ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας διατηρείται ανοικτή, με αποτέλεσμα ο αεροσυμπιεστής να μη μπορεί να συμπιέσει.

Η εντολή προς τον κύλινδρο απλής ενέργειας, έρχεται από μια βαλβίδα πιλότο όταν η πίεση στο αεροφυλάκιο είναι στα μέγιστα επιθυμητά όρια (εκφόρτωση αεροσυμπιεστή) και διακόπτεται όταν η πίεση στο αεροφυλάκιο, πέσει στα ελάχιστα επιθυμητά όρια (φόρτωση αεροσυμπιεστή).

Μέθοδος ψύξης

Η ψύξη με πτερύγια ψύξεως χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς αεροσυμπιεστές, ενώ μεγαλύτερα μεγέθη χρησιμοποιούν επιπλέον και ανεμιστήρα για την απομάκρυνση της θερμότητας. Αεροσυμπιεστές με κινητήρια ισχύ μεγαλύτερη των 35KW, κατασκευάζονται πλέον υδρόψυκτοι, ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος, διότι πλέον η ψύξη με τον αέρα δεν είναι επαρκής.

Χώρος εγκατάστασης

Ο χώρος εγκατάστασης των αεροσυμπιεστών πρέπει να αερίζεται επαρκώς και παράλληλα να είναι απαλλαγμένος σωματιδίων σκόνης και υγρασίας. Επιπρόσθετα θα πρέπει να έχει καλή ηχομόνωση ως προς το περιβάλλον.

Στάθμη θορύβου

Η στάθμη θορύβου θα πρέπει να είναι σε ανεκτά επίπεδα αν σκεφτούμε ότι η μέγιστη στάθμη ηχητικής πίεσης για δωρη εργασία δεν πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη 85 dB(A) βάσει των διεθνών προδιαγραφών. Ένας καλός αεροσυμπιεστής θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν χαμηλή στάθμη ηχητικής πίεσης με την ανάλογη ηχομόνωση.

Ασφαλιστικές διατάξεις

Οι κυριότερες ασφαλιστικές διατάξεις σε έναν αεροσυμπιεστή, αφορούν την κυκλοφορία του λιπαντικού ελαίου και του νερού ψύξεως, άρα θα είναι εφοδιασμένος με τα κατάλληλα όργανα, έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των παραπάνω στοιχείων. Στην περίπτωση που είναι αδύνατη η συνεχής παρακολούθηση, τότε ειδικές διατάξεις θα πρέπει να τεθούν εκτός λειτουργίας τον αεροσυμπιεστή, όταν η πίεση του ελαίου λίπανσης ελαττωθεί σε κρίσιμο επίπεδο, ή η θερμοκρασία του ανυψωθεί από ελαττωματική κυκλοφορία του νερού ψύξης.

Κατανάλωση ενέργειας

Είναι γνωστό ότι οι δαπάνες σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ή καυσίμων, ενός σχετικά καλού αεροσυμπιεστή, για χρονικό διάστημα περίπου 3 χρόνων με δωρη λειτουργία, υπερβαίνουν το αρχικό ποσό αγοράς του. Αυτή η διαπίστωση είναι αρκετή, για να μας αποδείξει ότι και μια ελάχιστη διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας, μεταξύ δύο αεροσυμπιεστών με το ίδιο F.A.D., είναι ασύμφορη μακροχρόνια.

❖ Συντήρηση (service) –Κόστος

Ένας αεροσυμπιεστής ο οποίος μετά την πώληση του δεν έχει ικανοποιητική υποστήριξη και service, τότε καλύτερα είναι να μην αγοράζεται. Το κόστος αγοράς ενός αεροσυμπιεστή είναι το τελευταίο που πρέπει να εξετάζεται σε σύγκριση με κάποιον άλλο ο οποίος έχει όλες τις προηγούμενες προδιαγραφές ίδιες.

5.6 Αεροφυλάκιο

Το αεροφυλάκιο είναι απαραίτητο σ' ένα κέντρο παραγωγής πεπιεσμένου αέρα γιατί ουσιαστικά εξυπηρετεί:

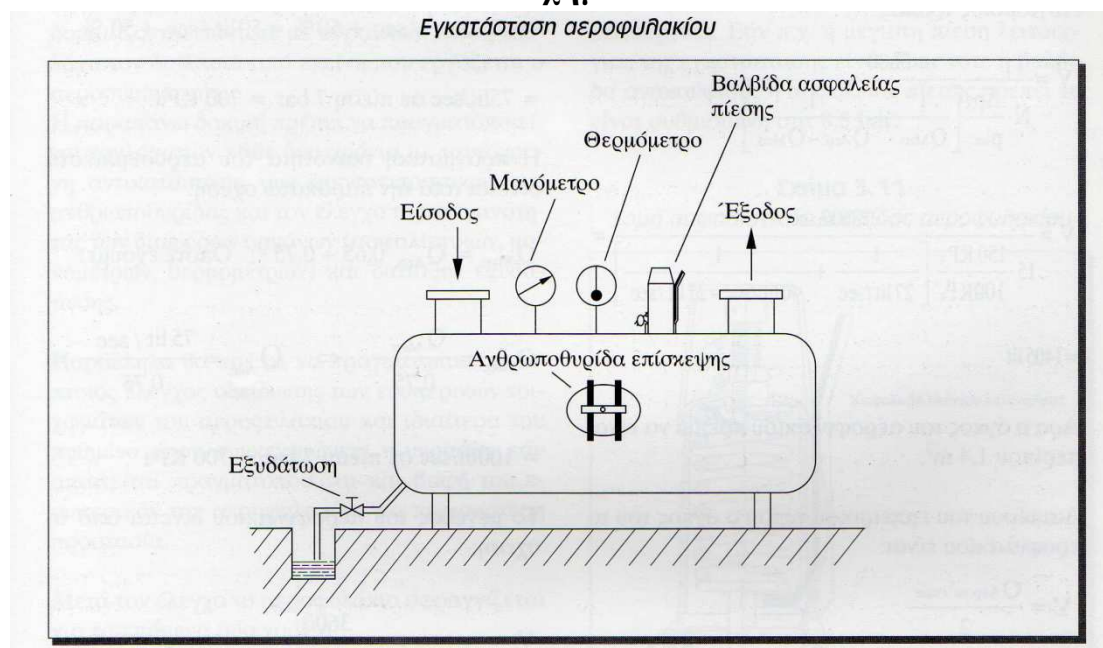
- ❖ Στο να αποθηκεύεται μια δεδομένη ποσότητα αέρα για βραχύχρονες μεγάλες ζητήσεις, οι οποίες υπερβαίνουν την ικανότητα παροχής του αεροσυμπιεστή.
- ❖ Αυξάνει τη δυνατότητα ψύξης του πεπιεσμένου αέρα. Η μεγάλη εξωτερική επιφάνεια του διευκολύνει την ψύξη του αέρα, έτσι ένα ποσοστό της υγρασίας που περιέχετε στον αέρα, απομακρύνεται με τη μορφή συμπυκνωμάτων(νερού) κατ' ευθεία από το αεροφυλάκιο.
- ❖ Εξισορροπεί τη πίεση του πεπιεσμένου αέρα επιτυγχάνοντας τη εξομάλυνση των διακυμάνσεων αυτής.
- ❖ Εμποδίζει στο να απαιτούνται μικροί χρόνοι φόρτωσης και εκφόρτωσης στη λειτουργία του αεροσυμπιεστή.

Στο Σχ. 5.10 παρατηρούμε ένα αεροφυλάκιο με όλα τα απαραίτητα όργανα που πρέπει να το συνοδεύουν. Το μέγεθος ενός αεροφυλακίου εξαρτάται από πολλές παραμέτρους σημαντικότερες των οποίων είναι:

- ❖ Η παροχή του αεροσυμπιεστή.
- ❖ Η κατανάλωση του πεπιεσμένου αέρα.
- ❖ Ο τύπος ρύθμισης της φόρτωσης – εκφόρτωσης του αεροσυμπιεστή.
- ❖ Η επιτρεπόμενη διαφορά πίεσης Δp μεταξύ της τιμής εκφόρτωσης p_1 (max τιμή) και φόρτωσης p_2 (min τιμή) του αεροσυμπιεστή.

Σχήμα 5.10

Εγκατάσταση αεροφυλακίου



Ο όγκος ενός αεροφυλακίου μπορεί να υπολογιστεί διαμέσου της παρακάτω σχέσης:

$$V = \frac{3600}{N * \frac{\Delta p}{p_{at}} \left[\frac{1}{Q_{μεσ}} + \frac{1}{Q_{αερ} - Q_{μεσ}} \right]}$$

Όπου:

V = Όγκος αεροφυλακίου σε lt

Δp = Διαφορά μεταξύ της μέγιστης (max) και ελάχιστης πίεσης (min) λειτουργίας του αεροφυλακίου σε KPa(απόλυτη πίεση).

p_{at} = Ατμοσφαιρική πίεση σε KPa(απόλυτη πίεση, για πρακτικούς λόγους λαμβάνεται 100 KPa).

Q_{Μεσ.} = Μέση ζητούμενη παροχή από το αεροφυλάκιο σε lt/sec.

Q_{Αερ.} = Παροχή αεροσυμπιεστή σε lt/sec.

N = Αριθμός κύκλων λειτουργίας ανά ώρα (Φόρτωση-εκφόρτωση αεροσυμπιεστή = 1κύκλος λειτουργίας). Ένας κανονικός αριθμός κύκλων λειτουργίας είναι περίπου 15/h.

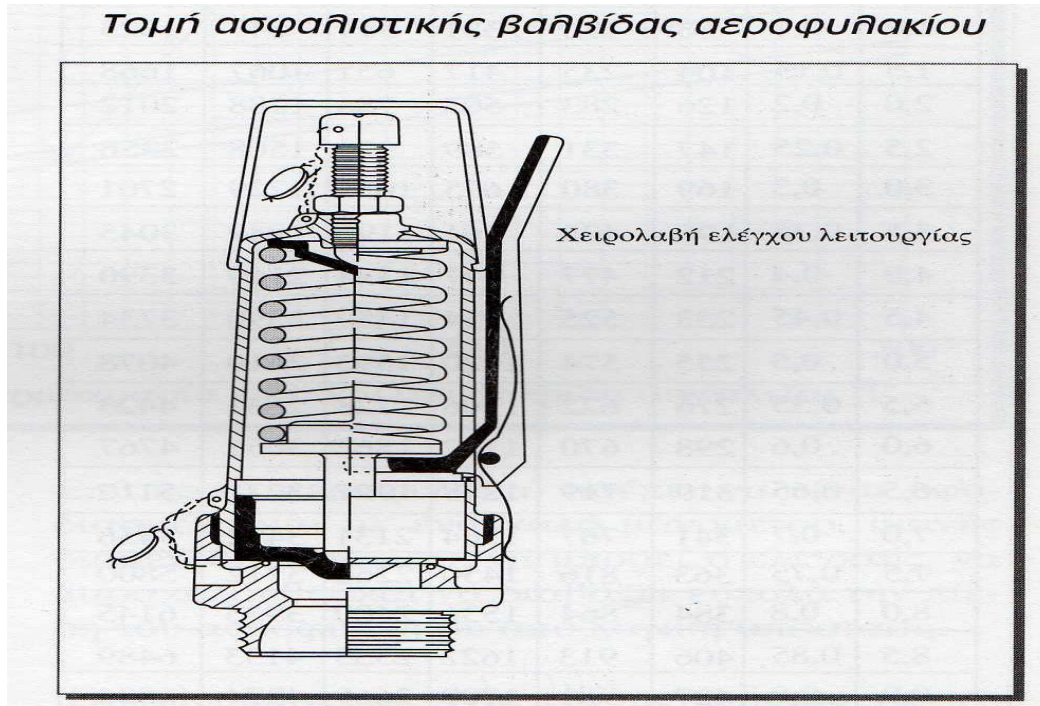
Συγκεκριμένα τα αεροφυλάκια θα πρέπει να δοκιμάζονται πάντοτε με υδραυλική πίεση τουλάχιστον διπλάσια από εκείνη που εργάζεται ο αεροσυμπιεστής. Η παραπάνω δοκιμή πρέπει να πραγματοποιείται τουλάχιστον κάθε δύο χρόνια με ταυτόχρονη αντικατάσταση των στεγανοποιητικών της ανθρωποθυρίδας και τον έλεγχο της στεγανότητας των διαφόρων οργάνων (ασφαλιστικών, μανομέτρων, θερμομέτρων) και διάταξης εξυδάτωσης.

Παράλληλα θα πρέπει να πραγματοποιείται οπτικός έλεγχος οξείδωσης των εσωτερικών τοιχωμάτων του αεροφυλακίου και ιδιαίτερα του πυθμένα όπου συγκεντρώνετε η υγρασία, εάν απαιτείται πραγματοποιείται και βαφή του εσωτερικού του αεροφυλακίου για περισσότερη προστασία. Μετά τον έλεγχο το αεροφυλάκιο σφραγίζεται για τα επόμενα δύο χρόνια.

Κάθε αεροφυλάκιο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με μια ανακουφιστική βαλβίδα (Σχ. 5.11) ρυθμισμένη σε πίεση λίγο ανώτερη από τη πίεση λειτουργίας. Εάν π.χ. η μέγιστη πίεση λειτουργίας της εγκατάστασης είναι **7bar** τότε η βαλβίδα ανακούφισης ή ασφαλείας πίεσης πρέπει να είναι ρυθμισμένη στα **8,5bar**.

Σχήμα 5.11

Τομή ασφαλιστικής βαλβίδας αεροφυθλακίου



Το μέγεθος της βαλβίδας ασφαλείας πρέπει να είναι δεδομένο, έτσι ώστε σε μια κατάσταση ανάγκης να είναι σε θέση να απελευθερώσει άνετα όλη την εισερχόμενη παροχή του ή των αεροσυμπιεστών που τροφοδοτούν το αεροφυλάκιο.

Στον παρακάτω πίνακα 5.12 της εταιρίας Honeywell Mosbach Germany παρατηρούμε την ικανότητα εκφόρτωσης πεπιεσμένου αέρα σε φυσική κανονική κατάσταση (Nm^3/h σε 0°C , 1,013 bar) από βαλβίδες ασφαλείας πίεσης αεροφυλακίων κατασκευής της Εταιρίας, συναρτήσει του μεγέθους της βαλβίδας και της πίεσης ρύθμισης αυτής (Set pressure).

Πίνακας 5.12

Ικανότητα εκφόρτωσης πεπιεσμένου αέρα σε Nm³/h στους 0°C, 1,013 bar
από βαλβίδες ασφάλειας πίεσης της Εταιρίας Honeywell

Πίεση ρύθμ.		Ικανοτ. εκφορ. σε Nm ³ /h (0°C, 1,013 bar)					
bar	MPa	R1/2	R3/4	R 1	R11/4	R11/2	R 2
0,5	0,05	59	133	237	370	606	947
1,0	0,1	83	186	331	517	847	1323
1,5	0,15	104	235	417	651	1067	1668
2,0	0,2	126	283	503	786	1288	2012
2,5	0,25	147	331	589	920	1508	2356
3,0	0,3	169	380	675	1055	1729	2701
3,5	0,35	190	428	761	1190	1949	3045
4,0	0,4	212	477	847	1324	2169	3390
4,5	0,45	233	525	934	1459	2390	3734
5,0	0,5	255	574	1020	1593	2610	4078
5,5	0,55	276	622	1106	1728	2831	4423
6,0	0,6	298	670	1192	1862	3051	4767
6,5	0,65	319	719	1278	1997	3271	5112
7,0	0,7	341	767	1364	2131	3492	5456
7,5	0,75	363	816	1450	2266	3712	5800
8,0	0,8	384	864	1536	2400	3933	6145
8,5	0,85	406	913	1622	2535	4153	6489
9,0	0,9	427	961	1708	2669	4374	6834
9,5	0,95	449	1009	1795	2804	4594	7178
10,0	1	470	1058	1881	2938	4814	7522
10,5	1,05	492	1106	1967	3073	5035	7867
11,0	1,1	513	1155	2053	3208	5255	8211
11,5	1,15	535	1203	2139	3342	5476	8556
12,0	1,2	556	1252	2225	3477	5696	8900
12,5	1,25	578	1300	2311	3611	5916	9244
13,0	1,3	599	1348	2397	3746	6137	9589
13,5	1,35	621	1397	2483	3880	6357	9933
14,0	1,4	642	1445	2569	4015	6578	10278
14,5	1,45	664	1494	2656	4149	6798	10622
15,0	1,5	685	1542	2742	4284	7019	10966

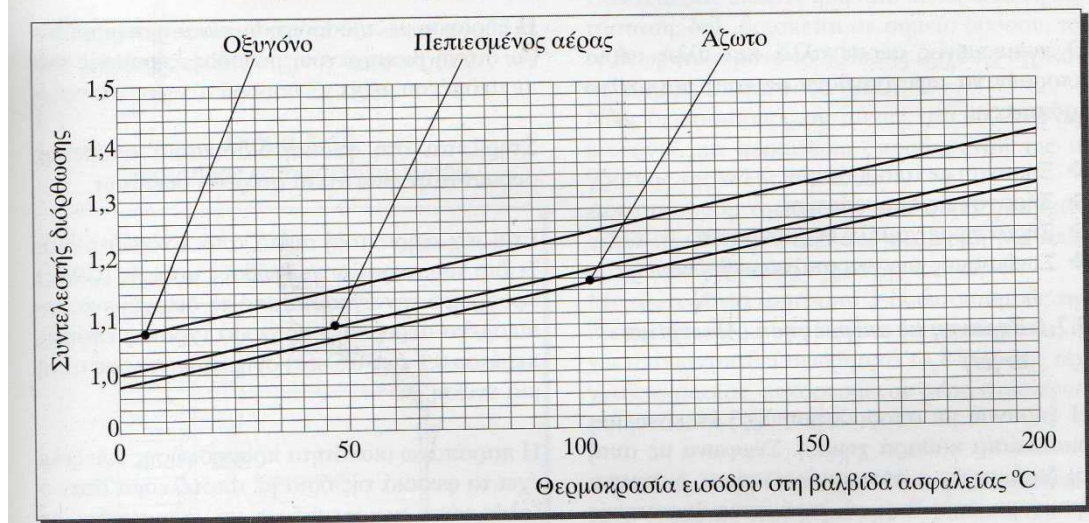
Πίεση ρύθμ.		Ικανοτ. εκφορ. σε Nm ³ /h (0°C, 1,013 bar)					
bar	MPa	R1/2	R3/4	R 1	R11/4	R11/2	R 2
15,5	1,55	707	1591	2828	4418	7239	11311
16,0	1,6	728	1639	2914	4553	7459	11655
16,5	1,65	750	1687	3000	4687	7680	12000
17,0	1,7	772	1736	3086	4822	7900	12344
17,5	1,75	793	1784	3172	4956	8121	12688
18,0	1,8	815	1833	3258	5091	8341	13033
18,5	1,85	836	1881	3344	5226	8561	13377
19,0	1,9	858	1930	3430	5360	8782	13722
19,5	1,95	879	1978	3517	5495	9002	14066
20,0	2	901	2026	3603	5629	9223	14410
20,5	2,05	922	2075	3689	5764	9443	14755
21,0	2,1	944	2123	3775	5898	9664	15099
21,5	2,15	965	2172	3861	6033	9884	15444
22,0	2,2	987	2220	3947	6167	10104	15788
22,5	2,25	1008	2269	4033	6302	10325	16132
23,0	2,3	1030	2317	4119	6436	10545	16477
23,5	2,35	1051	2365	4205	6571	10766	16821
24,0	2,4	1073	2414	4291	6705	10986	17166
24,5	2,45	1094	2462	4378	6840	11206	17510
25,0	2,5	1116	2511	4464	6974	11427	17854
25,5	2,55	1137	2559	4550	7109	11647	18199
26,0	2,6	1159	2608	4636	7243	11868	18543
26,5	2,65	1180	2656	4722	7378	12088	18888
27,0	2,7	1202	2705	4808	7513	12309	19232
27,5	2,75	1224	2753	4894	7647	12529	19576
28,0	2,8	1245	2801	4980	7782	12749	19921
28,5	2,85	1267	2850	5056	7916	12970	20265
29,0	2,9	1288	2898	5152	8051	13190	20610
29,5	2,95	1310	2947	5239	8185	13411	20954
30,0	3	1331	2995	5325	8320	13631	21298

Ο λεβιές της βαλβίδας χρησιμεύει στο να ελέγχουμε περιοδικά τη βαλβίδα ότι εργάζεται κανονικά, έτσι ώστε να προλάβουμε έγκαιρα το κόλλημα του στοιχείου στεγανότητας στην έδρα της από σκουριές ή άλλες αιτίες.

Επίσης το αεροφυλάκιο πρέπει να είναι εφοδιασμένο και με ένα καλό μανόμετρο, ικανής διαμέτρου έτσι ώστε να μπορεί ο ελεγκτής, να παρακολουθεί και να διαβάσει εύκολα την πίεση του αεροφυλακίου από λογική απόσταση.

Γράφημα 5.13

Συντελεστής διόρθωσης ικανότητας εκφόρτωσης πεπιεσμένου αέρα, συναρτήσει της θερμοκρασίας εισόδου στη βαλβίδα ασφάλειας



Ένα θερμόμετρο είναι επίσης χρήσιμο για να γνωρίζουμε τη θερμοκρασία του πεπιεσμένου αέρα του αεροφυλακίου και έτσι να υπάρχει μια σύγκριση μ' αυτή της εξαγωγής από τον ξηραντήρα. Το παρατηρούμενο Δt δείχνει κατά πόσο εργάζεται ικανοποιητικά ο ξηραντήρας.

Μια σωλήνα με ένα κρουνό στον πυθμένα του αεροφυλακίου, χρησιμεύει για τη αποκομιδή των συμπυκνωμάτων σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η εξέταση της πυκνότητας αυτών των συμπυκνωμάτων, δείχνει εάν το ποσοστό του εν διαλύσει ελαίου είναι το κανονικό, πηκτά και σκούρα γαλακτώματα δείχνουν μεγάλα ποσοστά ελαίου λίπανσης των αεροσυμπιεστών μέσα στο συμπύκνωμα.

Σ' αυτήν την περίπτωση απαιτείται ο σχολαστικός έλεγχος και ενδεχόμενα ο προγραμματισμός της συντήρησης των αεροσυμπιεστών.

5.7 Ξηραντήρες πεπιεσμένου αέρα(Dryers)

Ο πεπιεσμένος αέρας αλλά και άλλα αέρια μπορούν να αφυγρανωθούν με τους παρακάτω τρόπους:

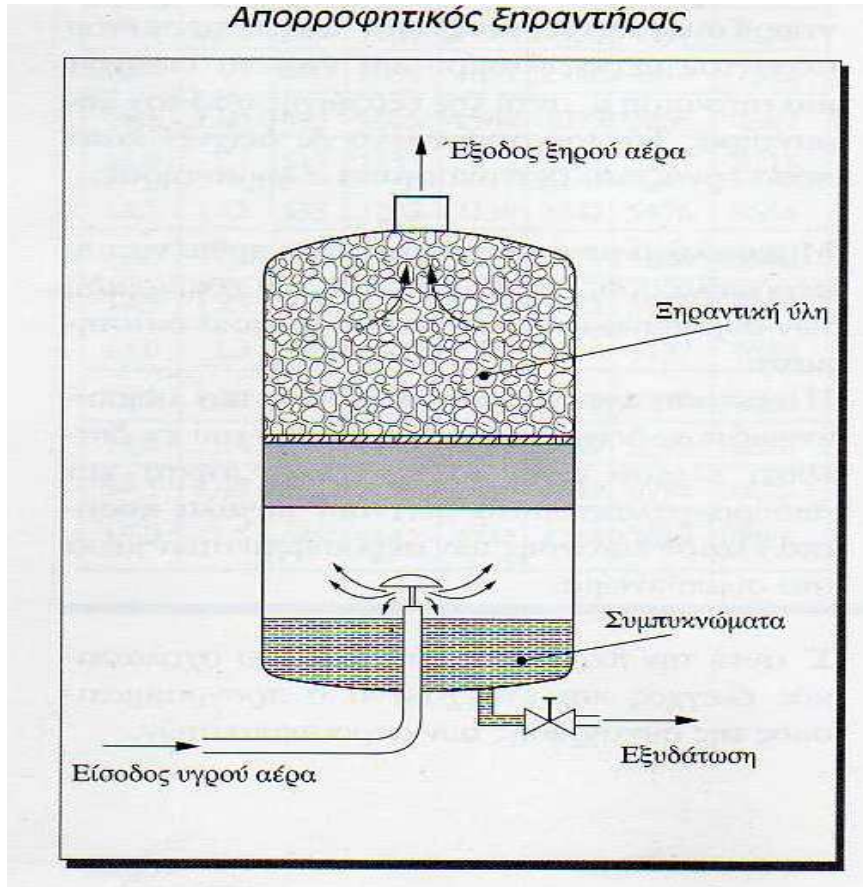
- ❖ Ξήρανση με απορρόφηση.
- ❖ Ξήρανση με προσρόφηση.
- ❖ Ξήρανση με χαμηλή θερμοκρασία.
- ❖ Συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων.

5.7.1 Ξήρανση με απορρόφηση(Absorption dryer)

Η ξήρανση με απορρόφηση(Σχ. 5.14) είναι μια διαδικασία καθαρά χημική. Σύμφωνα με αυτή τη διαδικασία ο πεπιεσμένος αέρας διέρχεται διαμέσου ενός

Σχήμα 5.14

Απορροφητικός Ξηραντήρας



θερμού στρώματος ξηραντικής ουσίας με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια σύνθετη χημική ένωση του νερού και της ξηραντικής ουσίας.

Η ξηραντική ουσία με την πάροδο του χρόνου καταναλώνεται και πρέπει να συμπληρώνεται.

5.7.2 Ξήρανση με προσρόφηση (Absorption dryer)

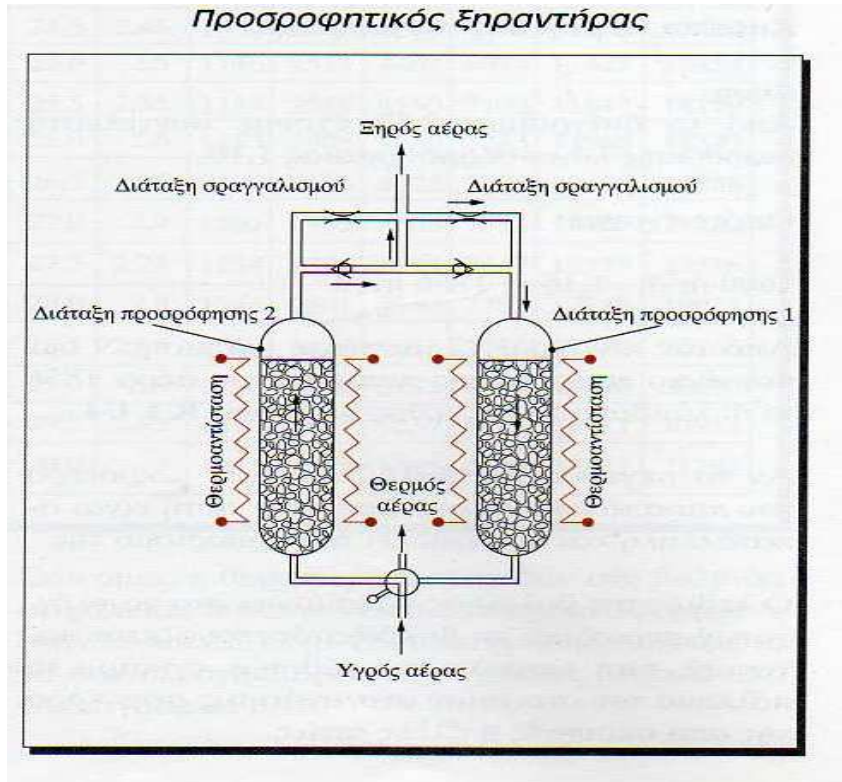
Η ξήρανση με προσρόφηση, είναι η περισσότερο συχνή βιομηχανική μέθοδος ξήρανσης του πεπιεσμένου αέρα. Στηρίζεται στη φυσική διαδικασία απόθεσης ουσιών στην επιφάνεια στερεών σωμάτων.

Έτσι π.χ. ξηραντική ουσία από κοκκώδες διοξείδιο του πυριτίου γωνιώδους μορφής(ζελές) προσροφά την υγρασία από το διερχόμενο πεπιεσμένο αέρα πολύ γρήγορα(χρόνος επαφής περίπου 0,1 έως 0,5 sec) σχηματίζοντας με αυτή μια ένωση.

Η παραπάνω ικανότητα προσρόφησης του ζελέ έχει τα φυσικά της όρια με αποτέλεσμα όταν ο ζελέ γίνει κεκορεσμένος να αναγεννάτε με θερμό αέρα ο οποίος διώχνει εξατμίζοντας την υγρασία. Συνδέοντας δύο παρόμοιες διατάξεις σε σειρά, μπορούμε ενώ εργάζεται η μία , να αναγεννάτε η άλλη και αντίθετα(Σχ. 5.15).

Σχήμα 5.15

Προσοφτικός Ξηραντήρας

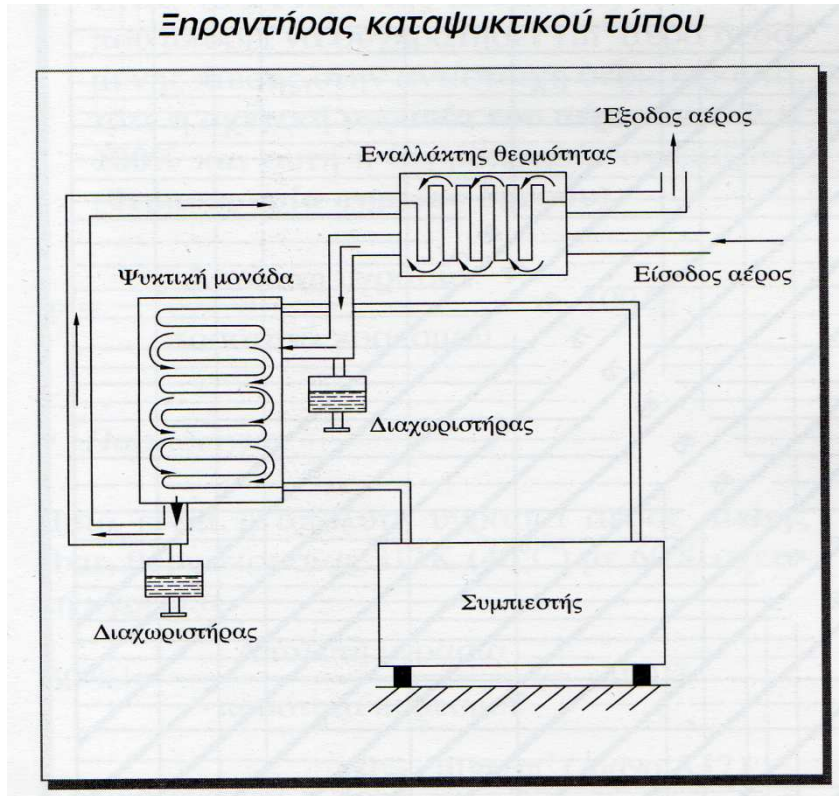


5.7.3 Ξήρανση με χαμηλή θερμοκρασία (Low temperature dryer)

Οι ξηραντήρες αυτού του τύπου λειτουργούν με την αρχή της ελάττωσης της θερμοκρασίας του αέρα στο σημείο δρόσου (Σχ. 5.16). Η ικανότητα του αέρα προς συγκράτηση υγρασίας στη μάζα του ελαττώνεται με την πτώση της θερμοκρασίας (Διάγραμμα 5.17).

Σχήμα 5.16

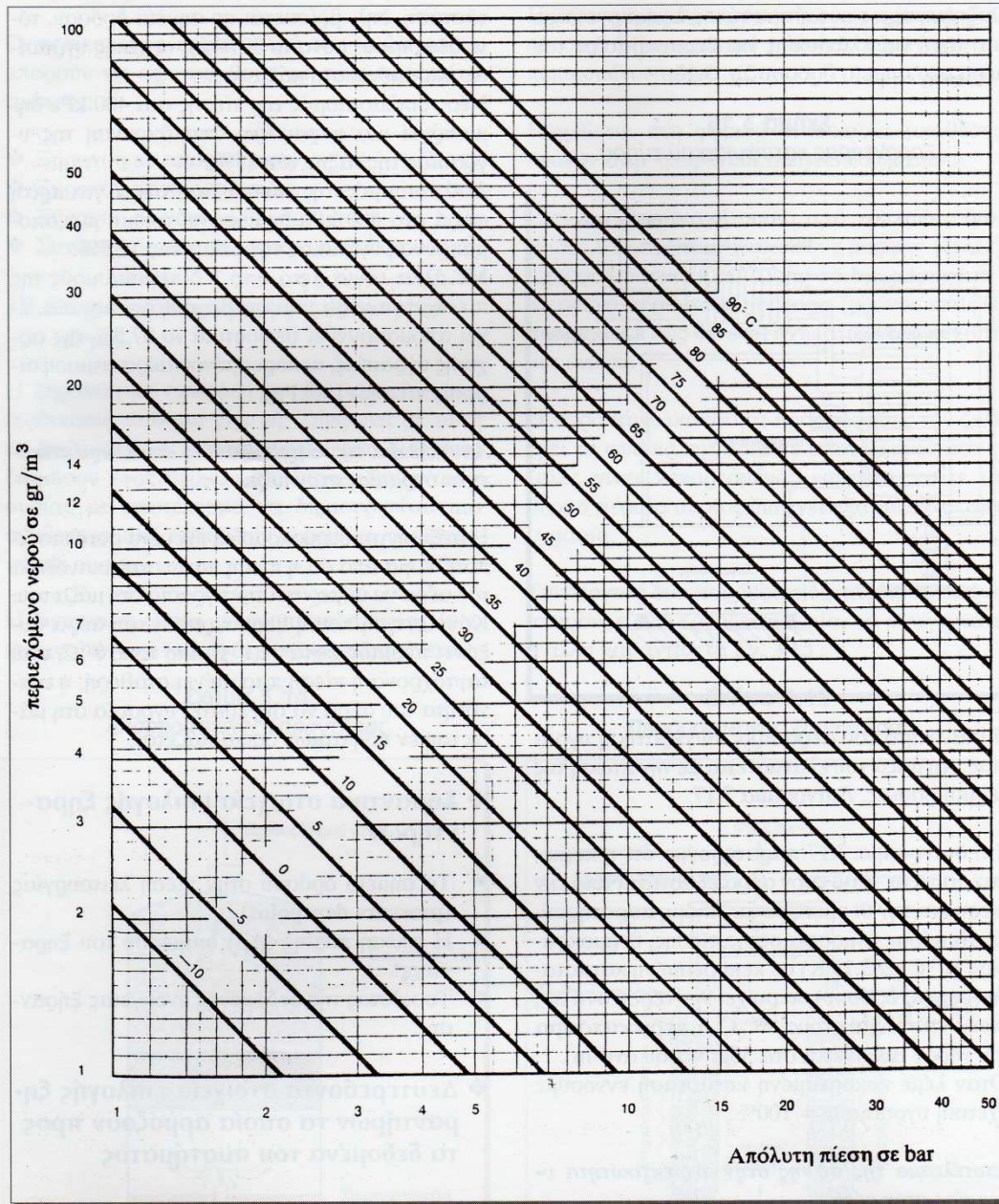
Ξηραντήρας καταψυκτικού τύπου



Στο διάγραμμα 5.17 παρατηρούμε ότι η περιεκτικότητα σε νερό στον αέρα εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία. Ακόμη παρατηρούμε ότι αέρας ατμοσφαιρικής πίεσης, θερμοκρασίας 10°C ($283,15^{\circ}\text{K}$) σε κεκορεσμένη κατάσταση (σημείο δρόσου), περιέχει 9gr νερού ανά m^3 , ενώ αντίστοιχα στους 40°C η περιεκτικότητα του νερού αυξάνεται στα 50gr νερού ανά m^3 . Όταν λέμε κεκορεσμένη κατάσταση εννοούμε σχετική υγρασία $\varphi = 100\%$.

Διάγραμμα 5.17

Περιεκτικότητα νερού στον αέρα συναρτήσει της πίεσης και της θερμοκρασίας, στο σημείο δρόσου. Πηγή: Festo KG



❖ Σημαντικά στοιχεία επιλογής ξηραντήρων

- ❖ Το σημείο δρόσου στην πίεση λειτουργίας (pressure dew point)
- ❖ Η πτώση πίεσης (Δp) διαμέσου του ξηραντήρα.
- ❖ Το κόστος της δεδομένης ενέργειας ξήρανσης.

❖ Δευτερεύοντα στοιχεία επιλογής ξηραντήρων τα οποία αρμόζουν προς τα δεδομένα του συστήματος

- ❖ Συνολική ποσότητα αέρος προς ξήρανση (ποσότητα FAD).

- ❖ Μέγιστη πίεση συστήματος.
- ❖ Ελάχιστη θερμοκρασία χρήσης του πεπιεσμένου αέρα.
- ❖ Θερμοκρασία εισόδου στο ξηραντήρα.

❖ **Απόλυτη υγρασία**

Είναι η συνολική ποσότητα του νερού που περιέχεται σε όγκο 1m³ αέρα δεδομένης πίεσης.

❖ **Ποσότητα κορεσμού**

Είναι το σύνολο της ποσότητας του νερού που μπορεί να συγκρατήσει 1m³ αέρα δεδομένης πίεσης, στην αντίστοιχη θερμοκρασία, τότε η σχετική υγρασία του αέρα είναι Φ= 100% και αυτή η θερμοκρασία ονομάζεται θερμοκρασία σημείου δρόσου.

$$\Phi = \text{Απόλυτη υγρασία} / \text{ποσότητα κορεσμού} * 100\%$$

5.8 Σύστημα σωλήνων δικτύου αέρος

❖ **Η διάμετρος των σωλήνων σ' ένα δίκτυο αέρος εξαρτάται από:**

- ❖ Το μέγεθος της παροχής (Q) του διερχόμενου αέρα και τον αριθμό Reynolds.
- ❖ Το συνολικό μήκος (L) των σωλήνων και τη μορφή της διατομής του σωλήνα.
- ❖ Το μέγεθος της μέσης απόλυτης πίεσης (p_m) του αέρα.
- ❖ Την επιτρεπόμενη πτώση πίεσης Δp.
- ❖ Την τραχύτητα της μεταλλικής επιφάνειας εσωτερικά του σωλήνα (συντελεστής τριβής f).
- ❖ Το είδος και τον αριθμό των εξαρτημάτων (καμπύλες, γωνιές, βάνες κ.τ.λ.)

Η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου για ευθύγραμμο σωλήνα, σε σχέση με μια επιτρεπόμενη πτώση πίεσης Δp, δίνεται λογισμικά αλλά και από νομογραφήματα.

❖ **Υπολογισμός ισοδύναμου μήκους σωληνογραμμής**

Ένα κανονικό όμως δίκτυο σωλήνων μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα σε μια βιομηχανία, δεν αποτελείται μόνο από ευθύγραμμα κομμάτια σωλήνων, αλλά και από διάφορα εξαρτήματα, όπως είναι βάνες, καμπύλες, ταφ, γωνιές, συστολές κ.τ.λ.

Τα παραπάνω εξαρτήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός δικτύου πεπιεσμένου αέρα, παρουσιάζουν και αυτά, τη δική τους πτώση πίεσης. Στο Σχ.5.19 δίνεται ένας πίνακας ισοδύναμων μηκών των περισσότερο κυρίων εξαρτημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός δικτύου πεπιεσμένου αέρα.

Σαν ισοδύναμο μήκος, νοείται το μήκος εκείνο του ευθύγραμμου σωλήνα, που παρουσιάζει την ίδια πτώση πίεσης με το υπόψη εξάρτημα της σωληνογραμμής. Η διατομή του ισοδύναμου μήκους σωλήνα είναι ίδια με τη διατομή του υπόψη εξαρτήματος.

Ίδιες διατομές σωλήνων μπορούν να προστεθούν, αποτελώντας έτσι ένα ευθύγραμμο μήκος σωλήνα. Κατόπιν εφόσον πλέον ένα ενιαίο ευθύγραμμο μήκος σωλήνα το Νομογράφημα του Σχ. 7.18 μας δίνει τη λύση του προβλήματος.

5.9 Προπαρασκευή του αέρα στη θέση εργασίας

Μια διάταξη προπαρασκευής του αέρα στη θέση εργασίας αποτελείται από τρία στοιχεία:

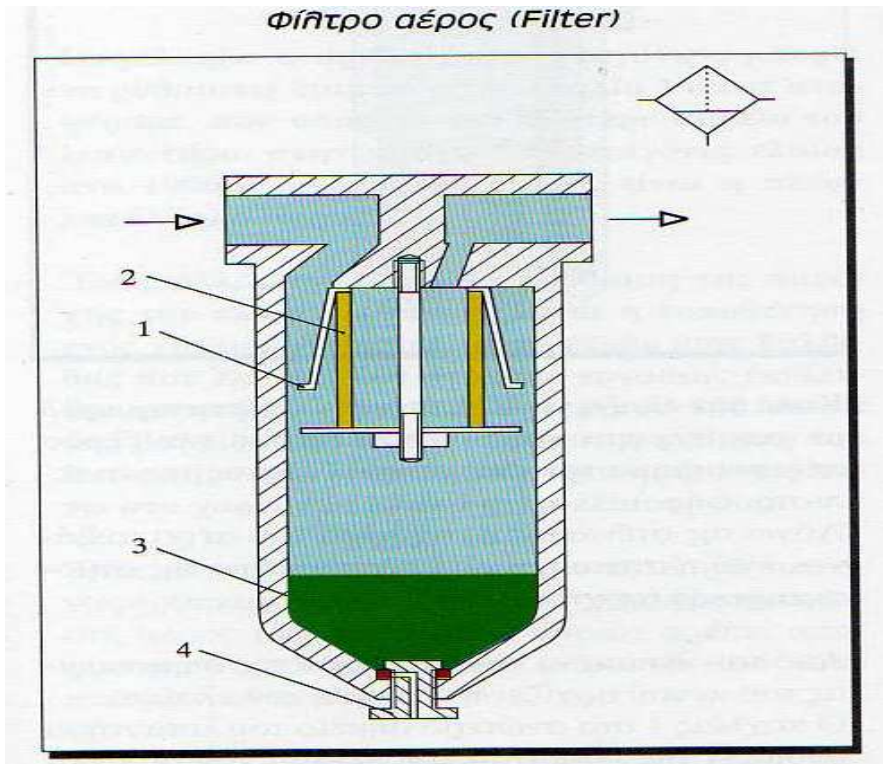
❖ Φίλτρο(Πρώτο στοιχείο)

Ο πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται στην είσοδο του φίλτρου από το δίκτυο, στο σημείο 1 στροβιλίζεται από περιφερειακά πτερύγια, με αποτέλεσμα να εκτοξευτεί προς την περιφέρεια τα βαρύτερα στοιχεία που περιέχει, όπως είναι π.χ. στερεά σωματίδια, σταγόνες νερού κ.τ.λ. Τα παραπάνω συμπυκνώματα 3, καθιζάνουν στον πυθμένα του φίλτρου, από όπου μπορούν να απομακρυνθούν χειροκίνητα διαμέσου του κοχλία 4.

Ο σχετικά απαλλαγμένος συμπυκνωμάτων αέρας, περνάει διαμέσου του στοιχείου του φίλτρου 2, το οποίο συνήθως είναι κατασκευασμένο από πορώδη ορείχαλκο, καθαρίζεται περαιτέρω και οδεύει προς την πόρτα εξόδου του φίλτρου.

Το μέγεθος της διερχόμενης παροχής, εξαρτάται από το μέγεθος των στομίων του φίλτρου, τα οποία χαρακτηρίζονται από το αγγλοσαξονικό σπείρωμα σωλήνων B.S.P. Δεξιά και πάνω του Σχ. 5.20 παρατηρούμε το γραφικό σύμβολο

Σχήμα 5.20



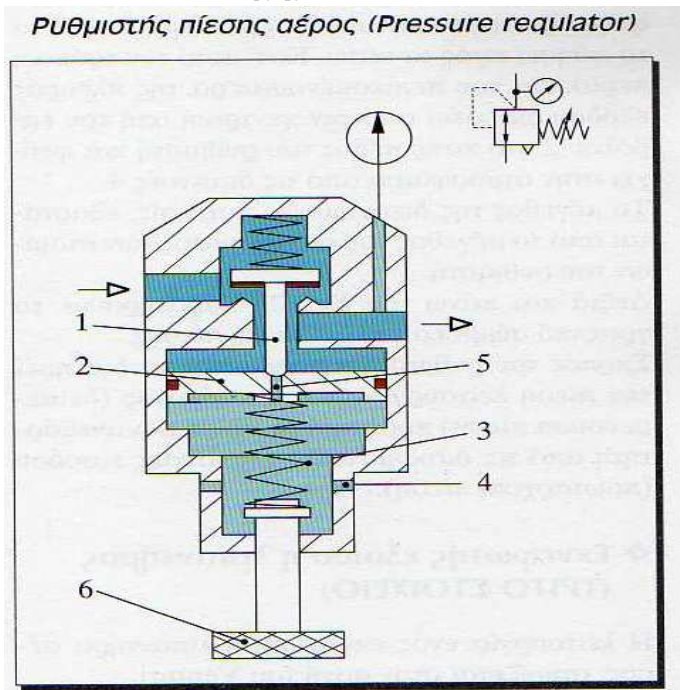
του φίλτρου αέρος. Σκοπός του φίλτρου είναι η συγκράτηση των στερεών σωματιδίων, πηκτών καταλοίπων και νερού.

Το μέγεθος των σωματιδίων μετριέται σε μικρά(μm) καθώς επίσης και οι διαφορές χαρακτηριστικές τιμές των φίλτρων. Η απόλυτη τιμή διήθησης ενός φίλτρου ορίζει επακριβώς το μεγαλύτερο μέγεθος σωματιδίου το οποίο μπορεί να περάσει διαμέσου του φίλτρου, πέραν αυτής της τιμής απαγορεύει εντελώς τη διόδο μεγαλύτερων σωματιδίων.

❖ **Ρυθμιστής πίεσης (Δεύτερο Στοιχείο)**

Ρυθμιστής πίεσης αέρος(Pressure gequalator)

Σχήμα 5.21



Από την έξοδο του πρώτου στοιχείου, ο πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται απαλλαγμένος υγρασίας στο ρυθμιστή πίεσης, χτίζοντας την πίεση στην πλευρά εξόδου. Όταν η πίεση στην πλευρά εξόδου φθάσει την τιμή ρύθμισης του ελατηρίου 3 της βαλβίδας το έμβολο 2 του ρυθμιστή από την πίεση του αέρα που εξασκείται στο πάνω μέρος του έχει κατέβει με αποτέλεσμα το ωστήριο 1 ακλουθώντας αυτή την κίνηση να έχει κλείσει την είσοδο του πεπιεσμένου αέρα.

Ακριβώς σ' αυτό το σημείο εάν υπάρξει ζήτηση στην έξοδο του ρυθμιστή, η πίεση στο πάνω μέρος του εμβόλου 2 ελαττώνεται, με αποτέλεσμα την ανύψωση του από τη μεγαλύτερη δύναμη του ελατηρίου 3, το ωστήριο 1 ακολουθεί ανοίγοντας την είσοδο της βαλβίδας για να περάσει ακριβώς η ποσότητα η οποία καταναλώθηκε στην έξοδο και να κλείσει ισορροπώντας πάλι.

Εάν πάλι σε αυτή τη θέση στρέψουμε δεξιά το ρυθμιστικό κοχλία 6 αυξάνουμε τη δύναμη του ελατηρίου 3 με αποτέλεσμα μια νέα ποσότητα αέρα να εισέλθει στη βαλβίδα αυξάνοντας έτσι την τιμή πίεσης στην πλευρά εξόδου. Εάν στρέψουμε στην παραπάνω θέση ισορροπίας το ρυθμιστικό κοχλία μπρος τ' αριστερά ελαττώνουμε τη δύναμη του ελατηρίου 3 με αποτέλεσμα η υψηλότερη δύναμη της πίεσης που εφαρμόζεται στο πάνω μέρος του εμβόλου 2 να το ωθήσει προς τα κάτω. Κατ' αυτό τον τρόπο η περίσσεια του πεπιεσμένου αέρα της πλευράς εξόδου διαρρέει από την κεντρική οπή του εμβόλου 2 στο κάτω μέρος του ρυθμιστή και φεύγει στην ατμόσφαιρα από τις διαπνοές 4. Το μέγεθος της διερχόμενης παροχής, εξαρτάται από το μέγεθος του σπειρώματος των στομιών του ρυθμιστή.

Σκοπός του ρυθμιστή πίεσης είναι να διατηρεί την πίεση λειτουργίας του συστήματος (δευτερεύουσα πίεση) πρακτικά σταθερή και ανεξάρτητη από τις διακυμάνσεις της πίεσης εισόδου (πρωταρχική πίεση).

❖ Εκνεφωτής ελαίου ή λιπαντήρας (Τρίτο Στοιχείο)

Η λειτουργία ενός εκνεφωτή ή λιπαντήρα αέρος, στηρίζεται στην αρχή του Venturi. Ο πεπιεσμένος αέρας απαλλαγμένος υγρασίας (πρώτο στοιχείο) και με ρυθμισμένο την πίεση λειτουργίας(δεύτερο στοιχείο), εισέρχεται στον λιπαντήρα και εξέρχεται ακολουθώντας ευθεία πορεία.

Κατά την έξοδο του ανοίγει την αντεπιστροφή 3 με αποτέλεσμα να διαφεύγει προς την έξοδο περιφερειακά του στενού ανοίγματος της αντεπιστροφής. Λόγω της στένωσης η ταχύτητα του αέρα αυξάνει, ενώ η στατική πίεση πέφτει κάτω της ατμοσφαιρικής(αρχή Venturi).

Από τον κεκαμένο σωλήνα λόγω της δημιουργίας του κενού αρχίζει η άντληση του ελαίου. Ο κοχλίας 1 στο ανώτερο σημείο του λιπαντήρα ρυθμίζει την ποσότητα του ελαίου που θα φθάσει στην έξοδο.

Όταν το έλαιο φθάσει στην έξοδο του κεκαμένου σωλήνα, η υψηλή ταχύτητα του αέρα εκφώνει το λάδι και το μεταφέρει για να λιπάνει το κύκλωμα. Μια μικρή οπή στο κέντρο του λιπαντήρα διατηρεί ατμοσφαιρική πίεση πάνω στην επιφάνεια του ελαίου.

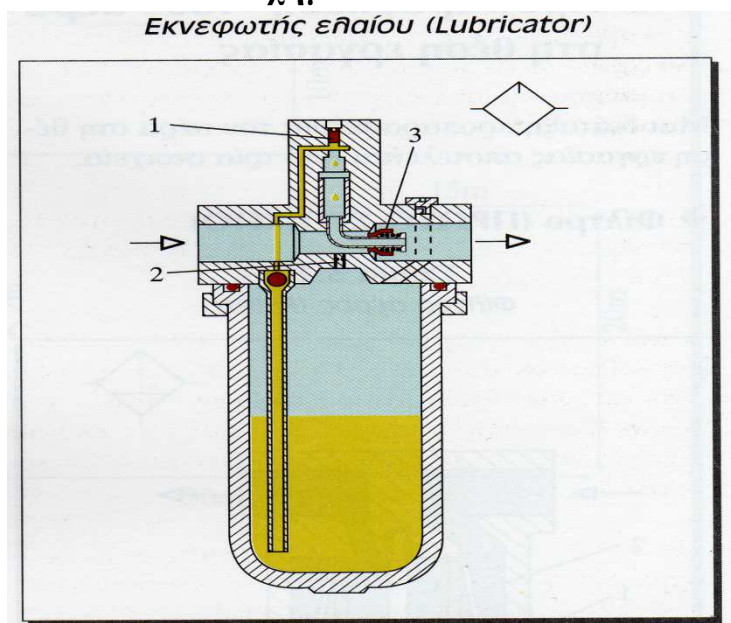
Το μέγεθος της διερχόμενης παροχής του πεπιεσμένου αέρα ορίζεται και σε αυτή την περίπτωση από το μέγεθος του σπειρώματος των στομιών του λιπαντήρα.

Σκοπός του λιπαντήρα είναι η εκφώνηση μιας μικρής ποσότητας ελαίου χαμηλού ιξώδους, στο διερχόμενο αέρα έτσι ώστε να λιπαίνονται επαρκώς τα κινητά μηχανικά μέρη και στεγανοποιητικά των διαφόρων βαλβίδων και μηχανισμών του κυκλώματος.

Το ιξώδες του ελαίου που τοποθετούμε στον λιπαντήρα πρέπει να είναι τύπου VG10 κατά ISO 3448(10 cst στους 40°C).

Σχήμα 5.22

Εκνεφωτής ελαίου (Lubricator)



Παράλληλα ο αριθμός των σταγόνων, μπορεί να ρυθμιστεί διαμέσου του κοχλία 1 όπως αναφέραμε, που υπάρχει στο ανώτερο σημείο του λιπαντήρα, στην πράξη 1-10 σταγόνες ελαίου ανά 1000lit διερχόμενου αέρα, είναι η πλέον κατάλληλη παροχή.

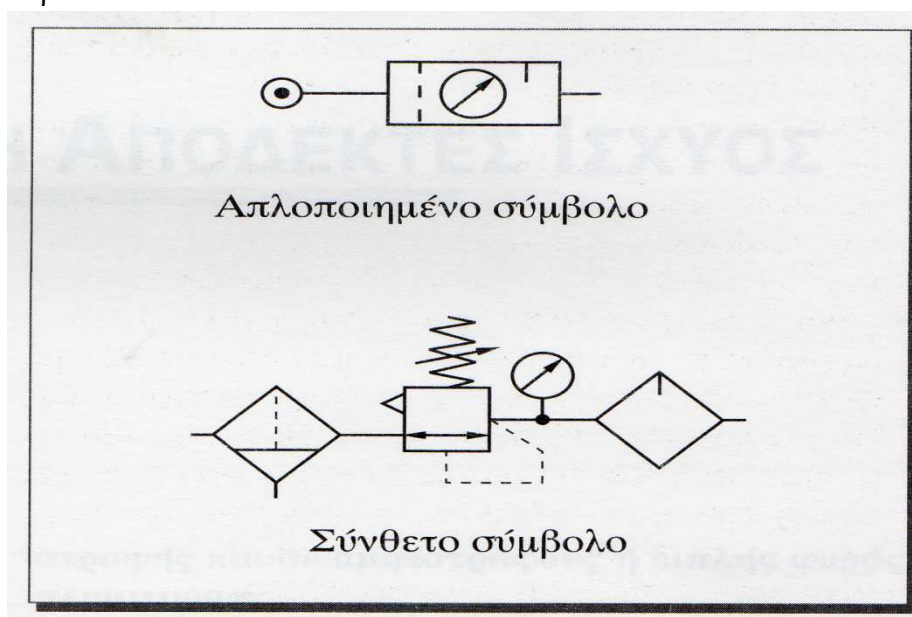
Ένας άλλος τρόπος για τη ρύθμιση της παροχής του ελαίου λίπανσης είναι η τοποθέτηση ενός χάρτου σχεδίασης στην έξοδο μιας βαλβίδας που ελέγχει ένα στοιχείο εργασίας(κύλινδρο, κινητήρα). Μετά από περίπου 100 on-off της βαλβίδας θα πρέπει εφόσον η ρύθμιση του λιπαντήρα είναι σωστή να παρατηρήσουμε πάνω στο χαρτί ένα λεπτό φιλμ ελαίου.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία με τη σειρά που αναφέρθηκαν συνθέτουν έναν προπαρασκευαστή αέρος(service unit)ο οποίος πρέπει απαραίτητα να υπάρχει πάντα μπροστά από κάθε πνευματικό κύκλωμα.

❖ Σε ένα προπαρασκευαστή αέρος θα πρέπει να προσέχουμε ιδιαίτερα τα παρακάτω:

- Τη σωστή διεύθυνση ροής του πεπιεσμένου αέρα
- Τη σωστή σειρά τοποθέτησης των διαφόρων στοιχείων του
 - Φίλτρο (Πρώτο Στοιχείο)
 - Ρυθμιστής πίεσης (Δεύτερο Στοιχείο)
 - Λιπαντήρας (Τρίτο Στοιχείο)
- Το μέγεθος της διερχόμενης παροχής
- Τον τύπο και τη στάθμη του ελαίου λίπανσης VG10 κατά ISO 3448(Μέσος όρος ιξώδους 10 cst στους 40°C)
- Την κάθετη τοποθέτηση του.

Το σύνθετο και το απλοποιημένο σύμβολο ενός προπαρασκευαστή αέρος δείχνεται παρακάτω:



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ Η ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

6.1 Γενικά

Τα στοιχεία εργασίας (γραμμικοί ευθύγραμμοι, περιστροφικοί, ταλαντούμ ενοι κινητήρες) χρησιμοποιούνται ουσιαστικά για να μετατρέπουν την ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα, σε μηχανική γραμμική ευθύγραμμη κίνηση (δύναμη) η περιστροφική κίνηση(ροπή).

Ο πνευματικός γραμμικός κινητήρας διαφορετικά ονομάζεται πνευματικός κύλινδρος, μπορούμε επίσης να τον ονομάσουμε αποδέκτη ισχύος ή στοιχείο εργασίας.

Από την άλλη πλευρά τα στοιχεία εργασίας τα οποία παράγουν περιστροφική κίνηση δεδομένων μοιρών γωνίας, ονομάζονται πνευματικοί ταλαντούμενοι κινητήρες και αυτοί οι οποίοι παράγουν πλήρη περιστροφική κίνηση ονομάζονται πνευματικοί κινητήρες. Ουσιαστικά τα στοιχεία εργασίας εκ των πραγμάτων διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

Αυτά τα οποία παράγουν ευθύγραμμη γραμμική κίνηση και αυτά τα οποία παράγουν πλήρη περιστροφική κίνηση ή μέρος αυτής (δεδομένη γωνία περιστροφής).

Με τη σειρά τους τα στοιχεία εργασίας τα οποία παράγουν ευθύγραμμη γραμμική κίνηση, διαιρούνται επίσης από πλευράς δράσης και τρόπου κατασκευής σε κυλίνδρους απλής ενέργειας και κυλίνδρους διπλής ενέργειας.

Από την άλλη πλευρά οι περιστροφικοί κινητήρες διαιρούνται σε αυτούς με απλή φορά περιστροφής και σε αμφίστροφους ή διπλής φοράς περιστροφής.

6.2 Κύλινδροι απλής ενέργειας (Single-acting cylinder)

Σ' αυτούς τους κυλίνδρους το σύστημα έμβολο-βάκτρο εκτείνεται με τη δράση της πνευματικής ενέργειας, χωρίς να έχει τη δυνατότητα επιστροφής στην αρχική του θέση πάλι με τον ίδιο τρόπο.

Η σύμπτυξη σ' αυτούς τους κυλίνδρους πραγματοποιείται είτε με εφαρμογή εξωτερικής δύναμης, είτε με το βάρος του φορτίου σε κάθετα τοποθετημένους

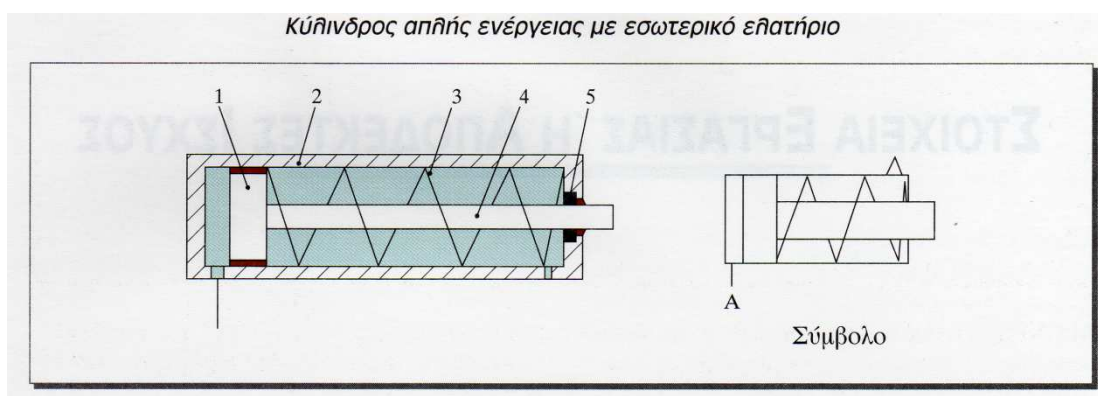
κυλίνδρους, είτε με τη δράση ελατηρίου (ελατήριο επαναφοράς), το οποίο τοποθετείται εσωτερικά του κυλίνδρου.

Τα μηχανικά μέρη που απαρτίζουν ένα κύλινδρο απλής ενέργειας Σχ. 6.1 είναι:

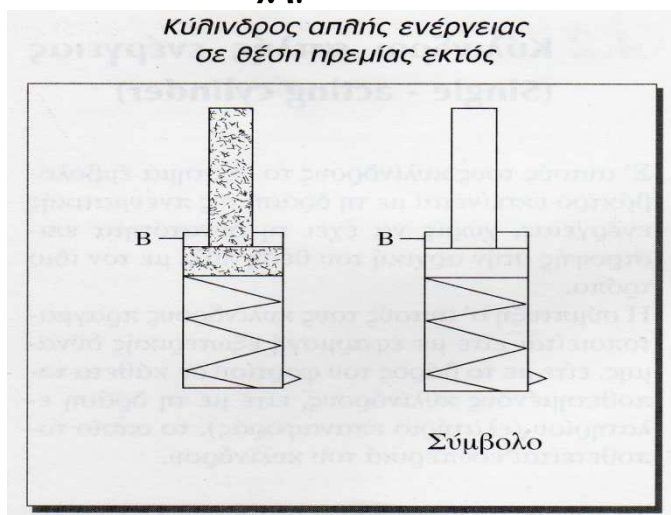
- Το έμβολο του κυλίνδρου 1 με το στεγανοποιητικό του.
- Το βάκτρο του εμβόλου 4.
- Το ελατήριο επαναφοράς 3.
- Το σωλήνα τούρμπο 2 ή κύλινδρο.
- Και το έδρανο ολίσθησης του βάκτρου 5.

Παρόμοιοι κύλινδροι χρησιμοποιούνται για συγκράτηση κατεργαζόμενων τεμαχίων σε εργαλειομηχανές, συγκράτηση ελασμάτων για διαμόρφωση, ή κοπή σε πρέσες κ.τ.λ. Εάν απαιτείται η θέση ηρεμίας ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας να είναι η θέση έκτασης τότε χρησιμοποιείται ο τύπος του Σχ.6.2.

Σχήμα 6.1



Σχήμα 6.2



6.3 Κύλινδροι διπλής ενέργειας (Double-acting cylinder)

Είναι κύλινδροι οι οποίοι μπορούν να κινηθούν διαμέσου της πνευματικής ενέργειας και προς τις δύο κατευθύνσεις κίνησης(έκταση-σύμπτυξη). Το όνομα τους άλλωστε, όπως και των κυλίνδρων απλής ενέργειας είναι συνώνυμο της λειτουργίας που εκτελούν.

Είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι κύλινδροι. Η σχέση της επιφάνειας του εμβόλου A_E προς τη δακτυλιοειδή επιφάνεια A_Δ της πλευράς βάκτρου συμβολίζεται με τον παράγοντα (K) οπότε έχουμε:

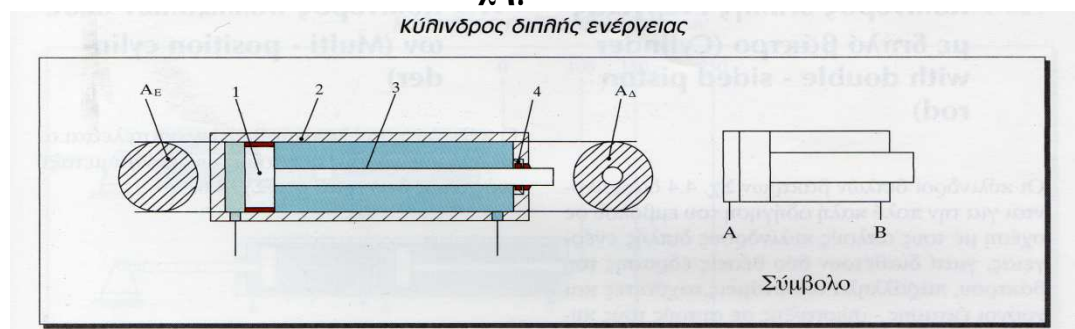
$$K=A_E/A_\Delta$$

Τα μηχανικά μέρη που απαρτίζουν ένα κύλινδρο διπλής ενέργειας Σχ 6.3 είναι:

- Το έμβολο του κυλίνδρου 1 με το στεγανοποιητικό του.
- Το σωλήνα τούρμπο 2 ή κύλινδρο.
- Το βάκτρο του εμβόλου 3.
- Και το στεγανοποιητικό του βάκτρου με το έδρανο ολίσθησης 4.

Σχήμα 6.3

Κύλινδρος διπλής ενέργειας



Εάν λάβουμε υπόψη τη διαφορά των επιφανειών $A_E > A_\Delta$, ένας κύλινδρος διπλής ενέργειας για δεδομένη πίεση λειτουργίας, έχει μεγαλύτερη δύναμη μεταφοράς κατά την έκταση από ότι κατά τη σύμπτυξη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, για την ίδια πίεση λειτουργίας η δύναμη έκτασης του εμβόλου να είναι κατά K φορές μεγαλύτερη από τη δύναμη σύμπτυξης.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που πρέπει να έχουμε υπόψη μας, για τους κυλίνδρους διπλής ενέργειας με διαφορετικές επιφάνειες δεξιά και αριστερά του εμβόλου είναι αντιστρόφως ανάλογες των επιφανειών. Αυτό εύκολα γίνεται αντιληπτό, εάν αναλογισθούμε, ότι οι διαφορετικού μεγέθους επιφάνειες δεξιά και αριστερά σε ένα κύλινδρο διπλής ενέργειας, απαιτούν και διαφορετική παροχή αέρα για δεδομένη κίνηση του εμβόλου.

Αυτό έχει σαν συνέπεια σε ένα κύλινδρο διπλής ενέργειας να ισχύουν γενικά τα παρακάτω:

- Δυναμική έκτασης $F_E >$ της δύναμης σύμπτυξης F_S

- Ταχύτητα έκτασης $u_E <$ της ταχύτητας συμπτύξης u_S
- Χρόνος έκτασης $t_E >$ του χρόνου συμπτύξης t_S

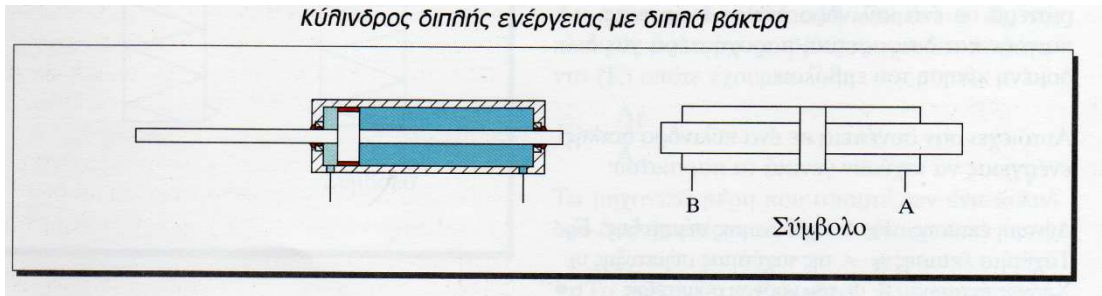
Η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα των κυλίνδρων αέρος, είναι τυποποιημένη κατά DIN - ISO 6431/ 6432.

6.4 Κύλινδρος διπλής ενέργειας με διπλό βάκτρο (Cylinder with double – sided piston rod)

Οι κύλινδροι διπλών βάκτρων Σχ. 6.4 διακρίνονται για την πολύ καλή οδήγηση του εμβόλου σε σχέση με τους απλούς κυλίνδρους διπλής ενέργειας, γιατί διαθέτουν δύο θέσεις έδρασης του βάκτρου, παράλληλα οι δυνάμεις, ταχύτητες και χρόνοι έκτασης –σύμπτυξης σε αυτούς τους κυλίνδρους είναι απόλυτα ίδιες λόγω των ίσων επιφανειών δεξιά και αριστερά του εμβόλου.

Σχήμα 6.4

Κύλινδρος διπλής ενέργειας με διπλά βάκτρα



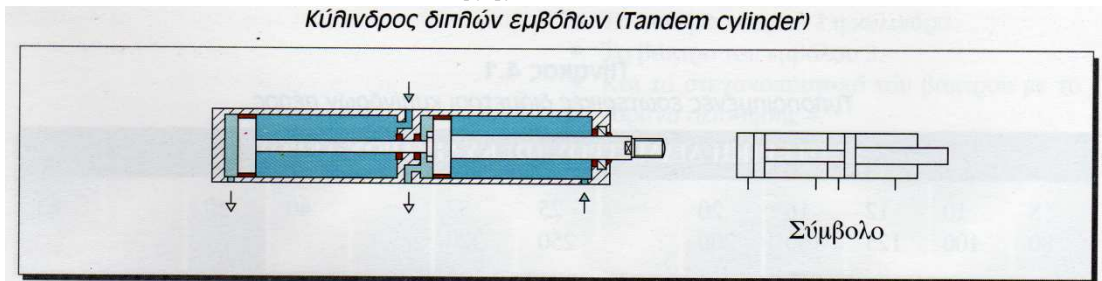
Κύλινδρος διπλών εμβόλων (Tandem cylinder)

Η κατασκευή αυτού του κυλίνδρου περιλαμβάνει δύο έμβολα σε ένα σώμα Σχ. 6.5. Με τη διάταξη αυτή και τη σύγχρονη φόρτιση και των δύο εμβόλων η δύναμη κυλίνδρου σχεδόν διπλασιάζεται.

Παρόμοιοι κύλινδροι χρησιμοποιούνται εκεί όπου απαιτείται υψηλή δύναμη αλλά με μειωμένο διάμετρο κυλίνδρου.

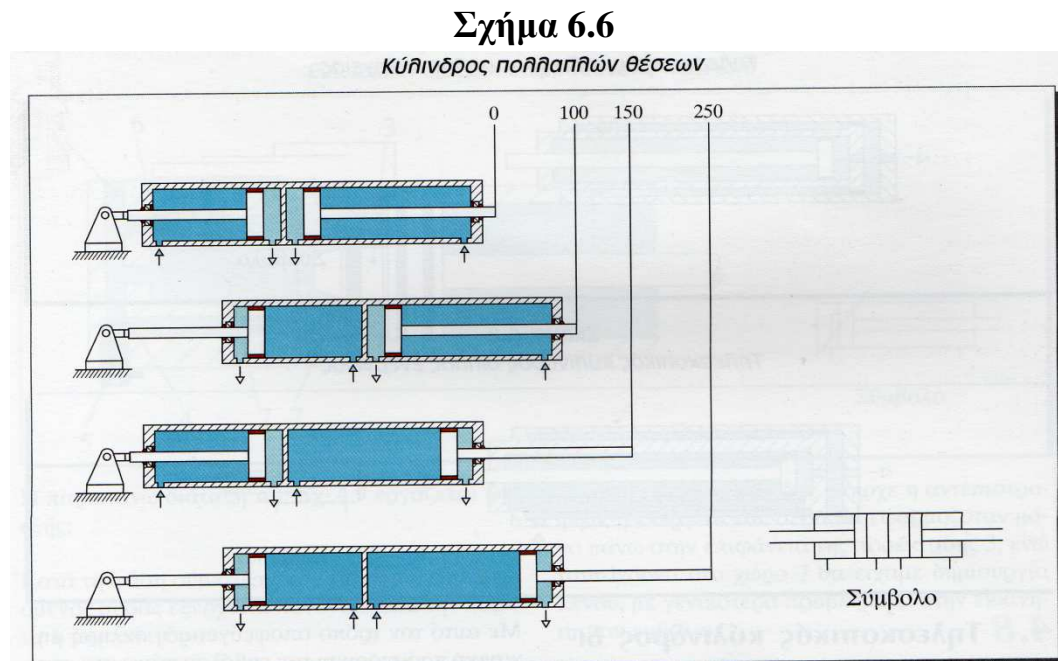
Σχήμα 6.5

Κύλινδρος διπλών εμβόλων (Tandem cylinder)



8.6 Κύλινδρος πολλαπλών θέσεων(Multi-position cylinder)

Ο κύλινδρος πολλαπλών θέσεων αποτελείται από δύο κυλίνδρους οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους όπως δείχνει το Σχ.6.6.



Ανάλογα με την εντολή που εφαρμόζεται σε κάθε ένα κύλινδρο μπορούμε να εξασφαλίσουμε 3 ή 4 προεπιλεγμένες θέσεις υψηλής ακρίβειας σε επανάληψη, γιατί αυτές στηρίζονται στα μηχανικά τέρματα των κυλίνδρων. Τυπικές εφαρμογές:

- Διατάξεις επιλογής θέσης.
- Διανομή προϊόντων από ένα κεντρικό ταινιόδρομο σε 3 ή 4 επί μέρους ταινιόδρους διανομής διαμέσου ενός κινητού ραουλόδρομου.
- Όπου αλλού απαιτούνται προεπιλεγμένες θέσεις εργασίας.

Οι 3 επιλεγμένες θέσεις είναι εφικτές εφόσον οι δύο κύλινδροι έχουν την ίδια διαδρομή, ενώ οι 4 θέσεις εφόσον οι κύλινδροι έχουν εκλεγεί ο κάθε ένας με διαδρομή ανάλογη της δεδομένης εργασίας.

8.7 Τηλεσκοπικός κύλινδρος απλής ενέργειας (Single – acting telescopic cylinder)

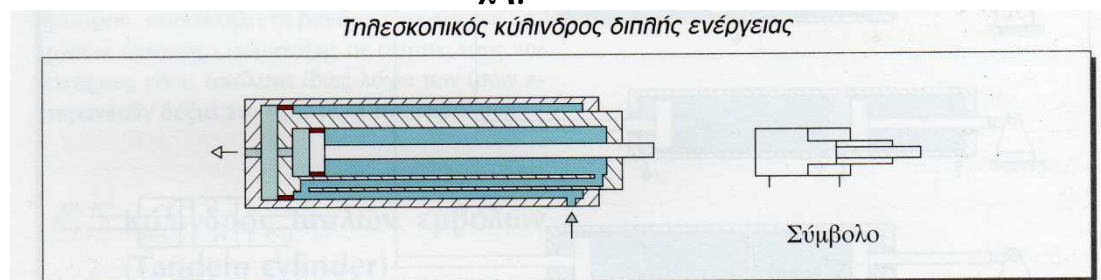
Το σύστημα έμβολο – βάκτρο σε αυτούς τους κυλίνδρους είναι πτυσσόμενο, με αποτέλεσμα κάθε τμήμα του βάκτρου να ολισθαίνει μέσα στο προηγούμενο Σχ 6.7. Κατά την έκταση του κυλίνδρου το έμβολο με την μεγαλύτερη επιφάνεια βγαίνει πρώτο και μετά ακολουθούν με σειρά τα επόμενα.

Με σταθερή πίεση και ροή πεπιεσμένου αέρα η έκταση αρχίζει με μεγάλη δύναμη και μικρή ταχύτητα και ολοκληρώνεται με μικρή δύναμη και μεγάλη ταχύτητα. Η επιστροφή των βάκτρων στην αρχική τους θέση πραγματοποιείται με εξωτερική δύναμη. Παρόμοιοι κύλινδροι χρησιμοποιούνται εκεί όπου απαιτούνται μεγάλα μήκοι διαδρομών με μικρό μήκος κατασκευής.

Σχήμα 6.7



Σχήμα 6.8



6.8 Τηλεσκοπικός κύλινδρος διπλής ενέργειας (Double – acting telescopic cylinder)

Στον τηλεσκοπικό κύλινδρο διπλής ενέργειας τα έμβολα εκτείνονται με τον ίδιο τρόπο όπως και στον τηλεσκοπικό κύλινδρο απλής ενέργειας Σχ. 8.8. Συμπύσσονται όμως με πρώτο αυτό που έχει τη μεγαλύτερη δακτυλιοειδή επιφάνεια και ακολουθούν κατά σειρά τα υπόλοιπα.

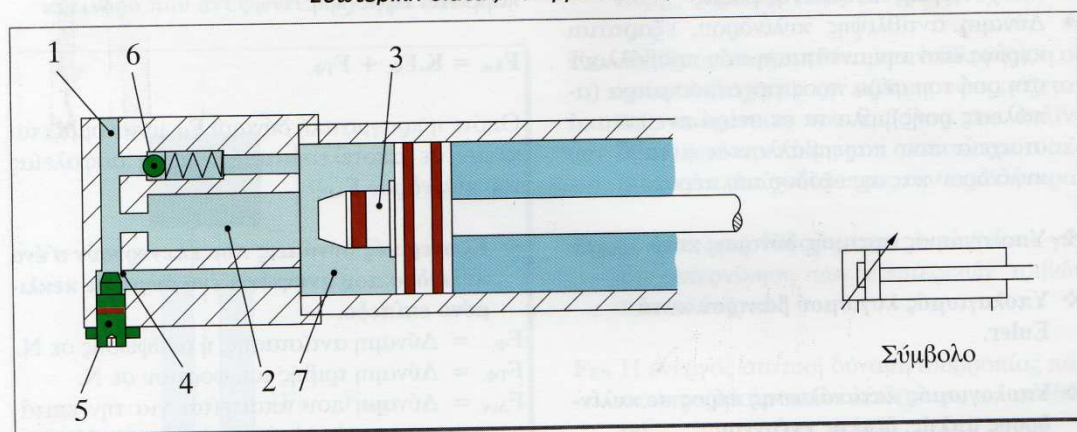
6.9 Κύλινδρος με εσωτερική διάταξη επιβράδυνσης(cushion)

Ο πεπιεσμένος αέρας είναι ένα από τα πλέον ταχύτατα μέσα, μπορούν να επιτευχθούν ταχύτητες κυλίνδρων από 1,5m/s έως και 3m/s ανάλογα με την εφαρμογή.

Η εσωτερική διάταξη επιβράδυνσης της κίνησης του συστήματος έμβολο-βάκτρο σ' ένα κύλινδρο χρησιμοποιείται για να επιβραδύνει τις κινούμενες μάζες πλησίον του τέλους της διαδρομής του εμβόλου.

Σχήμα 6.9

Εσωτερική διάταξη επιβράδυνσης (cushion)



Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η σκληρή μηχανική πρόσκρουση του εμβόλου πάνω στα σταθερά σημεία των κεφάλων του κυλίνδρου. Εντούτοις, ένα μειονέκτημα της παραπάνω μεθόδου είναι, ότι επιβραδύνει ισχυρά το έμβολο του κυλίνδρου, σε πολύ μικρό διάστημα διαδρομής, αλλοιώνοντας επίσης με αυτό τον τρόπο την ενεργό συνολική διαδρομή του κυλίνδρου.

Αντίθετα η τοποθέτηση εξωτερικών διατάξεων επιβράδυνσης της κίνησης, όπως είναι ο υδραυλικός κύλινδρος απόσβεσης κίνησης ο οποίος είναι ένα κλειστό υδραυλικό κύκλωμα, επιτρέπει ομαλότερη επιβράδυνση της κίνησης και την ολοκλήρωση της διαδρομής του κυλίνδρου.

Η κινητική ενέργεια E η οποία είναι το προϊόν όλων των δυνάμεων μάζας m_A που επιδρούν στο βάκτρο του εμβόλου και της ταχύτητας v που έχει το έμβολο στην αρχή της διαδικασίας επιβράδυνσης, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να υπερβαίνει το ποσό της ενέργειας $W_{απορ.}$ που θα απορροφηθεί από το μαξιλάρι αέρος στην προαναφερόμενη διάταξη απόσβεσης κίνησης.

$$E = \frac{1}{2} * m_A * v^2 \leq W_{απορ.}$$

Η παραπάνω διάταξη του Σχ. 6.9 εργάζεται ως εξής :

Κατά τη φάση σύμπτυξης του εμβόλου, ο πεπιεσμένος αέρας εξέρχεται κανονικά από την πόρτα 1 του κυλίνδρου. Όταν όμως η προέκταση 3 της κεφαλής του εμβόλου εισχωρήσει στην οπή 2, ο πεπιεσμένος αέρας έχει μοναδικό δρόμο διαφυγής προς την έξοδο 1, τη διατομή του στομίου στραγγαλισμού 4, που δημιουργείται από το ρυθμιζόμενο κοχλία 5.

Με αυτό τον τρόπο και ανάλογα με τη ρύθμιση του κοχλίου 5, το άθροισμα των κινούμενων μαζών m_A (ίδια μάζα, εμβόλου-βάκτρου, καθώς και οποιαδήποτε μάζα μεταφέρεται από το βάκτρο), έρχεται και σταματά ομαλά πάνω στην κεφαλή του κυλίνδρου.

Αυτό συμβαίνει, γιατί στο θάλαμο του κυλίνδρου 7 δημιουργείται ένα ισχυρό μαξιλάρι αέρος, το οποίο ανάλογα με τη ρύθμιση του κοχλίου 5, απορροφά την ενέργεια και επιβραδύνει την κίνηση του εμβόλου. Κατά τη φάση έκτασης του κυλίνδρου, η ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα εφαρμόζεται στη δακτυλιοειδή επιφάνεια του εμβόλου, διαμέσου της αντεπιστροφής 6, αλλά και ταυτόχρονα στην επιφάνεια της προέκτασης 3 διαμέσου του δρόμου 1 και 2.

Σ' αυτή τη φάση, εάν δεν υπήρχε η αντεπιστροφή 6, η ενέργεια του αέρα θα εφαρμοζόταν μόνο πάνω στην επιφάνεια της προέκτασης 3, ενώ ταυτόχρονα στο χώρο 7 θα είχαμε δημιουργία κενού, με γενικότερα προβλήματα στην εκκίνηση του εμβόλου. Με την τοποθέτηση της βαλβίδας αντεπιστροφής 6, όλα τα παραπάνω προβλήματα αποφεύγονται.

Στη συνέχεια το έμβολο κατά την κίνηση του, αποκαλύπτει το θάλαμο 2, οπότε η αντεπιστροφή 6 κλείνει και ο πεπιεσμένος αέρας πλέον διαμέσου των κεντρικών δρόμων 1 και 2, ωθεί το έμβολο σε έκταση. Το γραφικό πρότυπο σύμβολο του Σχ. 6.9, δείχνει ρυθμιζόμενη διάταξη επιβράδυνσης μόνο προς την πλευρά σύμπτυξης του εμβόλου.

6.10 Υπολογιστικά δεδομένα κυλίνδρων

- ❖ Υπολογισμός εξωτερικών δυνάμεων σ' ένα κύλινδρο
- Εξωτερικές δυνάμεις που επενεργούν σ' ένα κύλινδρο που ανυψώνει ένα σώμα σε κεκλιμένο επίπεδο.
- Εξωτερικές δυνάμεις που επενεργούν σ' ένα κύλινδρο που ανυψώνει ένα σώμα κάθετα.
- Εξωτερικές δυνάμεις που επενεργούν σ' ένα κύλινδρο που ωθεί ένα σώμα σε οριζόντιο επίπεδο
- Εξωτερική δύναμη που απαιτείται για την επιτάχυνση της κινούμενης μάζας.
- Δύναμη κατάθλιψης κυλίνδρου, εξαρτάται από την αντίσταση που προβάλλουν στη ροή του αέρα προς την ατμόσφαιρα (απώλειες ροής), όλα τα εν σειρά πνευματικά στοιχεία που παρεμβάλλονται μεταξύ του κυλίνδρου και της εξόδου του αέρα.
- ❖ Υπολογισμός στατικής δύναμης κυλίνδρων.
- ❖ Υπολογισμός λυγισμού βάρου κατά Euler.
- ❖ Υπολογισμός κατανάλωσης αέρος σε κύλινδρο απλής, διπλής ενέργειας.
- ❖ Εφαρμογές

Η πραγματική ή ωφέλιμη δύναμη σ' ένα κύλινδρο, είναι το σύνολο των εξωτερικών δυνάμεων που αυτός έχει ν'αντιμετωπίσει. Η πραγματική δύναμη F_{Π} , είναι το άθροισμα των δυνάμεων F_{Φ} η οποία δημιουργείται από την αντίσταση του φορτίου και τη δύναμη $F_{T\Phi}$ που απαιτείται για την υπερνίκηση των τριβών που δημιουργεί το φορτίο.

ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΡΟΗΣ (DIRECTIONS VALVES)

7.1 Περιγραφή

Για την απεικόνιση των πνευματικών κυκλωμάτων στο χαρτί, χρησιμοποιούνται συμβολισμοί οι οποίοι είναι αντιπροσωπευτικοί της λειτουργίας των διαφόρων δομικών στοιχείων και μηχανισμών που τα συνθέτουν.

Οι παραπάνω συμβολισμοί, δεν απαιτείται κατ' ανάγκη ν' αποδίδουν και τον τρόπο που τα δομικά στοιχεία και μηχανισμοί, επιτυγχάνουν κατασκευαστικά αυτή τη λειτουργία.

Μ' αυτό το σκεπτικό, η γραφική απεικόνιση με πρότυπα σύμβολα ενός πνευματικού κυκλώματος, ονομάζεται πνευματικό διάγραμμα κυκλώματος. Αυτά τα πρότυπα σύμβολα και παραστάσεις που συνθέτουν το πνευματικό διάγραμμα κυκλώματος, δημιουργούν τις προϋποθέσεις για:

- Απλή και γρήγορη χάραξη, πολύπλοκων πνευματικών διαγραμμάτων.
- Μονοσήμαντη ονομασία των πνευματικών δομικών στοιχείων και μηχανισμών.
- Εύκολη, γρήγορη, καθαρή και χωρίς λάθη παρουσίαση και ανάγνωση των πνευματικών διαγραμμάτων.
- Σύντομη κατανόηση και ερμηνεία της λειτουργικής διαδικασίας των και τέλος.
- Δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των τεχνικών των διαφόρων χωρών.

7.2 Σχεδιαστικά δεδομένα βαλβίδων διεύθυνσης ροής

Στο σχ. 9.3 παρατηρούμε την αρχή λειτουργίας των βαλβίδων εμβόλου και έδρας. υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι βαλβίδων διεύθυνσης ροής:

- Οι βαλβίδες διεύθυνσης ροής εμβόλου (Directional spool valves)

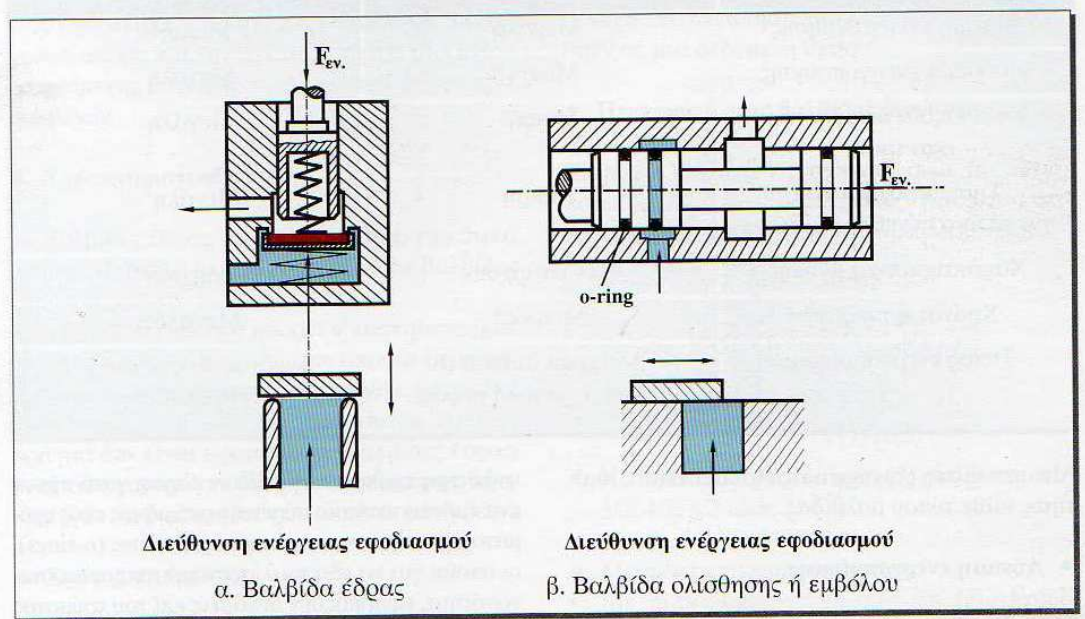
Οι βαλβίδες διεύθυνσης ροής εμβόλου ονομάζονται διαφορετικά και βαλβίδες διεύθυνσης ροής ολισθαίνοντος εμβόλου, ή απλά βαλβίδες ολίσθησης. Αποτελούνται από ένα κυλινδρικής μορφής έμβολο σχ. 7.1 το οποίο κινείται μέσα στο σώμα της βαλβίδας. Η στεγανοποίηση των δυο μερών εξασφαλίζεται συνήθως με στεγανοποιητικούς δακτυλίους (O-rings) και σπανιότερα με αυστηρές ανοχές ολίσθησης μεταξύ εμβόλου και σώματος βαλβίδας.

- Οι βαλβίδες διεύθυνσης ροής με έδρα (Directional poppet valves)

Οι βαλβίδες διεύθυνσης ροής με έδρα, αποτελούνται κυρίως από το στοιχείο επικάθισης ή στεγανότητας και την έδρα της βαλβίδας, η οποία συνήθως είναι ένα ξεχωριστό εξάρτημα πάνω στο σώμα της βαλβίδας, για να αντικαθίσταστε εύκολα σε περίπτωση ζημίας. Το στοιχείο επικάθισης, ανάλογα με την εφαρμογή, έχει διάφορες μορφές, όπως π.χ. σφαίρας, κώνου, ή δίσκου.

Σχήμα 7.1

Αρχή λειτουργίας των βαλβίδων έδρας και εμβόλου



- Οι βαλβίδες διεύθυνσης ροής με περιστρεφόμενο έμβολο (Rotary directional valves).

Οι βαλβίδες περιστρεφόμενου εμβόλου είναι παλαιότερος σχεδιασμός και τείνουν να εγκαταλειφθούν.

- Δύναμη ενεργοποίησης
 Η δύναμη ενεργοποίησης είναι μεγαλύτερη στις βαλβίδες έδρας από ότι στις βαλβίδες εμβόλου, γιατί στις πρώτες για την ενεργοποίησή τους θα πρέπει επιπλέον να υπερνικήσουμε και την αντίσταση του υπό πίεση μέσου, αντίθετα στις βαλβίδες εμβόλου το υπό πίεση μέσο είναι πλάγια της κίνησης του εμβόλου σχ.7.1
- Διαδρομή ενεργοποίησης
 Η διαδρομή ενεργοποίησης των βαλβίδων εμβόλου, είναι μεγαλύτερη από αυτή των βαλβίδων έδρας. Αυτό συμβαίνει, γιατί το έμβολο της βαλβίδας θα πρέπει να διατρέξει ένα μεγάλο σχετικά μήκος δρόμου, προκειμένου να αποκαλύψει την πόρτα στην οποία θα διευθύνει το υπό πίεση μέσο. Αντίθετα στις βαλβίδες έδρας, το ωστήριο το οποίο θα απομακρύνει το στοιχείο στεγανότητας (σφαίρα, κώνος, επίπεδο στοιχείο) από την έδρα του, εκτελεί πολύ μικρή διαδρομή.

Σχήμα 7.2

Κύριες διαφορές μεταξύ των βαλβίδων έδρας και εμβόλου

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΔΡΑΣ	ΒΑΛΒΙΔΑ ΕΜΒΟΛΟΥ
Δύναμη ενεργοποίησης	Μεγάλη	Μικρή*
Διαδρομή ενεργοποίησης	Μικρή*	Μεγάλη
Ευαισθησία σε μόλυνση και τριβή	Μικρή*	Μεγάλη
Τιμή παροχής αέρα για το ίδιο μέγεθος βαλβίδας	Μικρή	Μεγάλη*
Χαρακτηριστικά μνήμης	Δεν υπάρχουν	Υπάρχουν*
Χρόνος απόκρισης	Μικρός*	Μεγάλος
Τύπος ενεργοποίησης	Δεν είναι δυνατό το reset με εντολή αέρος	Δυνατοί όλοι οι τύποι* ενεργοποίησης

- Ευαισθησία σε μόλυνση και τριβή**
 Οι βαλβίδες εμβόλου υποφέρουν περισσότερο των βαλβίδων έδρας σε μόλυνση και τριβή, άρα είναι περισσότερο ευαίσθητες των βαλβίδων έδρας, σ αυτή την περίμετρο. Κατ αρχήν οι βαλβίδες εμβόλου αντιμετωπίζουν υψηλότερη τριβή των βαλβίδων έδρας, γιατί έχουν ένα έμβολο το οποίο σύρεται κατά μήκος ενός τρύματος, με στεγανοποιητικούς δακτύλιους (O-rings), οι οποίοι για να εξασφαλίσουν την αναγκαία στεγανότητα, εφαρμόζουν δυνάμεις επί του τρύματος που πρέπει να υπερκεραστούν. Αντίθετα στις βαλβίδες έδρας, το ωστήριο απλά απομακρύνει το στοιχείο στεγανότητας από την έδρα του, χωρίς να αντιμετωπίζει τριβές κατά την κίνησή του. Όσο αφορά την ευαισθησία σε άσχημη ποιότητα αέρος, οι βαλβίδες εμβόλου κατά την μετακίνηση του εμβόλου τους, χτίζουν προσθετικά τα στερεά προϊόντα μόλυνσης που περιέχονται στον αέρα μεταξύ εμβόλου και τρύματος. Αντίθετα οι βαλβίδες έδρας, τη μια φορά τα συγκεντρώνουν στην περιφέρεια της έδρας και το στοιχείο στεγανότητας και την επόμενη μέρος αυτών αυτοκαθαρίζεται, επομένως σ αυτή την περίπτωση η μόλυνση δεν δρα προσθετικά.
- Τιμή παροχής αέρα, για το ίδιο μέγεθος βαλβίδα**
 Η τιμή της διερχόμενης παροχής διαμέσου των δυο τύπων βαλβίδων (spool and poppet), για το ίδιο μέγεθος βαλβίδας διαφέρει. Οι βαλβίδες έδρας (poppet valves) έχουν μικρότερη ονομαστική παροχή από αυτή των βαλβίδων εμβόλου (spool valves) για το ίδιο μέγεθος βαλβίδας. Αυτό συμβαίνει γιατί τα ανοίγματα ροής των βαλβίδων έδρας κατά την ενεργοποίηση, είναι κατασκευαστικά μικρότερα από τα αντίστοιχα των βαλβίδων εμβόλου. Η παραπάνω δυσκολία από αρκετές κατασκευαστικές εταιρίες αντιμετωπίστηκε με επιτυχία γύρω στα τέλη του 20^{ου} αιώνα με αποτέλεσμα ακόμη και την αντιστροφή του ισοζυγίου διερχόμενης παροχής διαμέσου των 2 τύπων βαλβίδων.
- Χαρακτηριστικά μνήμης**
 Οι βαλβίδες έδρας στερούνται χαρακτηριστικά μνήμης, ιδιότητα η οποία διακρίνει τις βαλβίδες εμβόλου. Μια βαλβίδα εμβόλου μπορεί να

ακινητοποιήσει το έμβολό της σε οποιαδήποτε ακραία θέση και για όσο χρονικό διάστημα απαιτηθεί, μέχρι ένα άλλο σήμα του αλλάξει κατάσταση. Το ίδιο πράγμα δεν είναι εφικτό με τις βαλβίδες έδρας, οι οποίες απαιτούν συνεχή ενεργοποίηση, προκειμένου να διατηρηθούν σε μια δεδομένη θέση.

- Χρόνος απόκρισης

Η μεγάλη διαδρομή ενεργοποίησης των βαλβίδων εμβόλου, δίνει και μεγάλους χρόνους απόκρισης, σε αντιπαράθεση με τις βαλβίδες έδρας, οι οποίες είναι ταχύτερες γιατί έχουν μικρή διαδρομή ενεργοποίησης. Ενδεικτικές τιμές για μια βαλβίδα 5/2 μεγέθους 1/8, με πνευματική ενεργοποίηση και επαναφορά ελατηρίου έχουμε:

Poppet valve on: 5ms, off 16ms

Spool valve on: 10ms, off 35ms

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι οι poppet valves, είναι περίπου κατά 50% ταχύτερες των spool valve. Όταν λέμε χρόνος απόκρισης on: 5ms, εννοούμε ότι από τη στιγμή που εφαρμόζεται για την παραπάνω περίπτωση το πνευματικό σήμα, μέχρι τα κινητά μέρη της βαλβίδας τη φέρουν πλήρως σε θέση on, έχει περάσει χρονικό διάστημα 5ms (1sec=1000ms) και 16ms κατά αντίθετη έννοια.

- Τύπος ενεργοποίησης

Οι βαλβίδες εμβόλου είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν όλους τους τύπους ενεργοποίησης π.χ. χειροκίνητη, μηχανική, ηλεκτρονική κ.λπ. από την άλλη πλευρά οι βαλβίδες έδρας αδυνατούν να επανατοποθετηθούν στην αρχική τους θέση ηρεμίας με πνευματικό σήμα, γιατί απαιτούν συνεχή ενεργοποίηση προκειμένου να διατηρηθούν σε μια δεδομένη θέση.

- Περιγραφή μιας βαλβίδας διεύθυνσης ροής.

Έστω ότι θέλουμε να περιγράψουμε την παρακάτω βαλβίδα διεύθυνσης ροής, την οποία παρατηρούμε σε κάποιο πνευματικό κύκλωμα:

- Κλασματικός χαρακτηρισμός βαλβίδας π.χ. 3/2,4/2,5/3 κλπ.

- Μέθοδος ενεργοποίησης π.χ.

- ❖ Με ηλεκτρομαγνητική διάταξη (Σωληνοειδές)

- ❖ Με εφαρμογή πίεσης αέρος (Πνευματικά)

- ❖ Με εφαρμογή υδραυλικής πίεσης (Υδραυλικά)

- ❖ Με χειροκίνητη ενέργεια (μοχλό-πετάλ)

- ❖ Με μηχανική ενέργεια (στέλεχος-τροχίσκος-σπαστή άρθρωση)

- ❖ Συνδυασμός των παραπάνω.

- Μέθοδος επαναφοράς στη θέση ηρεμίας π.χ. με ελατήριο.

- Θέση ηρεμίας π.χ. Ανοικτή, κλειστή.

- Χειροκίνητη ενεργοποίηση (manual over-ride) π.χ. NAI, OXI

- Σχεδιαστικά δεδομένα βαλβίδας π.χ. εμβόλου, έδρας. Ο χαρακτηρισμός της έδρας **ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ**, βαλβίδες δείχνεται με το σύμβολο της αντεπιστροφής,

αυτός ο χαρακτηρισμός δεν υπάρχει στις **ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΕΣ** βαλβίδες, οπότε ουσιαστικά σ ένα πνευματικό γραφικό σύμβολο βαλβίδας, δεν γνωρίζουμε εάν είναι βαλβίδα, δεν γνωρίζουμε εάν είναι βαλβίδα **εμβόλου ή έδρας**.

- Μέγεθος βαλβίδας π.χ. M5, 1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 1" κλπ.
- Χαρακτηριστικά πηνίου π.χ. 220V 50Hz 24V DC κλπ.
- Εύρος πίεσης λειτουργίας π.χ. 10bar, 16bar κλπ.
- Τρόπος σύνδεσης π.χ. με σπείρωμα ή **πλάκα σύνδεσης**.

Τα χρωματισμένα κόκκινα δεδομένα δείχνονται από το γραφικό σύμβολο της βαλβίδας. Αντίθετα τα πράσινα δεδομένα, χαρακτηρίζουν ειδικά κάθε βαλβίδα και έτσι δεν δείχνονται στο σύμβολο.

7.3 Χαρακτηρισμός θέσης ηρεμίας και αρχικής θέσης των βαλβίδων

- Θέσης ηρεμίας
- Θέση ηρεμίας ή κανονική ή ουδέτερη θέση (Rest or Normal position) των βαλβίδων ή γενικά των πνευματικών δομικών στοιχείων, ονομάζουμε τη θέση εκείνη στην οποία έχουν τοποθετηθεί τα κινητά μηχανικά μέρη των, κάτω από την επίδραση εσωτερικών δυνάμεων π.χ. (δυνάμεων ελατηρίων). Ακόμη μπορούμε να πούμε ότι θέση ηρεμίας, είναι η θέση εκείνη που έχουν γενικά τα πνευματικά δομικά στοιχεία, πριν ακόμα επιδράσει πάνω σ αυτά η δεδομένη ενέργεια αλλαγής της θέσης των, ή περισσότερο απλά όταν αυτά δεν είναι ακόμη συνδεδεμένα στο κύκλωμα.
- **Αναγνώριση της θέσης ηρεμίας σ ένα πρότυπο γραφικό σύμβολο.** Σ' αυτή τη θέση παρατηρούμε ότι τα βέλη που προδιαγράφουν τις διευθύνσεις ροής του αέρα, επεκτείνονται έξω από το συγκεκριμένο τετράγωνο της βαλβίδας. Ακόμη παρατηρούμε ότι εξωτερικά του συγκεκριμένου τετραγώνου τοποθετούνται τα χαρακτηριστικά κώδικα γράμματα, ή αριθμοί που προδιαγράφουν τη σημασία των στομιών της βαλβίδας.
- **Θέση ηρεμίας κλειστή**
Σ' αυτή τη θέση η διέλευση του αέρα μεταξύ της εισόδου P(1) και της εξόδου A(2) της βαλβίδας **είναι κλειστή, όταν η βαλβίδα δεν είναι ενεργοποιημένη.**

Πιέζοντας το μπουτόν της παραπάνω βαλβίδας, μεταθέτουμε ουσιαστικά το αριστερό τετράγωνο της βαλβίδας στη θέση εργασίας, συνδέοντας μ αυτό τον τρόπο τους δρόμους **P→A** και κλείνοντας το δρόμο **R**.

Εάν ελευθερώσουμε το μπουτόν, το ελατήριο επαναφοράς φέρνει τη βαλβίδα στην αρχική της θέση ηρεμίας, συνδέοντας τους δρόμους **A→R** και κλείνοντας ταυτόχρονα το δρόμο **P**.

- Θέση ηρεμίας ανοικτή.
Σ' αυτή τη θέση, η διέλευση του αέρα μεταξύ της εισόδου P(1) και της εξόδου A(2) της βαλβίδας, **είναι ανοικτή όταν η βαλβίδα δεν είναι ενεργοποιημένη.**

Πιέζοντας το μπουτόν της παραπάνω βαλβίδας, μεταθέτουμε ουσιαστικά το αριστερό τετράγωνο της βαλβίδας στη θέση εργασίας, συνδέοντας τους δρόμους A→R και κλείνοντας το δρόμο P.

Εάν απελευθερώσουμε το μπουτόν, το ελατήριο επαναφοράς φέρνει τη βαλβίδα στην αρχική της θέση ηρεμίας, συνδέοντας τους δρόμους A→R και κλείνοντας ταυτόχρονα το δρόμο R. Παρατηρούμε ότι η λειτουργία αυτής της βαλβίδας, είναι στην ουσία αντίθετη της προηγούμενης.

- **Αρχική θέση**

Αρχική θέση (initial position) των βαλβίδων, ή γενικά των πνευματικών δομικών στοιχείων ονομάζουμε τη θέση εκείνη στην οποία βρίσκονται τα κινητά μηχανικά μέρη των, όταν αυτές είναι συνδεδεμένες στο κύκλωμα και παράλληλα έχουν τροφοδοτηθεί με παροχή πεπιεσμένου αέρα και τυχόν ηλεκτρική ενέργεια.

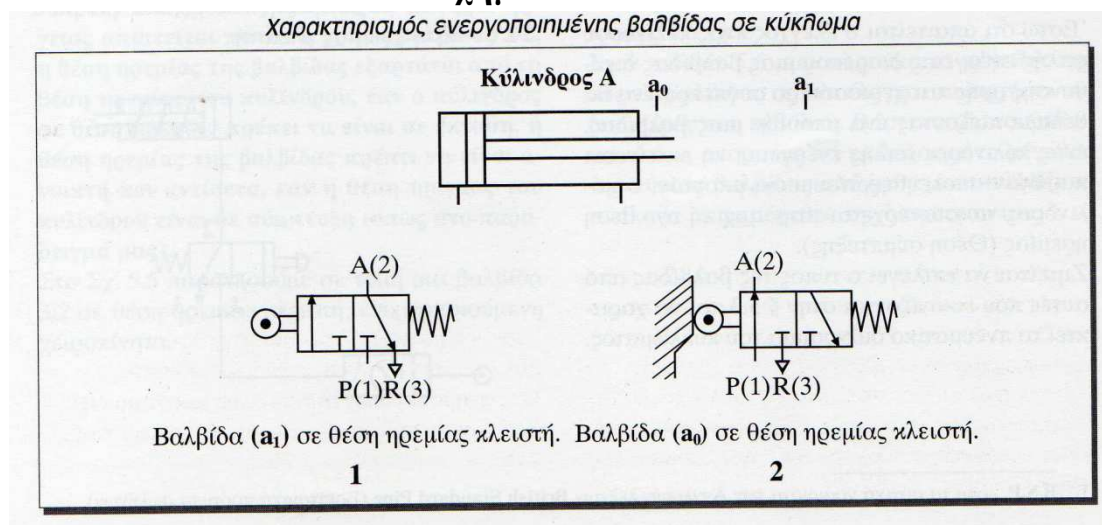
Ακόμα αρχική θέση, είναι η θέση εκείνη που έχουν τα στοιχεία, ένα βήμα πριν αρχίσει η ακολουθία του προγράμματος λειτουργίας του δεδομένου πνευματικού συστήματος. Αρκετές φορές η αρχική θέση και η θέση ηρεμίας σε ένα κύκλωμα ταυτίζονται. Η αλλαγή της θέσης σε μια βαλβίδα προκειμένου να επιτύχουμε την επιθυμητή διεύθυνση ροής που επιθυμούμε, ή ο έλεγχος γενικά των μηχανισμών, πραγματοποιείται με τις παρακάτω ενέργειες:

- ✓ **Με χειροκίνητο έλεγχο.** (π.χ. μπουτόν ώθησης, μοχλό, ποδόπληκτρο.)
- ✓ Με μηχανικό έλεγχο (π.χ. στέλεχος μικρής κίνησης, τροχίσκο, αρθρωτό μοχλό, ελατήριο.)
- ✓ Με ηλεκτρικό έλεγχο (π.χ. διάφορα σωληνοειδή)
- ✓ Με πνευματικό έλεγχο (π.χ. με άμεση είσοδο-έξοδο αέρος, με έμμεση είσοδο-έξοδο αέρος)

Με συνδυασμό των παραπάνω.

Σχήμα 7.3

Χαρακτηρισμός ενεργοποιημένης βαλβίδας σε κύκλωμα



Αρκετές φορές μηχανικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες με τροχίσκο, όταν είναι συνδεδεμένες στο κύκλωμα, δυνατόν να πιέζονται μηχανικά στη θέση ηρεμίας του κυλίνδρου, με αποτέλεσμα να έχουν αλλάξει κατάσταση (Σχ 9.4 βαλβίδα 2). Σ' αυτή την περίπτωση, ο μελετητής πρέπει να δείχνει αυτή τη διαφορά στο πνευματικό διάγραμμα του κυκλώματος, έτσι ώστε να μην παραπλανάτε ο αναγνώστης και να γνωρίζει την πραγματική θέση ηρεμίας αυτής της βαλβίδας. Στον κύλινδρο π.χ. του Σχ. 9.4 και οι δυο τερματικές βαλβίδες είναι σε θέση ηρεμίας κλειστές. Η διαφορά εντοπίζεται στη βαλβίδα $a \square$ (θέση σύμπτυξης κυλίνδρου), η οποία πιέζεται μηχανικά από τον κύλινδρο και είναι ενεργοποιημένη, αυτό το σημείο πρέπει να δείχνεται στο σχέδιο με την τοποθέτηση μιας μπάρας μπροστά από τον τροχίσκο της βαλβίδας, ενώ παράλληλα η βαλβίδα πρέπει να σχεδιάζεται σε ενεργοποιημένη θέση.

7.4 Άμεσος έλεγχος (direct control operation) ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας

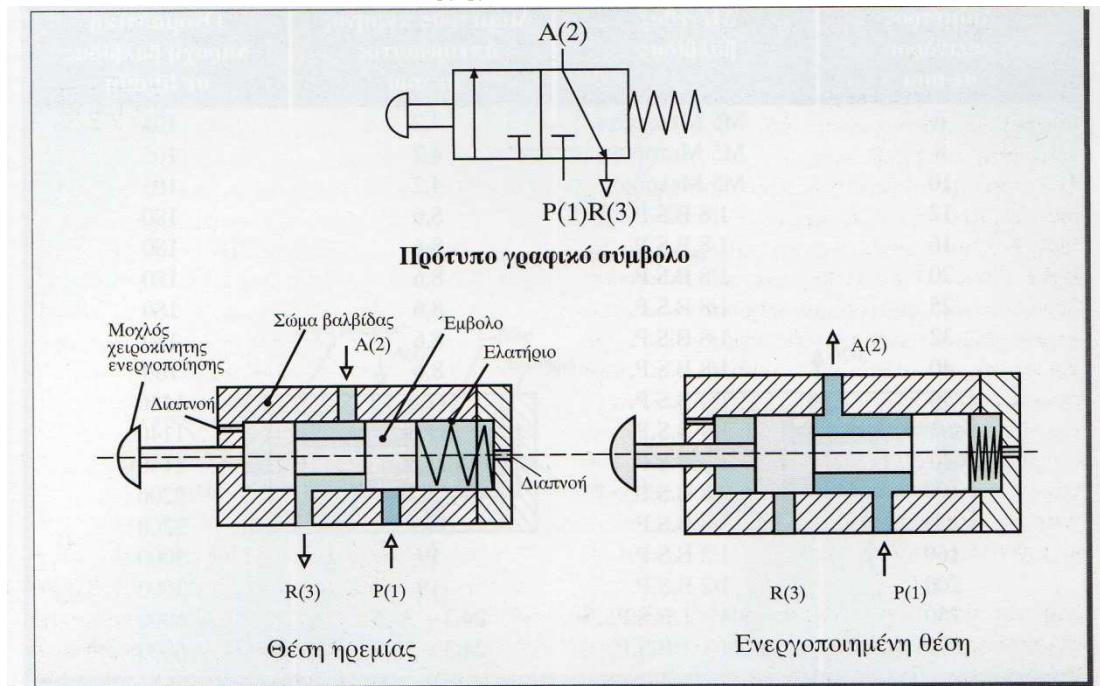
Ο άμεσος τρόπος ελέγχου των βαλβίδων διεύθυνσης ροής συνεπάγεται την **απευθείας ενεργοποίησης των βαλβίδων**. Ο άμεσος τρόπος ελέγχου χρησιμοποιείται εκεί όπου απαιτείται ο έλεγχος μικρών παροχών (**μικρές βαλβίδες μεγέθους περίπου μέχρι και 1/8 B.S.P.**) και κατ' επέκταση μικρών λειτουργικών δυνάμεων (**πνευματικά κυκλώματα τα οποία αντιμετωπίζουν μικρή αντίσταση εργασίας μέχρι και περίπου 1100 N τα οποία μπορεί να δώσει ένας κύλινδρος διαμέτρου Φ50 στα 6 bar**). Κατά τον ίδιο τρόπο μπορούμε να επενεργήσουμε απευθείας με τη δύναμη μας για να φρενάρουμε ένα ποδήλατο, αλλά είναι φύση αδύνατον να πράξουμε το ίδιο για να τροχοπεδήσουμε ένα αυτοκίνητο.

Στην τελευταία αυτή περίπτωση θα χρειαστεί να αυξηθεί η δύναμη του ποδιού που επενεργεί στο σύστημα πέδησης του οχήματος (σερβόφρενο) για να σταματήσει αυτό. Παρατηρούμε ότι ο δεύτερος τρόπος δεν είναι άμεσος, αλλά έμμεσος διαμέσου του σερβόφρενου γιατί το όχημα έγινε βαρύτερο (υψηλότερη κινητική ενέργεια) και απαιτεί μεγαλύτερη δύναμη για να σταματήσει.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:

Για τον έλεγχο ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας απαιτείται πάντα η χρήση βαλβίδας 3/2, η θέση ηρεμίας της βαλβίδας εξαρτάται από τη θέση ηρεμίας του κυλίνδρου, εάν ο κύλινδρος σε θέση ηρεμίας της βαλβίδας πρέπει να είναι σε έκταση, η θέση ηρεμίας της βαλβίδας πρέπει να είναι ανοικτή και αντίθετα, εάν η θέση ηρεμίας του κυλίνδρου είναι σε σύμπτυξη. Στο σχ. 9.5 παρατηρούμε σε τομή μια βαλβίδα 3/2 σε θέση ηρεμίας κλειστή, ενεργοποιούμενη χειροκίνητα.

Σχήμα 7.5



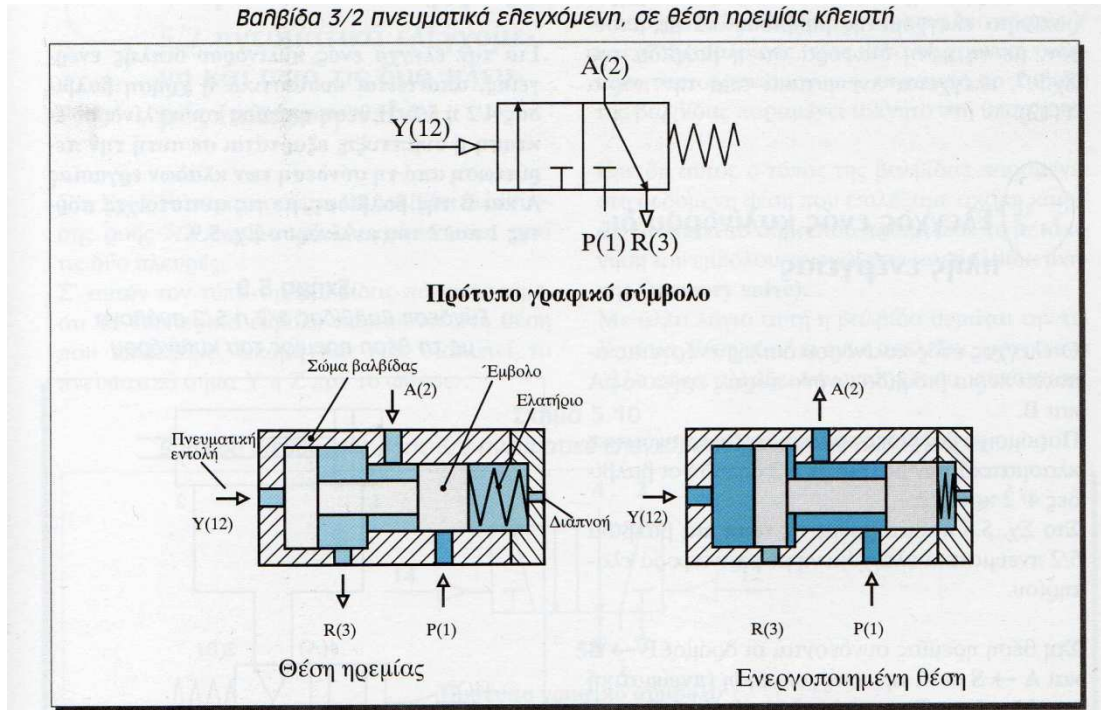
7.5 Έμμεσος έλεγχος (indirect control operation) ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας

Ουσιαστικά καλό είναι για μεγέθη βαλβίδων μεγαλύτερα του 1/8 B.S.P. και λειτουργικές δυνάμεις μεγαλύτερες από αυτές του κυλίνδρου $\Phi 50$ στα 6 bar, να χρησιμοποιείται ο έμμεσος τρόπος ελέγχου.

Στον πίνακα 9.6 παρατηρούμε το μέγεθος της κύριας βαλβίδας σε ένα έλεγχο, συναρτήσει της διαμέτρου του εμβόλου. Βάσει αυτού του πίνακα πλέον, μπορούμε να επιλέξουμε το μέγεθος της κύριας βαλβίδας οδήγησης του κυλίνδρου, ανάλογα με το μέγεθος της διαμέτρου του.

Σχήμα 7.6

Βαλβίδα 3/2 πνευματικά ελεγχόμενη, σε θέση ηρεμίας κλειστή



7.6 Έλεγχος ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας

Ο έλεγχος ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας απαιτεί κύρια βαλβίδα με δυο πόρτες εργασίας A και B.

Παρόμοιες βαλβίδες είναι οι αμέσως ανώτερες κλασματικά των βαλβίδων 3/2 δηλαδή οι βαλβίδες 4/2 και 5/2. Στο σχ. 4.7 παρατηρούμε σε τομή μια βαλβίδα 5/2 πνευματικά ελεγχόμενη με επαναφορά ελατηρίου.

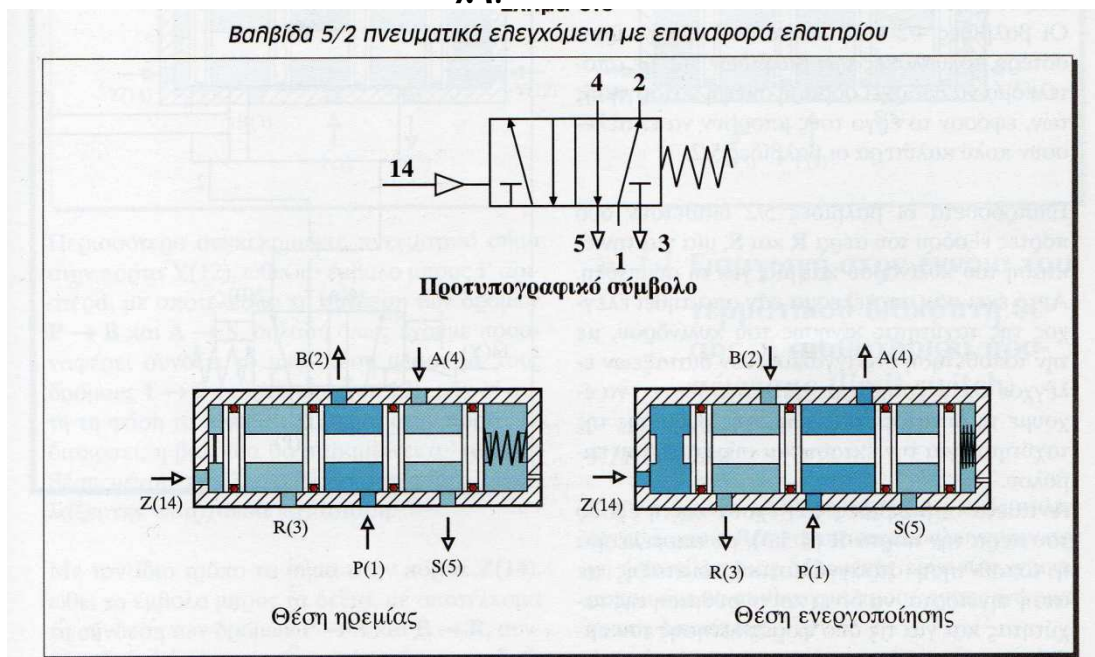
Στη θέση ηρεμίας συνδέονται οι δρόμοι $P \rightarrow B$ και $A \rightarrow S$ μετά την ενεργοποίηση (πνευματική εντολή πόρτα Z) συνδέονται οι δρόμοι $P \rightarrow A$ και $B \rightarrow R$.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:

Για τον έλεγχο ενός κυλίνδρου ενέργειας, απαιτείται ουσιαστικά η χρήση βαλβίδας 4/2 ή 5/2. Η θέση ηρεμίας του κυλίνδρου έκταση ή σύμπτυξη, εξαρτάται σε αυτή την περίπτωση από τη σύνδεση των κλάδων εργασίας A και B της βαλβίδας, με τις αντίστοιχες πόρτες, 1 και 2 του κυλίνδρου σχ. 7.9

Σχήμα 7.7

Βαλβίδα 5/2 πνευματικά ελεγχόμενη με επαναφορά ελατηρίου



7.7 Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 5/2 πνευματικά ελεγχόμενη και από τις δυο πλευρές (memory valve)

Στο σχ. 9.10 παρατηρούμε μια βαλβίδα διεύθυνσης ροής 5/2 πνευματικά ελεγχόμενη και από τις δυο πλευρές. Σ' αυτόν τον τύπο της βαλβίδας παρατηρούμε, ότι το εσωτερικό έμβολο παραμένει στη θέση που επιλέξαμε, ακόμη και εάν διακοπεί το πνευματικό σήμα Y ή Z που το ώθησε. Περισσότερο συγκεκριμένα, πνευματικό σήμα στην πόρτα Y(12), ωθεί το έμβολο μπρός τα αριστερά, με αποτέλεσμα τη σύνδεση των δρόμων $P \rightarrow B$ και $A \rightarrow S$, δηλαδή όπως έχουμε προαναφέρει συνδέει το υπό πίεση μέσον με τους δρόμους $1 \rightarrow 2$ (πόρτα ελέγχου 12), εάν σ αυτή τη φάση το πνευματικό σήμα στην πόρτα 12 διακοπεί, η βαλβίδα θα παραμείνει σ αυτή τη θέση, μέχρι ένα άλλο σήμα από τη πόρτα 14 αλλάξει την υπάρχουσα κατάσταση.

Με τον ίδιο τρόπο το σήμα στην πόρτα Z(14), ωθεί το έμβολο μπρος τα δεξιά με αποτέλεσμα τη σύνδεση των δρόμων $P \rightarrow A$ και $B \rightarrow R$, συνδέει δηλαδή το υπό πίεση μέσον με τους δρόμους $1 \rightarrow 4$ (πόρτα ελέγχου 14).

Εάν σε αυτόν τον τύπο της βαλβίδας, έχουμε ταυτόχρονα διπλά σήματα και στις δυο πόρτες Y και Z της βαλβίδας, τότε κατά τη χρονική διάρκεια ταυτοχρονισμού των σημάτων, το έμβολο της βαλβίδας παραμένει ακίνητο στη θέση του.

Επειδή αυτός ο τύπος της βαλβίδας παραμένει στη δεδομένη θέση που επιλέξαμε ακόμη και εάν διακοπεί το σήμα που προκάλεσε τη μετακίνηση του εμβόλου, ονομάζεται και βαλβίδα μνήμης (**memory valve**).

Με άλλα λόγια αυτή η βαλβίδα θυμάται την τελευταία θέση που έχουμε επιλέξει, μέχρι ένα άλλο σήμα αλλάξει την υπάρχουσα κατάσταση.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

8.1 Γενικά:

Ο πεπιεσμένος αέρας, είναι ένα από τα πλέον ταχύτατα μέσα εργασίας για ανάπτυξη περιστροφικής ή ευθύγραμμης γραμμικής κίνησης. Σε σωληνώσεις αέρος επιτυγχάνονται ταχύτητες αέρος έως και 10 m/sec.

Κινητήρες αέρος ή αεροτουρμπίνες, περιστρέφονται με ταχύτητες πάνω από 500.000 R.P.M. (1/min).

Λειτουργικές ταχύτητες για γραμμική κίνηση κατ'εξάιρεση μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 3 m/sec.

Αρχικά θα πρέπει το μέγεθος του στοιχείου εργασίας που θα επιλέξουμε, να έχει την ικανότητα χειρισμού του δεδομένου φορτίου που έχουμε στην πίεση λειτουργίας, παράλληλα ένα δεύτερο σημαντικό στοιχείο, είναι το ύψος της ταχύτητας του στοιχείου εργασίας, **το οποίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την παροχή του πεπιεσμένου αέρα που αυτό εφοδιάζεται.**

Το ανώτερο όριο αυτής της ταχύτητας, φυσικά εξαρτάται από το μέγεθος της πιο μικρότερης διατομής που διέρχεται αυτός ο οδηγός αέρας πριν εισαχθεί στο προαναφερόμενο στοιχείο εργασίας, ανεξάρτητα εάν αυτή η μικρότερη διατομή είναι η οπή εισόδου στον κύλινδρο, η οπή των σωλήνων διατομής του αέρα, η οπή της κύριας βαλβίδας οδήγησης του στοιχείου εργασίας, ή η διατομή της οπής του προκατασκευασμένου αέρος.

Εφόσον ο παραπάνω οδηγός αέρας έχει επαρκή πίεση ανάλογα με τις σχεδιαστικές απαιτήσεις τότε η τιμή της ταχύτητας κίνησης διατηρείται στο ανώτερο όριο διαφορετικά μεταβάλλεται.

Αρα ουσιαστικά οι κύριοι και δευτερεύοντες συντελεστές οι οποίοι επηρεάζουν την ταχύτητα κίνησης ή περιστροφικής των στοιχείων εργασίας είναι:

❖ Κύριοι συντελεστές

- ✓ Η τιμή του φορτίου που αντιμετωπίζει το στοιχείο εργασίας.
- ✓ Η τιμή της πίεσης εργασίας η οποία είναι ανάλογη του φορτίου που αντιμετωπίζει το στοιχείο εργασίας.
- ✓ Από το μέγεθος της κύριας βαλβίδας οδήγησης του στοιχείου εργασίας.
- ✓ Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στοιχείου εργασίας.

- ✓ Από το μέγεθος του προπαρασκευαστή αέρος ο οποίος είναι ουσιαστικά υπεύθυνος, για το μέγεθος της μέγιστης παροχής που μπορεί να εισαχθεί στο κύκλωμα.
- ✓ Από το μέγεθος της διατομής των σωλήνων διανομής του πεπιεσμένου αέρα στο κύκλωμα.
- ❖ **Δευτερεύοντες συντελεστές**
- ✓ Το μήκος των κλάδων εργασίας μεταξύ της κύριας βαλβίδας οδήγησης και του στοιχείου εργασίας.
- ✓ Η χρήση ή όχι βαλβίδας ταχείας εκκένωσης.
- ✓ Η δεδομένη ικανότητα απορρόφησης της κινητικής ενέργειας της διάταξης επιβράδυνσης του κυλίνδρου, η οποία ουσιαστικά εφόσον υπάρχει, μειώνει αισθητά τη μέση ταχύτητα διαδρομής σε ένα κύλινδρο.
Η μέση ταχύτητα του εμβόλου σε κοινούς κυλίνδρους κυμαίνεται περίπου από **0,1÷1,5 m/sec** με μέγιστη τιμή **1,5 m/sec**.

8.2 Επιλογή του μεγέθους της κύριας βαλβίδας

Προκειμένου να υπολογίσουμε επακριβώς την ταχύτητα κίνησης των στοιχείων εργασίας θα πρέπει να έχουμε στην διάθεσή μας το σύνολο των δυνάμεων που επενεργούν π.χ. σε ένα κύλινδρο συμπεριλαμβανομένων εκτός της αντίστασης του φορτίου και των δυνάμεων τριβής του φορτίου και επιτάχυνσης της κινούμενης μάζας.

Παράλληλα απαιτείται ο υπολογισμός της πτώσης πίεσης διαμέσου των σωλήνων μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα στο κύκλωμα, ο υπολογισμός της πτώσης πίεσης που δημιουργούν, οι διάφορες συνδέσεις όπως είναι οι καμπύλες, ταφ, γωνίες, καθώς οι διάφορες βαλβίδες του κυκλώματος.

Η πολυπλοκότητα και η δυσκολία των παραπάνω υπολογισμών, ανάγκασε όλες τις γνωστές εταιρείες κατασκευής πνευματικών δομικών στοιχείων, να εκπονήσουν νομογράφημα τα οποία δίνουν μια κατά προσέγγιση λύση στο παραπάνω πρόβλημα.

Αρχικά μια πρώτη εκτίμηση του μεγέθους της κύριας βαλβίδας σε σχέση με το μέγεθος της διαμέτρου του εμβόλου για κανονική ταχύτητα κίνησης μπορεί να το δώσει ο προηγούμενος πίνακας. Ουσιαστικά η εμπειρία και τελικά το πειραματικό δεδομένο, δίνουν την οριστική λύση στο θέμα.

Στη συνέχεια από το νομογράφημα της εταιρείας FESTO σχ. 8.1 λαμβάνουμε κατά προσέγγιση τη μέση ταχύτητα κίνησης του εμβόλου υπό φορτίο, συναρτήσει του μεγέθους του κυλίνδρου και της κύριας βαλβίδας οδήγησης αυτού. Δεδομένα για επίλυση από το νομογράφημα του σχ. 7.1:

Δίνονται φορτίου κυλίνδρου $F=800\text{N}$ με διάμετρο κυλίνδρου $D=\Phi 50$. Ζητείται η ταχύτητα του κυλίνδρου εάν χρησιμοποιηθεί τη μια φορά βαλβίδα οδήγησης μεγέθους 1/8B.S.P. και μεταξύ 200 και 225 mm/s με χρήση βαλβίδας μεγέθους 1/4 B.S.P.

Από το νομογράφημα λαμβάνουμε ταχύτητα κυλίνδρου μεταξύ 50 και 56 mm/s με χρήση βαλβίδας 1/8 B.S.P. και μεταξύ 200 και 255mm/s με χρήση βαλβίδας μεγέθους 1/4 B.S.P.

8.3 Ρύθμιση ροής

Ο έλεγχος της ροής μπορεί να πραγματοποιηθεί με στραγγαλιστικές διατάξεις διαμέσου των οποίων η ενεργή διατομή διέλευσης της ροής του πεπιεσμένου αέρα μπορεί να μεταβληθεί. Μια παρόμοια διάταξη είναι η βαλβίδα στραγγαλισμού ή ελέγχου της ροής, με ενσωματωμένη αντεπιστροφή σε κοινό σώμα, η οποία επιτρέπει τον έλεγχο της ροής του αέρα προς τη μια διεύθυνση, ενώ επιτρέπει την ελεύθερη διόδο αυτής αντίθετα.

Το πρότυπο γραφικό σύμβολο μιας παρόμοιας βαλβίδας έχει ως εξής:

Εάν η διεύθυνση της ροής του αέρα είναι από **A**→**B**, τότε αυτή είναι αναγκασμένη να περάσει από το στόμιο στραγγαλισμού με αποτέλεσμα να υποστεί τον ανάλογο περιορισμό, αντίθετα, ροή από **B**→**A**, περνάει ελεύθερα διαμέσου της αντεπιστροφής, χωρίς να υποστεί περιορισμό.

Κύριο έργο των βαλβίδων ελέγχου ροής είναι:

- Ο έλεγχος της μέγιστης ταχύτητας κίνησης του στοιχείου εργασίας και κατ'επέκταση του φορτίου που αυτό φέρει.
- Δημιουργούν τις προϋποθέσεις σταθερής ταχύτητας κίνησης του φορτίου όταν η δύναμη επιτάχυνσης έχει ολοκληρωθεί.
- Επιβραδύνουν την ταχύτητα κίνησης του φορτίου πλησίον του τέλους της διαδρομής του κυλίνδρου.
- Εμποδίζουν την ανεξέλεγκτη πτώση φορτίων τα οποία κινούνται κατά τη διεύθυνση των βαρυτικών δυνάμεων που δημιουργούν.

8.4 Εφαρμογές των βαλβίδων ελέγχου ροής

Για να επιτύχουμε τον έλεγχο της ταχύτητας των στοιχείων εργασίας ουσιαστικά υπάρχουν δυο διαφορετικοί τρόποι τοποθέτησης των βαλβίδων ελέγχου ροής σ' ένα κύκλωμα.

Οι παραπάνω δυο τρόποι είναι:

- ✓ Προέλεγχος της ροής ή αρχικός έλεγχος (**Meter-in or primary control**).
- ✓ Μεταέλεγχος της ροής ή δευτερεύων έλεγχος (**Meter-out or secondary control**).

- Προέλεγχος της ροής

Η βαλβίδα ελέγχου ροής τοποθετείται μεταξύ του στοιχείου εργασίας και της κύριας βαλβίδας οδήγησης, έτσι ώστε η ροή του αέρα που οδεύει προς το στοιχείο εργασίας να ελέγχεται σχ. 7.2

Αυτός ο τύπος ελέγχου συνιστάται σε πνευματικά κυκλώματα στα οποία το φορτίο εργασίας F είναι πάντα θετικό και σταθερό σε όλη τη διάρκεια διαδρομής του κυλίνδρου. Εφόσον ισχύουν τα παραπάνω η κίνηση του εμβόλου διατηρείται ομαλή και ισοταχής.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

Σ αυτή την περίπτωση σχ. 7.2 ο κύλινδρος υποστηρίζεται με πίεση (P_2), μόνο από τη μια πλευρά (πλευρά εμβόλου), η οποία πίεση είναι ανάλογη του συνολικά πραγματικού φορτίου ($F_{E_{max}}$) που εφαρμόζεται στο βάκτρο του κυλίνδρου. Η τιμή της πίεσης P_2 δίνεται από το παρακάτω σχέση:

$$P_2 = F_{E_{max}} / A_E$$

Η πίεση p_3 δεξιά του εμβόλου (πλευρά βάκτρο) είναι σχεδόν μηδενική και έχει να κάνει μόνο με τις απώλειες πίεσης, που δημιουργούνται καθ' όλο το μήκος του δρόμου εκροής του αέρα προς την ατμόσφαιρα, συμπεριλαμβανομένου και της αντίστασης που παρεμβάλλει η κύρια βαλβίδα διεύθυνσης ροής. Η πίεση P_1 στην είσοδο της βαλβίδας ελέγχου ροής, έχει την τιμή ρύθμισης του προκατασκευαστή του κυκλώματος, με μια μικρή ελάττωση μόνο από αυτή, λόγω των απωλειών πίεσης που δημιουργούνται σε όλο το μήκος του δρόμου που παρεμβάλλεται μεταξύ προκατασκευαστού και της εισόδου της βαλβίδας ελέγχου ροής.

Το γεγονός ότι ο κύλινδρος υποστηρίζεται με πίεση μόνο από τη μια πλευρά, έχει σαν επακόλουθο την αύξηση της τριβής με το εσωτερικό τοίχωμα του κυλίνδρου, μόνο εκείνων των στεγανοποιητικών, στα οποία επιδρά η παραπάνω πίεση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένα σχετικά μικρό συνολικό ποσό δυνάμεων τριβής των στεγανοποιητικών, το οποίο εξασφαλίζει σε αυτά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, καθώς επίσης και ομαλή ταχύτητα κίνησης του βάκτρον ιδιαίτερα στις χαμηλές ταχύτητες με την προϋπόθεση ότι η αντίσταση εργασίας είναι πραγματικά **σταθερή**.

➤ Μεταέλεγχος της ροής

Η βαλβίδα ελέγχου ροής και σε αυτή την περίπτωση τοποθετείται μεταξύ του στοιχείου εργασίας και της κύριας βαλβίδας οδήγησης, έτσι ώστε η ροή του αέρα που εκδιώχνεται από το στοιχείο εργασίας να ελέγχεται σχ. 7.3

Αυτός ο τύπος ελέγχου συνιστάται σε πνευματικά κυκλώματα με **μεταβλητή αντίσταση εργασίας**. Η πίεση P_1 η οποία επιδρά στην επιφάνεια του εμβόλου του κυλίνδρου ακόμη και σε μικρές τιμές, του φορτίου εργασίας F έχει τιμή περίπου ίδια με την τιμή ρύθμισης του προκατασκευαστή του κυκλώματος. Η πίεση αντιστάθμισης P_2 (πλευρά βάκτρο) εξαρτάται από τη σχέση των επιφανειών K του κυλίνδρου, την πίεση ρύθμισης του προκατασκευαστή του κυκλώματος P_1 και την αντίσταση εργασίας (φορτίο $F_{E_{max}}$). Για την εύρεση της γνωρίζουμε ότι το αλγεβρικό άθροισμα όλων των δυνάμεων που εφαρμόζονται πάνω στο έμβολο του κυλίνδρου είναι ίσο με το μηδέν οπότε έχουμε: $P_1 * A_E - P_2 * A_A - F = 0$ και $P_2 = K * P_1 - (F_{E_{max}} / A_A)$

Από την παραπάνω εξίσωση παρατηρούμε ότι η πίεση P_2 , ελαττώνεται όταν η τιμή του φορτίου $F_{E_{max}}$ αυξάνεται, ενώ σε εξαιρετικά ακραίες περιπτώσεις μπορεί να μηδενιστεί. Η πίεση P_3 στην έξοδο της βαλβίδας ελέγχου ροής είναι σχεδόν μηδενική. Είναι επίσης φυσικό ότι η ποσότητα της ροής που εισέρχεται στον κύλινδρο σχ. 7.3 είναι τόση όση επιτρέπει η βαλβίδα ελέγχου ροής να φύγει προς την ατμόσφαιρα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

Σ αυτή την περίπτωση το φορτίο αντισταθμίζεται (πίεση P_2).

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

Ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτού του τρόπου ελέγχου ροής, είναι η αριστερή πλευρά του κυκλώματος υπόκειται συνεχώς στη μέγιστη πίεση λειτουργίας P_1 του κυκλώματος (πίεση ρύθμισης του προκατασκευαστή του κυκλώματος). Παράλληλα το δεξιό μέρος του κυκλώματος υπόκειται στην πίεση αντιστάθμισης P_2 σύμφωνα με την προαναφερόμενη σχέση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα και τα δυο στεγανοποιητικά (έκτασης και σύμπτυξης) του εμβόλου του κυλίνδρου αλλά και του βάκτρου να είναι υπό πίεση, οπότε το συνολικό ποσόν των δυνάμεων τριβής των στεγανοποιητικών με το τοίχωμα του κυλίνδρου, σε σχέση με την προηγούμενη μέθοδος αυξάνουν σημαντικά, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της διάρκειας ζωής των στεγανοποιητικών, παράλληλα έχουμε μια επιπρόσθετη απώλεια ισχύος η οποία δημιουργείται για την υπερνίκηση της πίεσης αντιστάθμισης P_2 και τέλος η δημιουργία του ανεπιθύμητου φαινομένου **stick-slip effect** είναι περισσότερο εύκολη. Παρόλα αυτά **ο μεταέλεγχος της ροής** στα πνευματικά κυκλώματα, χρησιμοποιείται περισσότερο συχνά του προελέγχου της ροής, γιατί είναι πολύ δύσκολο το φορτίο εργασίας σε ένα κύλινδρο, να διατηρείται σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

Βαλβίδες ελέγχου πίεσης

(Pressure control valves)

9.1 ΓΕΝΙΚΑ:

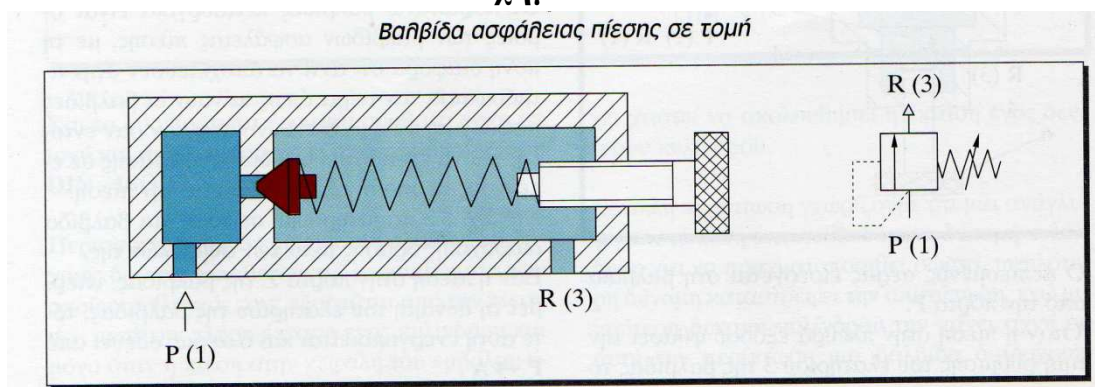
Οι βαλβίδες ελέγχου πίεσης, είναι τα πνευματικά δομικά στοιχεία διαμέσου των οποίων είμαστε σε θέση να ελέγχουμε το μέγεθος της πίεσης, να ρυθμίζουμε την πίεση ή να δίνουμε κάποια εντολή όταν η πίεση σε ένα σημείο του κυκλώματος έχει φθάσει σε μια δεδομένη επιθυμητή τιμή.

Κατ' αυτό τον τρόπο υποδιαιρούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Βαλβίδες ασφαλείας ή ανακούφισης πίεσης.
- Βαλβίδες ρύθμισης ή μείωσης πίεσης.
- Βαλβίδες διαδοχικής δράσης.

Σχήμα 9.1

Βαλβίδα ασφάλειας πίεσης σε τομή



9.2 Βαλβίδες ασφάλειας ή ανακούφισης πίεσης (safety or pressure relief valves).

Έργο των παραπάνω βαλβίδων είναι η οριοθέτηση της μέγιστης πίεσης λειτουργίας των αεροφυλακίων ή γενικά δοχείων υπό πίεση, αλλά ακόμη και να εμποδίζουν την πίεση σ' ένα δεδομένο σημείο του κυκλώματος, να υπερβεί ένα επιτρεπόμενο μέγιστο όριο.

Στο σχ. 8.1 παρατηρούμε σε τομή μια βαλβίδα ασφάλειας πίεσης μετά του συμβόλου της. Η πίεση εφαρμόζεται στην πόρτα P της βαλβίδας, όταν αυτή η δύναμη

της πίεσης που εφαρμόζεται στην επιφάνεια του κώνου της βαλβίδας υπερβεί την δύναμη ρύθμισης του ελατηρίου της βαλβίδας ο κώνος ανοίγει αποχετεύοντας την περίσσεια της πίεση στην ατμόσφαιρα διαμέσου της πόρτας R.

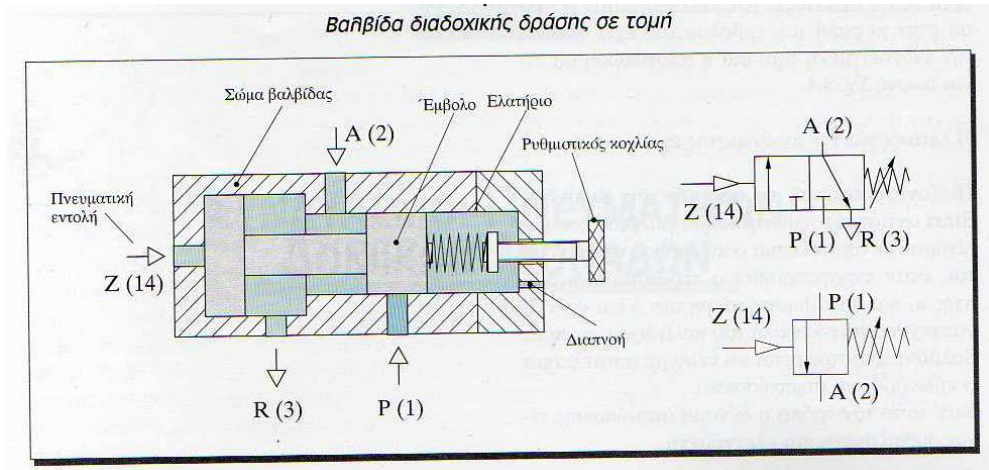
9.3 Βαλβίδες ρύθμισης ή μείωσης πίεσης (Pressure regulating or reducing valves).

Σκοπός αυτών των βαλβίδων είναι διατήρηση της πίεσης λειτουργίας του συστήματος (δευτερεύουσα πίεση) πρακτικά σε σταθερή τιμή και ανεξάρτητη από τις διακυμάνσεις της πίεσης εισόδου (πρωταρχική πίεση).

Στο σχ. 11.2 παρατηρούμε σε τομή μια βαλβίδα ρύθμισης πίεσης μετά του συμβόλου της. Ο πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται στη βαλβίδα από την πόρτα P. Όταν η πίεση στην πλευρά εξόδου φθάσει την τιμή ρύθμισης του ελατηρίου 3 της βαλβίδας το έμβολο 2 του ρυθμιστή από την πίεση του αέρα που εξασκείται στο πάνω μέρος του έχει κατέβει με αποτέλεσμα το ωστήριο 1 ακολουθώντας αυτή τη κίνηση να έχει κλείσει την είσοδο του πεπιεσμένου αέρα. Ακριβώς σ' αυτό το σημείο εάν υπάρξει ζήτηση στην έξοδο του ρυθμιστή, η πίεση στο πάνω μέρος του εμβόλου 2 ελαττώνεται, με αποτέλεσμα την ανύψωσή του από τη μεγαλύτερη δύναμη του ελατηρίου 3, το ωστήριο 1 ακολουθεί ανοίγοντας την είσοδο της βαλβίδας για να περάσει ακριβώς η ποσότητα η οποία καταναλώθηκε στην έξοδο και να κλείσει ισορροπώντας πάλι. Εάν πάλι σε αυτή τη θέση στρέψουμε δεξιά το ρυθμιστικό κοχλία 6 αυξάνουμε τη δύναμη του ελατηρίου 3 με αποτέλεσμα μια νέα ποσότητα αέρα να εισέλθει στη βαλβίδα αυξάνοντας έτσι την τιμή πίεσης στην πλευρά εξόδου.

Σε άλλη περίπτωση γνωρίζουμε ότι μια ανάγλυφη αποτύπωση απαιτεί δεδομένη δύναμη κυλίνδρου για να πραγματοποιηθεί σωστά, υψηλότερη δύναμη καταστρέφει την αποτύπωση, ενώ μικρότερη δύναμη κυλίνδρου την κάνει αχνή σε αυτή την περίπτωση μια βαλβίδα διαδοχικής δράσης θα συμπύξει τον κύλινδρο όταν η πίεση στην κεφαλή του εμβόλου του έχει φθάσει την ενδεδειγμένη τιμή και η αποτύπωση θα είναι σωστή σχ. 9.3.

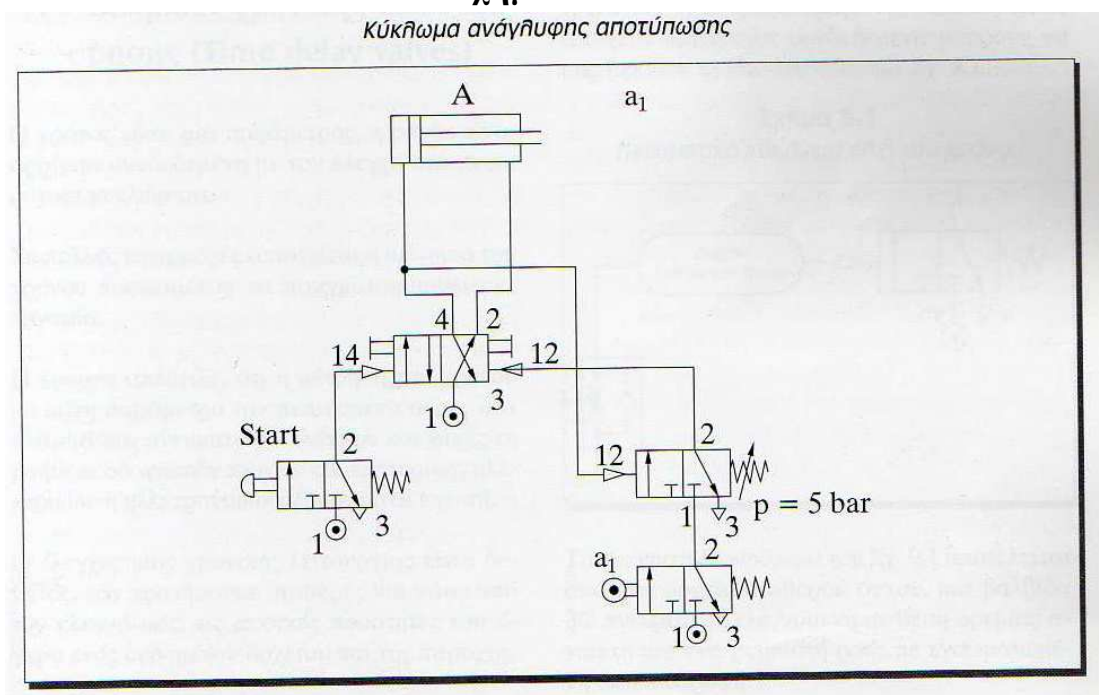
Σχήμα 9.3



Η λειτουργία του κυκλώματος έχει ως εξής:

Πιέζοντας εφάπαξ το μπουτόν της βαλβίδας **START** αντιστρέφουμε την κύρια βαλβίδα του κυλίνδρου με αποτέλεσμα ο κύλινδρος να εκτείνεται, όταν ενεργοποιηθεί ο τερματικός διακόπτης a_1 και η επιθυμητή πίεση των 5 bar έχει αναπτυχθεί στην κεφαλή του κυλίνδρου, η κύρια βαλβίδα αντιστρέφεται εκ νέου με αποτέλεσμα ο κύλινδρος να συμπύσσεται. Κατ' αυτό τον τρόπο η δύναμη αποτύπωσης είναι ρυθμιζόμενη και ελεγχόμενη.

Σχήμα 9.4



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΑΣΚΗΣΕΩΣ

Α.1 Υπολογισμός συνεχών απωλειών από την σχέση του Darcy

Μέτρηση 1^η

Πειραματικά:

- i) $Q = 1720 \text{ lt/h}$
- ii) $\Delta P_{1,2} = 6 \text{ mm Hg} \Rightarrow \Delta P_{1,2} = 81,6 \text{ mm H}_2\text{O}$

Θεωρητικά:

Για την ταχύτητα παίρνουμε:

$$U = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow U = \frac{4 * 17200 \text{ m}^3 / \text{s}}{\pi * (0,0254 \text{ m})^2 * 1000 * 3600} \Rightarrow U = 0,94 \text{ m/s}$$

Ο αριθμός Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{UD}{\nu} \Rightarrow \text{Re} = \frac{0,94 \text{ m/s} * 0,0254 \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}^2 / \text{sec}} \Rightarrow \text{Re} = 23876$$

Έχουμε τυρβώδη ροή

Η σχετική τραχύτητα:

$$\frac{E}{D} = \frac{0,01 \text{ cm}}{2,54 \text{ cm}} = 0,00394$$

Από το διάγραμμα του Moody (σελ. 14) παίρνουμε τον συντελεστή Τριβής:

$$f = 0,033$$

Άρα οι τοπικές απώλειες θεωρητικά είναι:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{U^2}{2g} \Rightarrow h_f = 0,033 * \frac{1,44 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} * \frac{(0,94 \text{ m/s})^2}{2 * 9,806 \text{ m/s}^2} \Rightarrow$$

$$h_f = 84 \text{ mm ΣΥ}$$

Η διαφορά πειραματικής και θεωρητικής μέτρησης είναι 2,4 mm ΣΥ που είναι μέσα στο επιτρεπτό όριο σφάλματος.

Μέτρηση 2^η

Πειραματικά:

i) $Q = 2030 \text{ lt/h}$

ii) $\Delta P_{1,2} = 9 \text{ mm Hg} \Rightarrow \Delta P_{1,2} = 122,4 \text{ mm H}_2\text{O}$

Θεωρητικά:

Για την ταχύτητα παίρνουμε:

$$U = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow U = \frac{4 * 2030 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0,0254 \text{ m})^2 * 1000 * 3600} \Rightarrow U = 1,11 \text{ m/s}$$

Ο αριθμός Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{UD}{\nu} \Rightarrow \text{Re} = \frac{1,11 \text{ m/s} * 0,0254 \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}} \Rightarrow \text{Re} = 28194$$

Έχουμε τυρβώδη ροή

Η σχετική τραχύτητα:

$$\frac{E}{D} = \frac{0,01 \text{ cm}}{2,54 \text{ cm}} = 0,00394$$

Από το διάγραμμα του Moody(σελ14) παίρνουμε τον συντελεστή Τριβής:

$$f = 0,0325$$

Άρα οι τοπικές απώλειες θεωρητικά είναι:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{U^2}{2g} \Rightarrow h_f = 0,0325 * \frac{1,44 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} * \frac{(1,11 \text{ m/s})^2}{2 * 9,806 \text{ m/s}^2} \Rightarrow$$

$$h_f = 116 \text{ mm ΣΥ}$$

Η διαφορά πειραματικής και θεωρητικής μέτρησης είναι 8,4mm ΣΥ που είναι μέσα στο επιτρεπτό όριο σφάλματος.

Α.2 Υπολογισμός συντελεστού τοπικών απωλειών συγκεκριμένου γωνιακού εξαρτήματος

Πειραματικά:

i) $Q = 1840 \text{ lt/h}$

ii) $h_1 - h_2 = 137 \text{ mm Hg} \Rightarrow h_1 - h_2 = 1863,2 \text{ mm H}_2\text{O}$

Για την ταχύτητα παίρνουμε:

$$U = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow U = \frac{4 * 2030 m/s}{\pi * (0,0254 m)^2 * 1000 * 3600} \Rightarrow U = 1,11 m/s$$

Για τον συντελεστή τοπικών απωλειών κ έχουμε:

$$h_1 - h_2 = 12 * \kappa * \frac{U^2}{2g} \Rightarrow \kappa = \frac{(h_1 - h_2) * 2 * g}{12 * U^2} \Rightarrow \kappa = \frac{1,863 m \Sigma Y * 2 * 9,806 m/s^2}{12 * (1,01 m/s)^2 * 1000} \Rightarrow$$

$$\kappa = 2,985$$

A.3 Υπολογισμός απωλειών υπό κλίση

Η συγκεκριμένη τράπεζα μας δίνει την δυνατότητα να εφαρμόσουμε τα παραπάνω πειράματα και υπό κλίση, βρίσκοντας τα Z_1 και Z_2 .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σημειώσεις Μηχανικής ρευστών του Κουριδάκη Εμμανουήλ καθηγητή εφαρμογών Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης
2. Σημειώσεις Υδροδυναμικών Μηχανών Ριτσατάκη Μιχαήλ καθηγητή εφαρμογών Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης
3. Πνευματικοί αυτοματισμοί θεωρία και πράξη του Γιαννακόπουλου Κων/νου
4. Internet