

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΑΝΑΛΥΣΗ, ΕΞΗΓΗΣΗ  
ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΠΛΟΙΟΥ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΘΕΜΕΛΗΣ ΜΑΓΡΙΠΛΗΣ**

**A.M:4803**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :ΣΑΑΝΤ ΦΑΝΤΙ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**Μάιος 2015**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΨΥΚΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΑΝΑΛΥΣΗ, ΕΞΗΓΗΣΗ  
ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΠΛΟΙΟΥ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΘΕΜΕΛΗΣ ΜΑΓΡΙΠΛΗΣ**

**A.M:4803**

**ΗΜΕΡΟΜΙΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:**

Βεβαιώνετε η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο αντικείμενο τις ψυκτικές εγκαταστάσεις που εμφανίζονται στα πλοία. Γίνεται αναφορά στην ιστορική αναδρομή και πρωτοεμφάνιση αυτών, στους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή τους στα πλοία, στις βασικές αρχές λειτουργίας τους, κατηγοριοποίηση αυτών ανάλογα με το είδος ενέργειας που τις ενεργοποιεί και στηρίζει την λειτουργία τους, καθώς και γενικότερα αναλύονται τα διάφορα είδη ψυκτικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται ευρέως. Στην συνέχεια προσδιορίζονται τα διάφορα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις προκειμένου να επιτευχθεί μεταφορά προς το εξωτερικό περιβάλλον της θερμότητας που αφαιρείται από τον χώρο που ψύχεται. Ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των μέσων ανάλογα με τον τρόπο που απορροφούν την θερμότητα ή την αποβάλλουν και αναφέρονται οι ιδιότητες τους. Ωστόσο, στην συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα ψυκτικά μέσα, προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά, οι τύποι και οι γενικές ιδιότητες τους. Έπειτα, αναλύεται σε μεγάλο τμήμα της εργασίας ο κύκλος λειτουργίας των ψυκτικών μηχανών συμπίεσης και προσδιορίζονται ένα προς ένα τα εξαρτήματα και τα βασικά μέρη που τις αποτελούν. Λαμβάνει χώρα εκτενής αναφορά στους συμπιεστές, τις κατηγορίες αυτών καθώς και αναλυτική περιγραφή της αρχής λειτουργίας των πιο διαδεδομένων. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται επίσης και στους συμπυκνωτές και στους εξατμιστές ενώ για τα άλλα μηχανικά μέρη πραγματοποιείται ενδεικτική αναφορά και γρήγορη περιγραφή. Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με την περιγραφή των μονώσεων δικτύων, των μονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται, των χαρακτηριστικών τους καθώς και στην επίδραση της υγρασίας στα πάνω σε αυτά.

Η άντληση πληροφοριών για την τεκμηρίωση της εργασίας πραγματοποιήθηκε με αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο, με την χρήση των συγγραμάτων της σχολής καθώς και με πληροφορίες που καταγράφηκαν κατά την διάρκεια των μαθημάτων.

## **Abstract**

The present diplomatic work has as main object the cooling installations that are presented in the ships. Becomes report in the historical retrospection and first appearance of these, in the factors that influence their manufacture in the boats, in their basic beginnings of operation, categorisation of these depending on the good of energy that activates them and supports their operation, as well as more generally is analyzed the various goods of cooling installations that are used widely. Then are determined the various cooling means that are used in the cooling machines and installations so that is achieved transport to the exterior environment of heat that is removed from the space that is frozen. After that , follows the categorisation of means depending on the way that absorbs the heat or removes it and referred to their attributes. Then becomes extensive report in the most frequent used cooling means, is determined the characteristics, the types and their general attributes. Also , is analyzed in big department of work the circle of operation of cooling machines of compaction and they are determined to the elements and the basic parts that constitute them. Receive space extensive report in the compressors, the categories of these as well as analytic description of beginning of operation of widespreadest. Particular report becomes also in the concentrators and in evaporators while for other mechanic parts are realised indicative report and fast description. This work is completed with the description of insulations of networks, the insulating materials that are used their characteristics as well as in the effect of humidity in on them. The pumping of information on the documentation of work was realised with search of information in the internet, with the use of books faculty as well as with information that was recorded at the duration of courses.

## **Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή **ΣΑΑΝΤ ΦΑΝΤΙ** για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του θέματος. Αξίζει να αναφέρω πως ήταν πολύτιμη , ουσιαστική και καθοριστική η καθοδήγησή του καθ όλη την διάρκεια της εκπόνησης της .

# 1.ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το κυρίως θέμα της εργασίας , δηλαδή οι ψυκτικές εγκαταστάσεις στα εμπορικά πλοία. Αναφέρεται η πρωτοεμφάνισή τους, οι απαραίτητες παράμετροι ελέγχου προκειμένου να είναι δυνατή η κατασκευή της εγκατάστασης εντός του πλοίου, οι βασικές αρχές λειτουργίας τους, η κατηγοριοποίηση τους ανάλογα με το είδος ενέργειας με το οποίο αυτές λειτουργούν καθώς και τον τρόπο προσδιορισμού του βαθμού απόδοσης τους.

## **1.1 Γενικά Στοιχεία περί Ψυκτικών Εγκαταστάσεων**

Η ψυκτικές εγκαταστάσεις στα εμπορικά πλοία άρχισαν να εφαρμόζονται για την συντήρηση των τροφίμων στις αρχές του 1900.Στις ψυκτικές εγκαταστάσεις πλοίων για την παραγωγή ψύξης χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως οι μηχανές ψυχρού ατμού με ψυκτικό μέσο R404A, R507A , R22L,R22L, R422, CO2 και R502. Για την κατασκευή της ψυκτικής εγκατάστασης ενός πλοίου λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

Το γενικό σχέδιο του πλοίου

- Ο ωφέλιμος χώρος του φορτίου που απαιτείται
- Οι επιθυμητές θερμοκρασίες των θαλάμων
- Ο μέσος συντελεστής μετάδοσης θερμότητας των ψυκτικών θαλάμων
- Η αναμενόμενη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Η αναμενόμενη μέγιστη θερμοκρασία θαλάσσης
- Οι μέγιστες επιθυμητές εναλλαγές αέρα για θερμοκρασία των θαλάμων άνω και κάτω του μηδέν

Επιπλέον αποφασίζεται η μέθοδος ψύξης αν θα είναι **άμεσης** ή **έμμεσης** μετάδοσης.

**Στην Άμεση Ψύξη**, το ψυκτικό μέσο εξαερώνεται στον εξατμιστή και ψύχει απευθείας τον αέρα του ψυκτικού θαλάμου.

**Στην Έμμεση Ψύξη**, το πρωτεύον ψυκτικό μέσο εξαερώνεται σ' έναν εξατμιστήρα και ψύχει το δευτερεύον το οποίο κυκλοφορεί στον ψύκτη του θαλάμου μέσω μιας αντλίας και συσσωρεύεται σ' ένα δοχείο. Η έμμεση ψύξη διακρίνεται σε **ανοικτό** και **κλειστό κύκλωμα**.

Στο **ανοικτό κύκλωμα** το δευτερεύον ψυκτικό μέσον συγκεντρώνεται σ' ένα ανοικτό δοχείο το οποίο έρχεται σε επαφή με τον αέρα.

Στο **κλειστό κύκλωμα** το δευτερεύον ψυκτικό μέσον συγκεντρώνεται σ' ένα κλειστό δοχείο, το οποίο είναι τοποθετημένο στο ψηλότερο σημείο του δικτύου.

**ΟΡΙΣΜΟΣ ΨΥΞΗΣ:** Ψύξη ονομάζεται η παραγωγή και η διατήρηση της θερμοκρασίας ενός χώρου ή υλικού σε χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα που το περιβάλλει. Η ψύξη επιτυγχάνεται με την αφαίρεση θερμότητας από ένα χώρο και η μεταφορά της σε ένα άλλο θερμότερο χώρο.

## 1.2 Γενικά Στοιχεία Ψυκτικής Μεθόδου

Τα συστήματα μηχανικής ψύξεως βασίζονται στην ψύξη δι' ατμού και υγρού. Σε μία τέτοια ψυκτική μέθοδο το ψυκτικό μέσον μεταπίπτει συνεχώς από την υγρή στην αέρια κατάσταση. Γι' αυτό το λόγο το ψυκτικό μέσον πρέπει να έχει ειδικές ιδιότητες. Να ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία, να μπορεί να μεταβάλλεται γρήγορα από υγρό σε αέριο και να είναι ασφαλές για την εγκατάσταση και τους χρήστες.

Το ψυκτικό σε υγρή κατάσταση παραλαμβάνει θερμότητα από τον αέρα ενός χώρου και έτσι εξατμίζεται. Ο ατμός μεταφέρει την προσληφθείσα ποσότητα σε άλλο χώρο και αφού την αποβάλλει μεταβάλλεται και πάλι σε υγρό. Το σημείο ζέσεως ενός ψυκτικού μέσου δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από την πίεση κατά την οποία γίνεται η μεταβολή.

Το μηχανικό σύστημα που κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο είναι αεροστεγές και για να λειτουργήσει χρειάζεται τουλάχιστον τα παρακάτω βασικά τμήματα:

**α) Εξατμιστή, β) Συμπιεστή, γ) Συλλέκτη, δ) Θερμοστατική Εκτονωτική Βαλβίδα.**

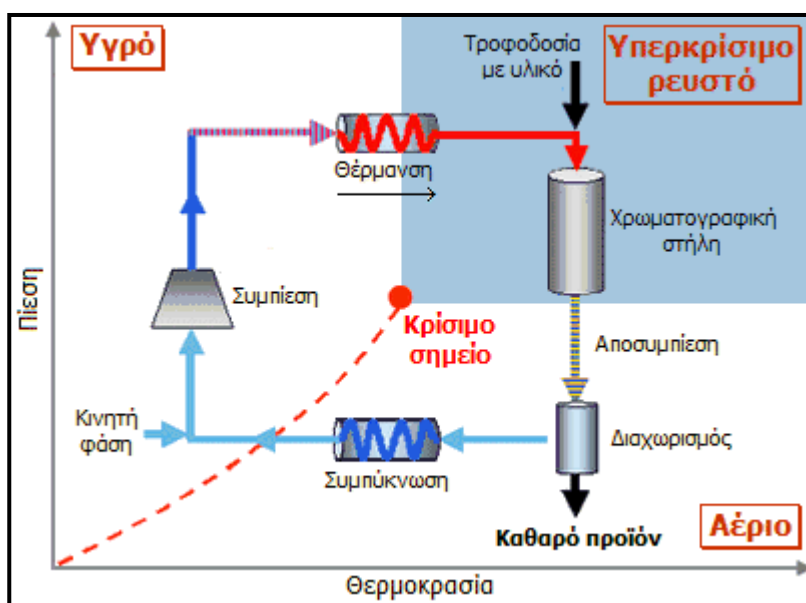
Το ψυκτικό μέσο παραλαμβάνει θερμότητα και εξατμίζεται στον εξατμιστή. Κατόπιν ο ατμός μεταφέρεται στον συμπιεστή όπου συμπιέζεται μέχρι μίας πίεσεως της οποίας η θερμοκρασία που αντιστοιχεί είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του νερού που κυκλοφορεί εις τον συμπυκνωτή. Ο συμπιεσμένος ατμός κατευθύνεται στον συμπυκνωτή όπου αρκετή θερμότητα περνά στο νερό με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση του. Το υγροποιημένο ψυκτικό μέσο περνά από τον συλλέκτη και κατόπιν μέσω της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας στον εξατμιστή.

### 1.3 Ψυκτική Μηχανή Αέρα ή Μηχανή Ψυχρού Αέρα

Αν στον ατμοσφαιρικό αέρα συμβούν ορισμένες μεταβολές, όπως:

- Συμπίεση
- Αφαίρεση θερμοκρασίας που απαιτήθηκε από συμπίεση και
- Εκτόνωση, τότε ο αέρας μπορεί να φθάσει σε τόσο χαμηλή θερμοκρασία, ώστε να είναι κατάλληλος να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ψύχους.

Στο σχήμα 1.1 παριστάνεται η αρχή λειτουργίας της μηχανής ψυχρού αέρα (κλειστού κυκλώματος).

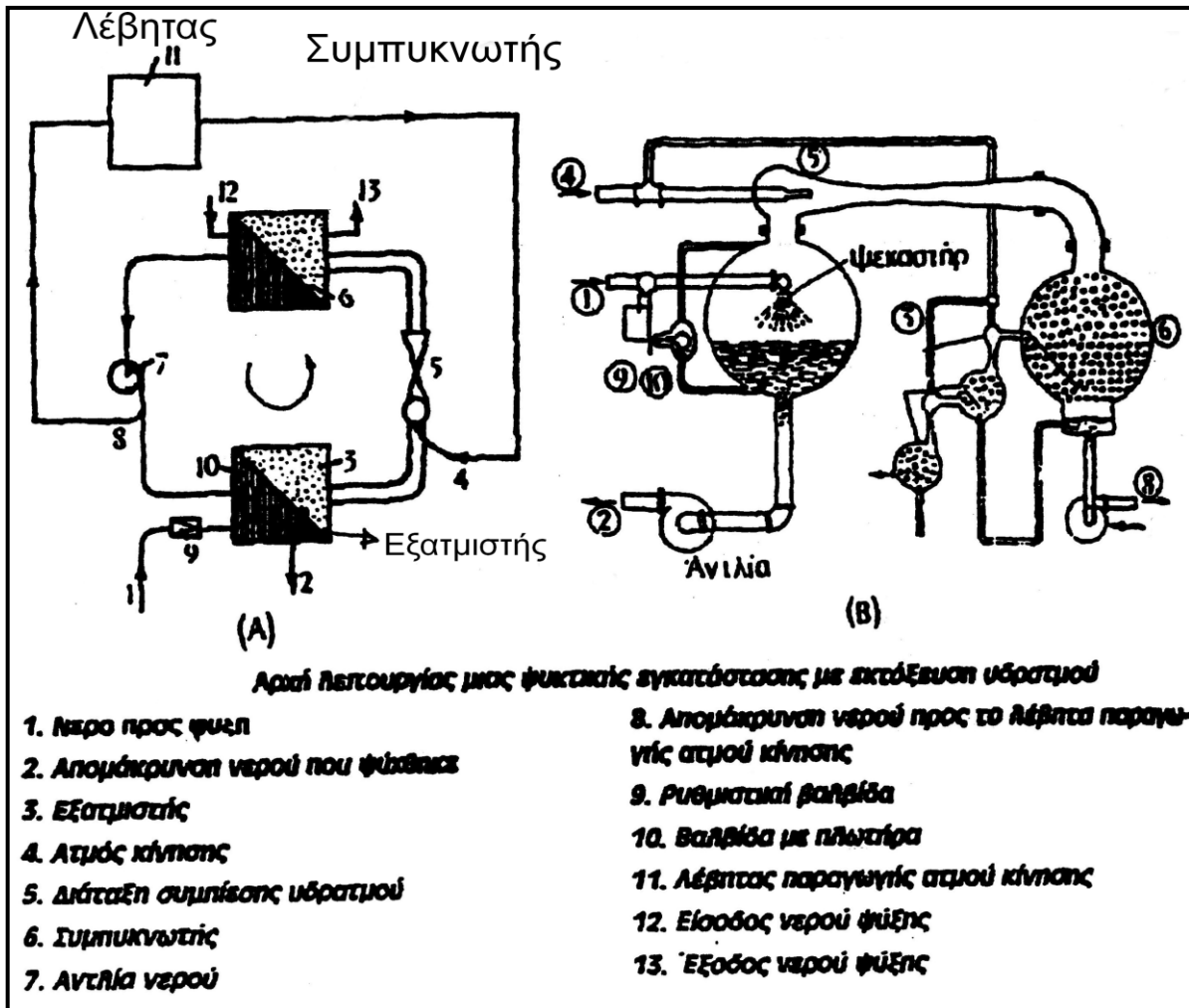


Σχήμα 1.1: Ψύξη με Χρήση Μηχανικής ή Θερμικής Ενέργειας

Ο συμπιεστής 1, απορροφά αέρα πίεσης  $P_2$  και με την βοήθεια του έργου  $A_1$  που δαπανάται εξωτερικά, τον συμπιέζει μέχρι την πίεση  $P_1$  (θερμαίνοντάς τον) προωθώντας τον στον ψύκτη 2. Στον ψύκτη, αφαιρείται θερμότητα  $Q_1$  και ο θερμός αέρας ψύχεται με νερό ή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Στη συνέχεια ο ψυχρός πια αέρας εκτονώνεται στον κύλινδρο 3, ταυτόχρονα παράγεται έργο  $A_3$  και με πίεση  $P_2$  εισέρχεται στον ψύκτη 4. Κατά τη φάση της εκτόνωσης, η θερμοκρασία του αέρα πέφτει αρκετά, ώστε να μπορεί μέσω του ψύκτη 4 να απορροφήσει θερμότητα από ένα ψυκτικό θάλαμο ή από ένα άλλο ρευστό που περιβάλλει τον ψύκτη 4. Η μηχανή ψυχρού αέρα, είναι ο πιο απλός τύπος ψυκτικής, μειονεκτεί όμως των άλλων λόγω υψηλού κόστους κατασκευής και μεγάλου όγκου. Αντιθέτως, πλεονεκτεί ως προς την ασφάλεια κατά την λειτουργία του.

## 1.4 Ψυκτική Εγκατάσταση με Εκτόξευση Υδρατμού

Σε αυτές τις ψυκτικές εγκαταστάσεις ως ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται υδρατμός με πίεση μικρότερη από 1atm, αλλά και έως 10-20atm. Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία αυτής της εγκατάστασης μπορεί να αποβεί εξαιρετικά οικονομική, εφ' όσον μπορεί να χρησιμοποιηθεί υδρατμός πίεσης που περισσεύει από άλλες χρήσεις. Ιδιαίτερα όταν για απαιτούμενη θερμοκρασία ψύξης από 0 °C έως -5 °C, οι ψυκτικές εγκαταστάσεις με εκτόξευση υδρατμού είναι οικονομικότερες από αυτές που λειτουργούν με μηχανική συμπίεση.



Σχήμα 1.2-1.3: Ψυκτική Εγκατάσταση με Εκτόξευση Υδρατμού

Στο σχήμα 1.2 φαίνεται η αρχή λειτουργίας μιας ψυκτικής εγκατάστασης με εκτόξευση υδρατμού, η οποία χρησιμοποιείται για την ψύξη του νερού που εισέρχεται από την θέση 1 και απομακρύνεται από την θέση 2. Το νερό που προορίζεται για ψύξη ψεκάζεται μέσα στον εξατμιστή 3, όπου ένα μέρος του εξατμίζεται. Η θερμότητα εξατμίσεως που απαιτείται λαμβάνεται από την υπόλοιπη ποσότητα νερού, το οποίο κατ' αυτό τον τρόπο ψύχεται. Τότε, μέσα στον εξατμιστή παράγεται



υδρατμός χαμηλής πίεσης, ο οποίος αναρροφάται από τη διάταξη συμπίεσης υδρατμού 5 με τη βοήθεια του ατμού κίνησης 4 και συμπιέζεται μέχρι την πίεση υγροποίησης προς τον συμπυκνωτή 6, όπου υγροποιείται με νερό ψύξης(12,13). Με αυτό τον τρόπο προκύπτει ψυχρό συμπύκνωμα από τον συμπυκνωτή, το οποίο μέσω της αντλίας 7, οδηγείται από την μία (8) προς τον λέβητα παραγωγής του ατμού κίνησης 11 και από την άλλη συμπληρώνει την ποσότητα νερού που ατμοποιείται στον εξατμιστή 3. Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις με εκτόξευση υδρατμού έχουν τα πλεονεκτήματα, ότι εκτός από τις αντλίες, δεν έχουν κανένα άλλο κινούμενο μέρος και ότι το ίδιο νερό που ψύχεται είναι και το ψυκτικό μέσο λειτουργίας όλου του κυκλώματος.

### **1.5 Ψυκτικές Μηχανές Ψυχρού Ατμού**

Η αρχή λειτουργίας των ψυκτικών μηχανών ψυχρού ατμού είναι ότι υπάρχουν ορισμένα υγρά, τα οποία αναλόγως της πίεσεως βράζουν σε χαμηλές θερμοκρασίες απορροφώντας θερμότητα από το περιβάλλον. Τα κατάλληλα γι' αυτό το σκοπό υγρά, ονομάζονται «ψυκτικά ρευστά». Για παράδειγμα, το ψυκτικό ρευστό φρέον (R12) παρουσιάζει το παρακάτω σημείο ζέσεως ανάλογα με την πίεση:

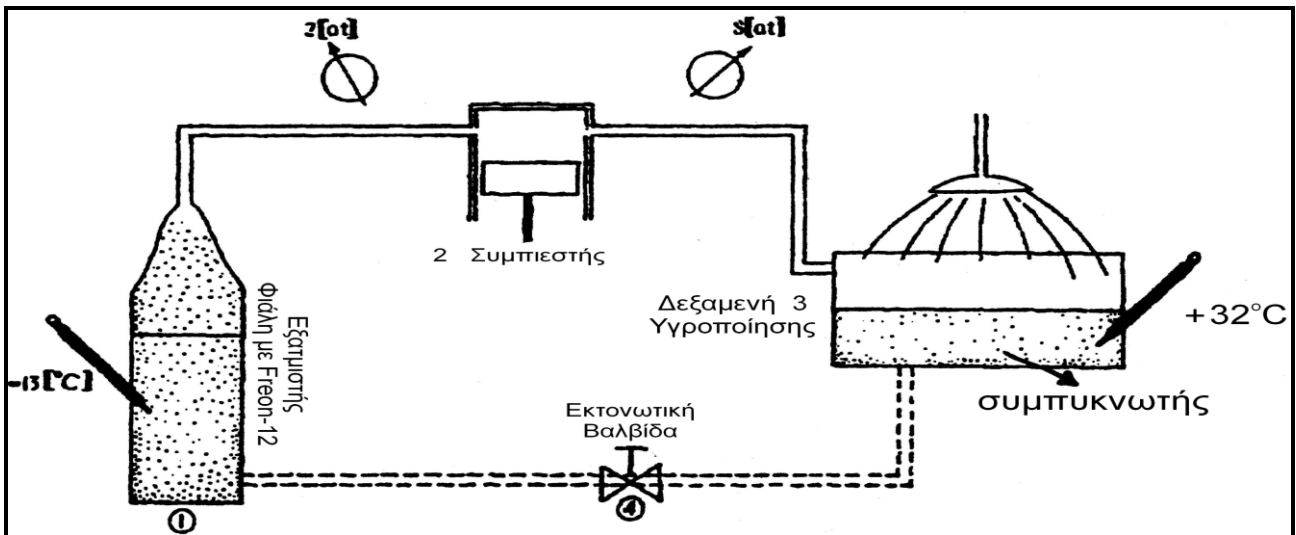
Πίεση σε atm	ΣΗΜΕΙΟ ΖΕΣΕΩΣ (ΒΡΑΣΜΟΥ) σε
1	-31
2	-13
6	+21
8	+32
10	+41

**Πίνακας 1.1: Σχέση πίεσης με σημείο βρασμού για το ρευστό φρέον R12**

Αν λοιπόν έχουμε μια κλειστή φιάλη με φρέον 12 σε θερμοκρασία 32 °C σχήμα 4, η πίεση που θα επικρατεί στην φιάλη θα είναι 8atm. Αν ανοίξουμε τη βαλβίδα, εξέρχεται ατμός φρέον και έτσι πέφτει η πίεση μέσα στη φιάλη, με αποτέλεσμα να αρχίσει έντονος βρασμός του υγρού.

Η θερμότητα εξαέρωσης που απαιτείται λαμβάνεται από την μάζα του υγρού και της φιάλης, οπότε ελαττώνεται η θερμοκρασία τους. Αν η βαλβίδα ρυθμιστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η πίεση της φιάλης να είναι 2atm, τότε η θερμοκρασία της φιάλης θα κατέβει μέχρι τους  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Από μία δεξαμενή (1), που περιέχει φρέον 12, αναρροφάται με τον συμπιεστή (2) ατμός πίεσης 2atm. Ο ατμός συμπιέζεται σε πίεση 8atm, θερμαίνεται και διοχετεύεται προς μία δεξαμενή υγροποίησης(3), όπου με ψύξη στους  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ (μέσω ψεκασμού νερού κ.λ.π.) υγροποιείται και το φρέον 12 μετατρέπεται πάλι σε υγρό. Έτσι η δεξαμενή από την οποία αναρροφάτε το φρέον 12, διατηρείται στην χαμηλή θερμοκρασία των  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Επιπλέον, αν συνδέσουμε τη δεξαμενή 3 με την δεξαμενή 1 μέσω ενός σωλήνα με την παρεμβολή μιας βαλβίδας εκτονώσεως 4, που να είναι ρυθμισμένη έτσι ώστε να περνά η ίδια ποσότητα ψυκτικού ρευστού στην μονάδα του χρόνου με εκείνη που αναρροφά ο συμπιεστής τότε όλο το κύκλωμα κλείνει. Στην περίπτωση που ο συμπιεστής λειτουργεί συνεχώς, έχουμε μια κατάσταση ισορροπίας και στη δεξαμενή 1, δημιουργείται συνεχώς ψύχος, αφού απορροφάται συνεχώς θερμότητα από το περιβάλλον για την εξαέρωση του ψυκτικού ρευστού. Η δεξαμενή 1 θεωρείται ως «εξατμιστής» και η δεξαμενή 2 ως «συμπυκνωτής».



Σχήμα 1.4: κύκλος λειτουργίας

## 1.6 Ψυκτικές Εγκαταστάσεις Απορρόφησης και Διάχυσης

Πρόκειται για εγκαταστάσεις μέσα στις οποίες κυκλοφορούν δύο η περισσότερα ψυκτικά μέσα τα οποία είναι διαλυτά μεταξύ τους δηλαδή το ένα απορροφάται από το άλλο καθώς επίσης αποχωρίζονται εύκολα. Ενώ στις ψυκτικές μηχανές ψυχρού ατμού ο ατμός απορροφάται από τον εξατμιστή και συμπιέζεται μηχανικά από τον συμπιεστή, εδώ ο ατμός του ψυκτικού μέσου

απορροφάται από ένα κατάλληλο μέσο το οποίο λέγεται απορροφητής και διαλύεται μέσα σ' αυτό. Έτσι σχηματίζεται ένα πυκνό διάλυμα το οποίο προωθείται με μία αντλία προς ένα βραστήρα. Εκεί θερμαίνεται είτε με ηλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία, είτε με σερπαντίνες ατμού, είτε με την απευθείας καύση κάποιου καυσίμου, οπότε επέρχεται βρασμός και παράγεται ατμός ο οποίος οδηγείται στον συμπυκνωτή όπου ψύχεται συνήθως με νερό ψύξης και υγροποιείται. Στο βραστήρα παραμένει αραιό διάλυμα απορροφητή και ψυκτικού μέσου το οποίο ρέει προς τον απορροφητή όπου ψεκάζεται και απορροφά το ψυκτικό μέσο που έρχεται από τον εξατμιστή. Κατά την διάλυση απελευθερώνεται θερμότητα η οποία απομακρύνεται από τον απορροφητή μέσω του νερού ψύξης. Το πυκνό και αραιό διάλυμα εναλλάσσουν θερμότητα μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Από το συμπυκνωτή το ψυκτικό μέσο οδηγείται μέσω μιας ρυθμιστικής βαλβίδας στον εξατμιστή όπου με ψεκασμό εξατμίζεται παίρνοντας την θερμότητα εξατμίσσης από το προς ψύξη νερό οπότε με αυτόν τον τρόπο παράγεται ψύξη.

Στον πίνακα δίνονται οι σπουδαιότεροι συνδυασμοί ψυκτικών μέσων και μέσων απορρόφησης. Όταν το μέσο απορρόφησης είναι υγρό μιλάμε για ψυκτική εγκατάσταση <<υγρής απορρόφησης>> ενώ όταν το μέσο απορρόφησης είναι στερεό μιλάμε για ψυκτική εγκατάσταση <<ξηράς απορρόφησης>>.

	<b>Μέσον απορροφήσεως</b>	<b>Ψυκτικό μέσον</b>
<b>ΥΓΡΟ</b>	Νερό (H <sub>2</sub> O)	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )
<b>ΥΓΡΟ</b>	Νερό (H <sub>2</sub> O)	Μεθυλαμίνιο (CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> )
<b>ΥΓΡΟ</b>	Νιτρικό Λίθιο (LiNO <sub>3</sub> )	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )
<b>ΥΓΡΟ</b>	Θειικό Οξύ (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Νερό (H <sub>2</sub> O)
<b>ΥΓΡΟ</b>	Υδροξείδιο του νατρίου (NaOH)	Νερό (H <sub>2</sub> O)
<b>ΥΓΡΟ</b>	Βρωμιούχο Λίθιο (LiBr)	Φρέον 12 (CHFCI <sub>2</sub> )
<b>ΣΤΕΡΕΟ</b>	Χλωριούχο ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> )	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )
<b>ΣΤΕΡΕΟ</b>	Χλωριούχο ασβέστιο (CaCl <sub>2</sub> )	Μεθυλαμίνιο (CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> )
<b>ΣΤΕΡΕΟ</b>	Χλωριούχο Μαγνήσιο (MgCl <sub>2</sub> )	Μεθυλαμίνιο (CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> )

**Πίνακας 1.2: Συνδυασμοί Ψυκτικών Μέσων και μέσων Απορρόφησης**

## 1.7 Βαθμός Απόδοσης Ψυκτικών Μηχανών και Εγκαταστάσεων

Αν η ψυκτική ισχύς μιας ψυκτικής μηχανής και γενικά μιας ψυκτικής εγκατάστασης είναι  $Q_0$ (Kcal/h), τότε ο βαθμός απόδοσης μιας μηχανής ψυχρού ατμού θα είναι:

$n=Q_0/N$ (Kcal/KWh) όπου  $N$ (KWh) η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από τον συμπιεστή.

➤ Για μία εγκατάσταση απορρόφησης ο βαθμός απόδοσης είναι:  $n=Q_0/Q_H+Q_P$

όπου:  $Q_H$  (Kcal/h) η ισχύς θέρμανσης του βραστήρα και  $Q_P$  (Kcal/h) η ισχύς κίνησης της αντλίας ή των αντλιών.

➤ Για μια θερμοηλεκτρική ψυκτική μηχανή ο βαθμός απόδοσης είναι:  $\eta = Q_0/N_1$  όπου τόσο η ψυκτική ισχύς  $Q_0$  όσο και η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς  $N_1$  εκφράζονται σε KWh/h δηλ. KW.

Η θερμότητα  $Q_2$  (Kcal/h) που αποδίδεται στο περιβάλλον από τον συμπυκνωτή είναι ίση αντίστοιχα:  $Q_2 = Q_0 + N \cdot 860 = Q_0 \cdot (1 + 860/n)$

Για την περαιτέρω αξιολόγηση της θερμοδυναμικής ποιότητας των διαφόρων μεθόδων παραγωγής ψύχους χρησιμοποιείται ο βαθμός ποιότητας  $E$ , που ορίζεται ως εξής:

$E = n/n_c$ , όπου  $n$  ο βαθμός απόδοσης της συγκεκριμένης μεθόδου παραγωγής ψύχους και  $n_c$  ο θεωρητικός βαθμός απόδοσης του κύκλου Carnot μεταξύ των ίδιων θερμοκρασιών με εκείνες που εφαρμόζει αυτή η μέθοδος, δηλ. είναι:  $n_c = T_1/(T_2 - T_1)$ . Να σημειωθεί ότι  $T_1 < T_2$ .

Με βάση τα όσα αναπτύχθηκαν, προκειμένου να επιλέξουμε μια ψυκτική μηχανή λαμβάνουμε υπ' όψη μας:

1. Βαθμό ποιότητας
2. Κόστος και εγκατάσταση ψυκτικής μηχανής ψυχρού ατμού
3. Κόστος ενέργειας συμπιεστή(KW)

## 2. ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Στο κεφάλαιο αυτό προσδιορίζεται ο ρόλος των ψυκτικών μέσων που χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις. Ακολουθεί η αναφορά στα πιο συνήθη και στην συνέχεια κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο που αυτά απορροφούν ή αποβάλλουν θερμότητα. Ενώ παράλληλα αναφέρονται οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους.

### **2.1 Κατηγοριοποίηση Μέσων Ανάλογα με τον Τρόπο Απορρόφησης ή Αποβολής της Θερμότητας**

Ψυκτικά μέσα ονομάζονται εκείνα τα υγρά ή αέρια σώματα που χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις για την μεταφορά, προς το εξωτερικό περιβάλλον, της θερμότητας που αφαιρείται από το χώρο που ψύχεται. Σαν ψυκτικά μέσα χρησιμοποιούνται: ο αέρας, το νερό (γλυκό και θαλάσσιο) σε υγρή μορφή ή αέρια (υδρατμός), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>), η αμμωνία (NH<sub>3</sub>), ορισμένα υδατικά διαλύματα ανόργανων ή και οργανικών ουσιών, τα οποία ονομάζονται «ψυκτικά διαλύματα» και ορισμένες αλογόνες οργανικές ουσίες, δηλαδή που περιέχουν άτομα των αλογόνων στοιχείων χλωρίου (Cl) και φθορίου (F), τις οποίες ονομάζουμε «ψυκτικά ρευστά». Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ένα ψυκτικό μέσο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:

**1<sup>η</sup> Κατηγορία:** Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα μέσα εκείνα τα οποία απορροφούν ή αποβάλλουν θερμότητα δια της αλλαγής της κατάστασης τους (από υγρή σε αέρια και αντίστροφα). Σ' αυτά τα ψυκτικά μέσα μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα η λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης τους. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), αμμωνία (NH<sub>3</sub>), τα ψυκτικά ρευστά και ο υδρατμός(περίπτωση ψυκτικής εγκατάστασης με εκτόξευση υδρατμού).

Οι βασικές ιδιότητες της 1<sup>ης</sup> κατηγορίας είναι δύο:

**A)** Χαμηλό σημείο βρασμού που εξαρτάται και αυξομειώνεται ανάλογα με την πίεση.

**B)** Η πίεση και η θερμοκρασία : αύξηση πίεσης = αύξηση θερμοκρασίας και αντίστροφα. Αυτός είναι ο λόγος που τα θλιβόμετρα της εγκατάστασης έχουν πίεση και θερμοκρασία μαζί στον ίδιο δείκτη. Εννοείται ότι κάθε ψυκτικό μέσο έχει δική του αντιστοιχία πίεσης και θερμοκρασίας.

**2<sup>η</sup> Κατηγορία:** Τα ψυκτικά μέσα αυτής της κατηγορίας δεν μεταβάλλουν την κατάσταση τους κατά την απορρόφηση ή αποβολή θερμότητας, αλλά μόνο την θερμοκρασία τους. Το στοιχείο που μας

ενδιαφέρει σ' αυτά τα ψυκτικά μέσα είναι η θερμοχωρητικότητά τους. Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν ο αέρας, το νερό (γλυκό ή θαλασσινό) σε υγρή μορφή και τα ψυκτικά διαλύματα .

## **2.2 Ψυκτικά Διαλύματα**

**Γενικά Χαρακτηριστικά** :Τα ψυκτικά διαλύματα είναι μείγματα νερού και αλάτων, ή οξέων, με χαμηλό σημείο τήξης το οποίο εξαρτάται από το είδος και την περιεκτικότητα του μείγματος σε άλατα ή οξύ. Διακρίνουμε δυο κατηγορίες ψυκτικών διαλυμάτων. Στην πρώτη ανήκουν εκείνα που περιέχουν χλώριο(Cl) με την μορφή χλωριούχου νατρίου(NaCl), χλωριούχου ασβεστίου(CaCl<sub>2</sub>), χλωριούχου μαγνησίου(MgCl<sub>2</sub>) κ.λ.π., ενώ στη δεύτερη ανήκουν εκείνα που περιέχουν στο άτομό τους την ανθρακική ρίζα CO<sub>3</sub> .Τα χαρακτηριστικά των ψυκτικών διαλυμάτων που ενδιαφέρουν είναι η «συγκέντρωση»(που εξαρτάται από την αναλογία νερού και συμπυκνωμένου ψυκτικού διαλύματος) και το «Ph»(ΠΕ-ΧΑ) που αποτελεί μέτρο για το πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι το ψυκτικό διάλυμα..

### **2.2.1 Υδατικά Διαλύματα οργανικών ουσιών**

Πρόκειται για μείγματα νερού με αλκοόλες και γλυκόλες. Τα σπουδαιότερα απ' αυτά είναι τα διαλύματα με μεθυλική αλκοόλη, αιθυλική αλκοόλη και γλυκερίνη.

### **2.2.2 Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) - R744**

Δεν είναι εύφλεκτο ούτε εκρηκτικό και δεν έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στα αποθηκευμένα προϊόντα των ψυκτικών θαλάμων, σε περίπτωση διαρροής του δικτύου. Στη συνηθισμένη θερμοκρασία είναι αέριο άχρωμο και άοσμο με μοριακό βάρος 44. Σοβαρό μειονέκτημα του είναι ότι αν και το CO<sub>2</sub> έχει σχετικά μεγάλη θερμότητα εξαέρωσης για την λειτουργία της εγκατάστασης απαιτούνται υψηλές πιέσεις.

### **2.2.3 Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) - R717**

Η αμμωνία είναι από τα πρώτα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιήθηκαν. Τα πλεονεκτήματά του ως ψυκτικό μέσο είναι τα εξής:

- A) Η μεγάλη θερμότητα εξαέρωσης και οι σχετικά μικρές απαιτούμενες πιέσεις λειτουργίας.
- B) Απαιτείται γενικά μικρός όγκος συμπιεστή και συμπυκνωτή καθώς και μικρές διατομές των σωληνώσεων.
- Γ) Δεν αναμειγνύεται με τα έλαια λίπανσης.

Δ) έχει σχετικά χαμηλή τιμή αγοράς.

Σαν μειονέκτημα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η ακαταλληλότητα της ως ψυκτικού μέσου σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις άμεσης ψύξης, λόγω της οξείας οσμής σε περιπτώσεις διαρροής.

### 2.2.3.1 Εντοπισμός διαρροών Αμμωνίας

Υπάρχουν τρεις - τέσσερις διαφορετικές μέθοδοι εντοπισμού των διαρροών αμμωνίας. Η αποτελεσματικότερη μέθοδος είναι με την χρήση πυκνού διαλύματος υδροχλωρίου(HCl) σε νερό. Το διάλυμα είναι *άχρωμο* και διατίθεται στο εμπόριο, χρειάζεται όμως προσοχή κατά την χρήση του, διότι είναι τοξικό. Πλησιάζουμε το διάλυμα στο σημείο που υποπτευόμαστε ότι υπάρχει διαρροή και αν υπάρχουν ατμοί αμμωνίας δημιουργείται ένας λευκός καπνός.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** *Βρέχουμε με διάλυμα ένα κομματάκι βαμβάκι, το τοποθετούμε σε μια ράβδο και το πλησιάζουμε στο σημείο της διαρροής.*

## 2.3 Αλογονούχα Ψυκτικά Ρευστά Φθορίου ή Φθοριοάνθρακες

**Τύποι και γενικές ιδιότητες :** Τα αλογονούχα ψυκτικά ρευστά προκύπτουν από υδρογονάνθρακες, δηλαδή από οργανικές ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου με αντικατάσταση αριθμού ατόμων υδρογόνου από άτομα φθορίου ή άτομα χλωρίου και φθορίου ή και βρώμιου. Τα αλογονούχα ψυκτικά ρευστά είναι άχρωμα και μη δηλητηριώδη. Γενικά, οι χημικές ιδιότητες τους διαφέρουν λίγο μεταξύ τους.

Τα σπουδαιότερα αλογονούχα ψυκτικά ρευστά(που περιέχουν φθόριο) είναι:

<b>Χημικός Τύπος</b>	<b>Κωδικοποιημένη ονομασία</b>
CFCl <sub>3</sub>	R11
CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	R12
CF <sub>3</sub> Cl	R13
CF <sub>3</sub> Br	R13B1
CHFCl <sub>2</sub>	R21

CHF <sub>2</sub> Cl	R22
CHF <sub>3</sub>	R23
CH <sub>3</sub> Cl	R40
C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	R113
C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	R114
C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> Cl	R115
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> Cl	R160
C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	R318

Επίσης έχουμε και τα αζεοτροπικά μίγματα:

- R500 = R12 + R152a
- R502 = R12 + R115
- R503 = R23 + R13
- R504 = R32 + R115

Τα αλογονούχα ψυκτικά ρευστά είναι ηλεκτρικώς άριστα μονωτικά (έχουν υψηλή ειδική αντίσταση) και για τον λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για ηλεκτρικούς συμπιεστές των οποίων ο κινητήρας βρίσκεται μέσα στο κύκλωμα του ψυκτικού ρευστού(ερμητικοί συμπιεστές). Τα αλογονούχα ψυκτικά ρευστά δεν είναι εύφλεκτα και δεν σχηματίζουν εκρηκτικό μείγμα με τον αέρα σε καμία αναλογία..

### 2.3.1 Θερμοδυναμικές ιδιότητες των αλογονούχων ψυκτικών ρευστών

**R11:** Έχει σημείο βρασμού 23,8° C και μοριακό βάρος 137,4. Είναι κατάλληλο για στρόβιλο-συμπιεστές (μιας ή περισσότερων βαθμίδων) μεγάλης ισχύος. Χρησιμοποιείται κυρίως στα κλιματιστικά (0-20° C).

**R12:** Έχει σημείο βρασμού -29,8° C και μοριακό βάρος 120,9. Είναι κατάλληλο για εμβολοφόρους και περιστροφικούς συμπιεστές ισχύος από κλάσματα του ίππου έως εκατοντάδες ίππους.



Χρησιμοποιείται τόσο σε μικρές οικιακές ψυκτικές και κλιματιστικές συσκευές, όσο και σε μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις.

**R13:** Έχει σημείο βρασμού  $-81,4^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 104,5. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εμβολοφόρους συμπιεστές για την επίτευξη πολύ χαμηλών θερμοκρασιών.

**R13B1:** Έχει σημείο βρασμού  $-57,8^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 148,9. Είναι κατάλληλο κυρίως για εμβολοφόρους συμπιεστές. Χρησιμοποιείται επίσης και ως μέσο πυρόσβεσης πυρκαϊάς.

**R21:** Έχει σημείο βρασμού  $8,9^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 103. Είναι κατάλληλο για χρήση σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις, καθώς και σε στρόβιλο-συμπιεστές. Γενικά η χρήση του R21 είναι περιορισμένη, διότι είναι το πιο τοξικό(όπως το R113) και χημικά ενεργό απ' όλα τα αλογονούχα ρευστά.

**R22:** Έχει σημείο βρασμού  $-40,8^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 86,5. Η χρήση του επεκτείνεται όλο και περισσότερο, τόσο σε εμβολοφόρους όσο και σε στρόβιλο-συμπιεστές. Χρησιμοποιείται ευρέως ως ψυκτικό μέσο σχεδόν σε όλους τους τύπους των ψυκτικών και κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Έχει 60% μεγαλύτερη ψυκτική ογκομετρική ισχύ από το R12 και γι' αυτόν το λόγο οι διαστάσεις του συμπιεστή της εγκατάστασης είναι μικρότερες από τον αντίστοιχο συμπιεστή που χρησιμοποιεί R12.

**R23:** Έχει σημείο βρασμού  $-82^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 70. Χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις εργαστηριακές καθώς επίσης και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος.

**R113:** Έχει το υψηλότερο σημείο βρασμού( $47,6^{\circ}\text{C}$ ) και το μεγαλύτερο μοριακό βάρος ίσο με 187,4. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για στρόβιλοσυμπιεστές ισχύος από 100000 Kcal/h και άνω και θερμοκρασίες εξατμίσεως από 0 έως  $20^{\circ}\text{C}$ .

**R114:** Έχει σημείο βρασμού  $3,6^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 170,9. Κατάλληλο για στρόβιλο-συμπιεστές με μεγάλη ψυκτική ισχύ άνω των 300000 Kcal/h χρησιμοποιείται και σε εμβολοφόρους συμπιεστές για οικιακά ψυγεία, ψύκτες νερού και άλλες παρόμοιες εφαρμογές, όπου όμως σήμερα εκτοπίζεται από το R12 για λόγους κόστους.

**R115:** Έχει σημείο βρασμού  $-38^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 154,5. Είναι παρόμοιο με το R22 ως προς την χρήση. Πλεονεκτεί έναντι του R22 στο ότι παρουσιάζει μεγαλύτερη χημική ευστάθεια, μικρότερη τοξικότητα και καλύτερη διηλεκτρική αντοχή. Είναι όμως ακριβότερο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε στρόβιλο-συμπιεστές.

**R502:** Έχει σημείο βρασμού  $-45,6^{\circ}\text{C}$  και μοριακό βάρος 111,6. Χρησιμοποιείται σε θερμοκρασιακές περιοχές εξάτμισης ίδιες με το R22. Έναντι αυτού παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- A. Έχει μεγαλύτερη ογκομετρική ψυκτική ισχύ
- B. Προσβάλλει λιγότερο τα πλαστικά και ελαστικά στεγανότητας
- Γ. Η τελική θερμοκρασία μετά την συμπίεση είναι μικρότερη από αυτή του R22

Τα μειονεκτήματα του R502 σε σχέση με το R22 είναι τα εξής:

- A. Η διαλυτότητα των λιπαντικών ελαίων είναι μικρότερη στο R502
- B. οι ατμοί του R502 είναι βαρύτεροι, οπότε απαιτούνται μεγαλύτερες διατομές στις διάφορες σωληνώσεις του ψυκτικού κύκλου.

Για τους παραπάνω λόγους το R502 δεν έχει ικανοποιητική εφαρμογή.

**R134a ή SUVA:** Είναι οικολογικό και αντικαθιστά πλήρως το R12.

## **2.4 Γενικές Απαιτήσεις για τα Ψυκτικά Μέσα**

1. Να μην είναι δηλητηριώδη(τοξικά).
2. Να μην είναι εκρηκτικά.
3. Να μην είναι εύφλεκτα.
4. Να είναι άοσμα.
5. Να είναι κατά το δυνατό χημικά ουδέτερα απέναντι στα διάφορα υλικά προς αποφυγή διαβρώσεων και οξειδώσεων.
6. Να είναι χημικά σταθερά στις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν στις ψυκτικές εγκαταστάσεις κατά την λειτουργία.
7. Τα ψυκτικά μέσα δεν πρέπει να αναμειγνύονται με τα λιπαντικά των κινούμενων εξαρτημάτων της εγκατάστασης.
8. Να μην είναι πολύ υψηλή η μέγιστη απαιτούμενη πίεση κατά την λειτουργία.

- 9.** Να διατηρούν στον εξατμιστή πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής.
- 10.** Να εντοπίζεται εύκολα η διαρροή και να αποκαθίσταται αποτελεσματικά.
- 11.** Για να μπορεί να κυκλοφορεί κατά το δυνατόν μικρότερη ποσότητα ψυκτικού μέσου στο δίκτυο, θα πρέπει τα ψυκτικά μέσα να έχουν μεγάλη θερμότητα εξαέρωσης(1<sup>η</sup> Κατηγορία) ή μεγάλη θερμοχωρητικότητα(2<sup>η</sup> Κατηγορία).
- 12.** Το σημείο τήξης να είναι αρκετά χαμηλότερο από την χαμηλότερη θερμοκρασία που θέλουμε να έχει ο ψυκτικός θάλαμος.
- 13.** Να είναι όσο γίνεται μικρός ο ψυκτικός όγκος του ψυκτικού μέσου που απαιτείται για την επίτευξη ορισμένης ψυκτικής ισχύος.
- 14.** Για την οικονομική λειτουργία των ψυκτικών εγκαταστάσεων επιλέγουμε πάντα ψυκτικά μέσα μικρού κόστους αγοράς.

### 3. ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ

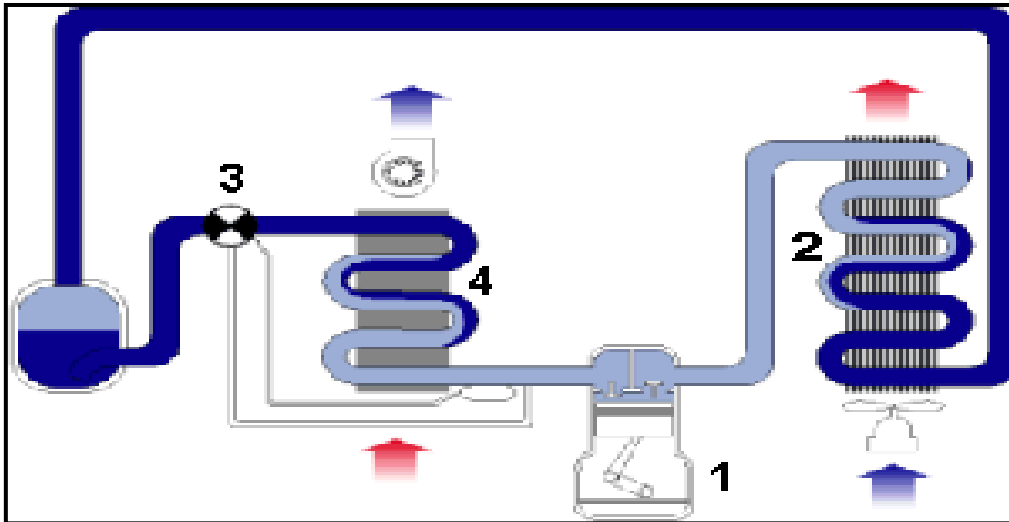
Το κεφάλαιο αυτό που αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος της διπλωματικής εργασίας έχει ως βασικό θέμα τον κύκλο λειτουργίας των ψυκτικών μηχανών συμπίεσης καθώς και αναλύει λεπτομερώς τα διάφορα μέρη και εξαρτήματα που τις αποτελούν. Ωστόσο, όσον αφορά τους συμπιεστές, τους συμπυκνωτές και του εξατμιστές όχι μόνο αναλύονται λεπτομερώς αλλά προσδιορίζονται ακόμα και οι διαφορετικοί τύποι τους και ο τρόπος λειτουργίας τους.

#### **3.1 Βασικά Μέρη Ψυκτικής Μηχανής Συμπιέσεως**

Οι ψυκτικές μηχανές συμπίεσεως αποτελούν πλήρη και στεγανά συγκροτήματα, μέσα στα οποία ένας αριθμός εργασιών επαναλαμβάνεται συνεχώς, κατά την ίδια πάντοτε σειρά, γι' αυτό και καλείται κύκλος. Ο κύκλος λειτουργίας βασίζεται σε νόμους της θερμοδυναμικής.

Μία ψυκτική μηχανή συμπίεσεως αποτελείται βασικά από τα εξής κύρια μέρη:

1. Τον συμπιεστή, που κινείται από ηλεκτροκινητήρα (μοτέρ).
2. Τον συμπυκνωτή, στον οποίον απορρίπτεται θερμότητα (συμπύκνωση).
3. Το δοχείο ψυκτικού υγρού, που αποθηκεύεται το ψυκτικό υγρό.
4. Οι σωληνώσεις του υγρού, που περνά το ψυκτικό υπό μορφή υγρού.
5. Τον εξατμιστή ή στοιχείο ψύξεως, που απορροφά την θερμότητα του χώρου του ψυγείου.
6. Τον ρυθμιστή ροής ψυκτικού υγρού, μια βαλβίδα που ρυθμίζει την ποσότητα του υγρού που κυκλοφορεί στο σύστημα.
7. Τις αναγκαίες σωληνώσεις.
8. Η βαλβίδα (ρυθμιστής ροής) διαιρεί ολόκληρο το σύστημα σε δύο πλευρές, την πλευρά της χαμηλής πίεσεως, που περιλαμβάνει την ίδια τη βαλβίδα, τη σωλήνωση αναρροφήσεως, το στοιχείο ψύξεως και την πλευρά της υψηλής πίεσεως, που περιλαμβάνει τον συμπιεστή, τον συμπυκνωτή, το δοχείο υγρού και τις σωληνώσεις του υγρού.



Σχήμα 3.1: Βασικά Εξαρτήματα Ψυκτικής

### 3.2 Βασικά Εξαρτήματα Απλής Ψυκτικής Εγκατάστασης

Τα βασικότερα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται μια απλή ψυκτική εγκατάσταση είναι τα εξής:

A.O συμπιεστής

}

B.H γραμμή κατάθλιψης

Γ.O συμπυκνωτής

Πλευρά υψηλής πίεσης.

Δ.H γραμμή ψυκτικού υγρού

E.H εκτονωτική βαλβίδα

}

Z.O εξατμιστής ή ψυκτικό στοιχείο ή ατμοποιητής

H.H γραμμή αναρρόφησης

Πλευρά χαμηλής πίεσης

Θ.O πρεσοστάτης χαμηλής ή ο θερμοστάτης

### 3.3 Ο Συμπιεστής

**Ο συμπιεστής σε μια ψυκτική εγκατάσταση μηχανικής συμπίεσεως εξυπηρετεί τούς εξής σκοπούς:**

- Την δημιουργία διαφοράς πίεσεως μεταξύ των πλευρών υψηλής και χαμηλής πίεσεως στο ψυκτικό κύκλωμα και έτσι έχουμε συνεχή ψύξη.
- Με την σταθερή πίεση αναρροφήσεως δημιουργεί σταθερή πίεση μέσα στην σερπαντίνα του εξατμιστή και ως εκ τούτου σταθερή θερμοκρασία βρασμού του ψυκτικού μέσου.
- Την δημιουργία διαφοράς πίεσεως σταθερής προ και μετά την εκτονωτική βαλβίδα που είναι απαραίτητη στην λειτουργία της ώστε να προκαλεί σταθερή ροή ψυκτικού μέσου.
- Να αναρροφά το ψυκτικό μέσο από τον εξατμιστή σαν ελαφρώς υπέρθερμο αέριο να το συμπιέζει αυξάνοντάς του την πίεση και την θερμοκρασία η οποία θα πρέπει να είναι πάνω από την συνήθη θερμοκρασία του ψύχοντος μέσου νερού ή αέρα στο συμπυκνωτή. Έτσι η θερμότητα θα μπορεί να ρέει από το υπέρθερμο αέριο στο ψυχρό μέσο λόγω της θερμοκρασιακής διαφοράς. Έτσι ο ατμός θα συμπυκνωθεί σε υγρό και θα επαναληφθεί ο κύκλος.

#### **3.3.1 Κατάταξη συμπιεστών**

➤ Ανάλογα με την κατασκευή και τον τρόπο λειτουργίας τους, οι συμπιεστές διακρίνονται ως εξής:

1. Παλινδρομικοί εμβολοφόροι συμπιεστές
2. Περιστρεφόμενοι συμπιεστές

Οι περιστρεφόμενοι διακρίνονται σε:

- Περιστροφικούς με σταθερά ή κινητά πτερύγια
- Φυγοκεντρικούς συμπιεστές
- Συμπιεστές τύπου WANKEL
- Ελικοειδείς συμπιεστές ή κοχλιόδεις
- Τυμπάνου

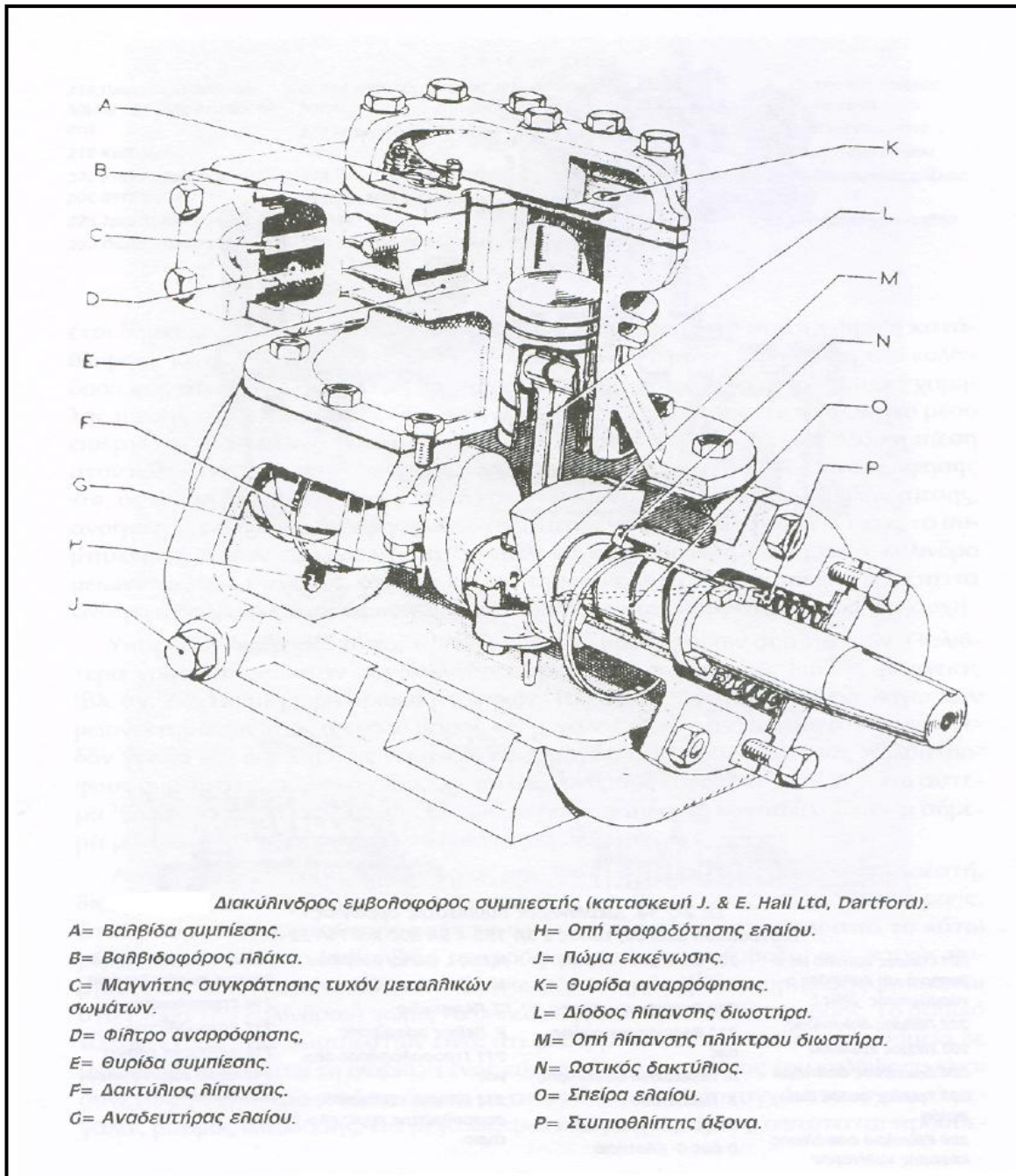
Οι παλινδρομικοί διακρίνονται σε μονοκύλινδρους, δικύλινδρους, πολυκύλινδρους, διάταξης V,W,X κ.λ.π.

➤ Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης τους, οι συμπιεστές διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

- 1) Ανοιχτοί συμπιεστές
- 2) Ημιαερμητικοί συμπιεστές
- 3) Ερμητικοί συμπιεστές

### 3.3.2 Οι πιο διαδεδομένοι Συμπιεστές

Ο πιο διαδεδομένος τύπος συμπιεστή είναι ο εμβολοφόρος παλινδρομικός συμπιεστής, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει, όπως είναι η απλότητα κατασκευής, η μεγαλύτερη γενικά απόδοση του σε σχέση με τους άλλους τύπους συμπιεστών, η εύκολη επισκευή του και αποκατάσταση των βλαβών του και η καταλληλότητα του για όλα τα ψυκτικά μέσα. Η αρχή λειτουργίας του συμπιεστή αυτού του τύπου είναι η ίδια με αυτή των εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης. Η αναρρόφηση και συμπίεση του αερίου γίνεται μέσω βαλβίδων, που ονομάζονται βαλβίδες αναρρόφησης και βαλβίδες συμπίεσης. Ανάλογα με την φορά κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου μέσω του συμπιεστή, διακρίνουμε τους εμβολοφόρους συμπιεστές σε σταθερής ροής και αντίθετης ροής. Στους συμπιεστές σταθερής ροής το ψυκτικό μέσο αναρροφάται από το κάτω μέρος του κυλίνδρου(η βαλβίδα αναρρόφησης είναι στο έμβολο) και καθώς συμπιέζεται, απομακρύνεται από το άνω μέρος(η βαλβίδα συμπίεσης βρίσκεται στο καπάκι του κυλίνδρου) χωρίς να αλλάζει η βασική κατεύθυνση ροής. Το βασικό πλεονέκτημα των συμπιεστών είναι ότι οι θερμοκρασίες στα διάφορα σημεία δεν μεταβάλλονται κατά την διάρκεια του κύκλου(το κάτω μέρος του κυλίνδρου είναι συνεχώς ψυχρότερο από το άνω), με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται σχετικά μεγάλος βαθμός απόδοσης. Όμως, για μεγάλες ψυκτικές ισχύς απαιτείται πρόσθετη ψύξη του καπακιού του κυλίνδρου με νερό. Μειονέκτημα επίσης αυτού του τύπου είναι ότι στην συνεχώς ψυχρή βαθμίδα αναρρόφησης δημιουργείται συχνά υγροποίηση του ψυκτικού μέσου, με δυσμενείς επιπτώσεις στην απόδοση του συμπιεστή. Λόγω αυτών των μειονεκτημάτων, για μικρές και μέσες ισχύς χρησιμοποιούνται συνήθως συμπιεστές αντίθετης ροής, στους οποίους τόσο η αναρρόφηση όσο και η συμπίεση του ψυκτικού μέσου γίνεται στο πάμα του κυλίνδρου, όπου το ψυκτικό μέσο αλλάζει και φορά κίνησης.



**Σχήμα 3.2: Παλινδρομικοί Εμβολοφόροι Συμπιεστές**

### **3.4 Φίλτρο Ελαίου**

Σύμφωνα με όσα εκτέθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, οι συνεχείς παρουσίες ξένων υλικών και παραγόντων (λόγω της οξειδωσης στο έλαιο λίπανσης), είναι βλαβερές, επειδή μπορούν να φράξουν τους αύλακες και τις διόδους του ελαίου και να δημιουργήσουν γραμμώσεις στους τριβείς ή τους κυλίνδρους.



Επιπλέον, ορισμένες ρυπαρές ουσίες ενεργούν ως κατάλοιπα, τα οποία αυξάνουν περισσότερο το βαθμό οξείδωσης.

Ακόμη και όταν χρησιμοποιείται η καλύτερη ποιότητα ελαίου, είναι αδύνατο να αποφύγουμε την παρουσία στερεών ξένων σωμάτων μέσα στο έλαιο λίπανσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συνήθως δικτυωτό φίλτρο στην αναρρόφηση της αντλίας ή άλλο ειδικό φίλτρο στο δίκτυο, για να συγκρατούνται τα ανεπιθύμητα σώματα και τα προϊόντα της οξείδωσης και γενικά των άλλων αιτιών.

### **3.5 Αποχωριστήρας Ελαίου**

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες παραγράφους, το ψυκτικό μέσο συμπαρασύρει μέρος του λιπαντικού ελαίου από το συμπιεστή προς το υπόλοιπο δίκτυο. Εκτός από τις δυσμενείς επιπτώσεις που αναφέρθηκαν ήδη, υπάρχει και ο κίνδυνος να εκκενωθεί ο συμπιεστής από το λιπαντικό έλαιο. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται συχνά ο **αποχωριστήρας ελαίου**, ο οποίος διαχωρίζει από το συμπιεζόμενο ψυκτικό μέσο το έλαιο που συμπαρασύρεται και το επαναφέρει στο συμπιεστή.

Στο σχ.3.3 φαίνεται αποχωριστήρας ελαίου κατάλληλος για μεγάλες σχετικά εγκαταστάσεις. Πρόκειται για ένα κλειστό δοχείο, κάθετα διαταγμένο, μέσα στο οποίο συμπιέζεται σε αέρια μορφή το ψυκτικό μέσο από το συμπιεστή.

Ο σωλήνας εισόδου βυθίζεται μέσα στον αποχωριστή και με κατάλληλο σχήμα αναγκάζει το αέριο να αποκτήσει μια περιφερειακή ταχύτητα. Έτσι, το έλαιο εκτοξεύεται στα τοιχώματα και στη συνέχεια ρέει στον πυθμένα του αποχωριστή. Από εκεί υπάρχει δίκτυο με βαλβίδα διακοπής και με ενδεικτικό γυαλί, όπου το έλαιο που συσσωρεύτηκε μπορεί να επιστραφεί στο συμπιεστή ή εναποθηκεύεται σε ιδιαίτερη αποθήκη(recovery drum), από όπου τροφοδοτείται ο συμπιεστής.

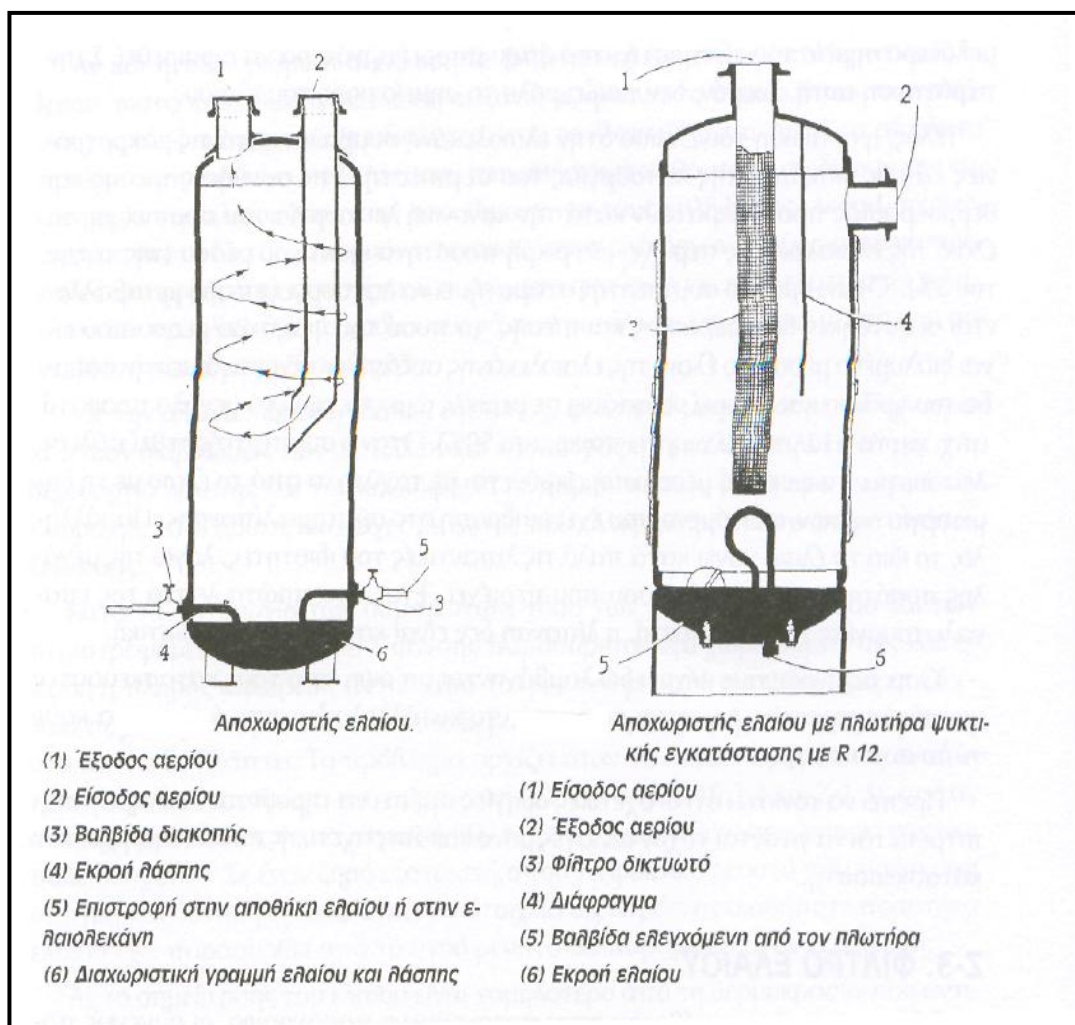
Σε μικρότερες ψυκτικές εγκαταστάσεις ο αποχωριστής είναι εφοδιασμένος με πλωτήρα, ο οποίος κινεί ειδική δικλείδα. Όταν ανεβαίνει η στάθμη του ελαίου στον αποχωριστή, ανεβαίνει ο πλωτήρας και ανοίγει τη δικλείδα, ενώ το έλαιο επιστρέφει στο συμπιεστή (βλ. σχ. 3.3 ). Σε ξηρό δίκτυο συμπίεσης, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας συμπίεσης και του χαμηλού σημείου ανάφλεξης του ψυκτικού ελαίου, είναι δυνατόν μέρος της μάζας του ελαίου να εξατμιστεί. Για το λόγο αυτό πρέπει ο αποχωριστής να τοποθετείται όσο γίνεται πιο μακριά από το συμπιεστή.

Η απώλεια θερμότητας από το σωλήνα συμπίεσης προς τον περιβάλλοντα χώρο θα προκαλέσει συμπύκνωση του ψυκτικού ελαίου πριν αυτό εισέλθει στον αποχωριστή.

Στις πολύ μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις δεν απαιτείται η χρήση αποχωριστή ελαίου, διότι το έλαιο συμπαρασύρεται πάλι προς το συμπυκνωτή λόγω των μεγάλων συνήθως ταχυτήτων του ψυκτικού μέσου.

Στις εγκαταστάσεις όπου ως ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται η αμμωνία, ο αποχωρισμός του ελαίου επιτυγχάνεται πολύ ευκολότερα απ' ό,τι όταν χρησιμοποιείται αλογονούχο ψυκτικό ρευστό, διότι το έλαιο δεν αναμειγνύεται με την αμμωνία.

Τέλος, επειδή ο αποχωρισμός ελαίου και ψυκτικού μέσου δεν είναι πλήρης, ένα μέρος του ελαίου μεταφέρεται προς το συμπυκνωτή και τον εξατμιστή, όπου πρέπει να υπάρχει κατασκευαστική πρόνοια, ώστε να απομακρύνεται κατά καιρούς το έλαιο που συγκεντρώνεται (π.χ. βλ. σχ. 3.3)



**Σχήμα 3.3 :Αποχωριστής Ελαίου**

### 3.6 Συμπυκνωτής

Το ψυκτικό μέσο σε αέρια μορφή (κορεσμένος ή υπέρθερμος ατμός) συμπιέζεται από το συμπιεστή (μέσω του αποχωριστή αέρα, αν υπάρχει) στο **συμπυκνωτή**, που ονομάζεται και **υγροποιητής** ή **ψυγείο**.

Σκοπός του συμπυκνωτή είναι η αποβολή της λανθάνουσας και αισθητής θερμότητας του ψυκτικού αερίου λόγω συμπίεσης και η μετατροπή αυτού σε υγρό χαμηλής θερμοκρασίας κάτω από την ίδια πίεση. Η αποβολή της θερμότητας επιτυγχάνεται μέσω ενός άλλου ψυκτικού μέσου, που μπορεί να είναι αέρας ή νερό.

Η συμπύκνωση του αερίου ψυκτικού μέσου είναι εξαιρετικής σημασίας, διότι από αυτήν εξαρτάται η πίεση συμπίεσης και, κατά συνέπεια, η ισχύς του συμπιεστή που καταναλώνεται. Όσο χαμηλότερη είναι η πίεση συμπίεσης, τόσο μικρότερο είναι το έργο του συμπυκνωτή.

Η αφαίρεση θερμότητας από το ψυκτικό μέσο στο συμπυκνωτή γίνεται σε 3 διαδοχικές φάσεις, κατά τις οποίες η πίεση παραμένει σταθερή:

- α. Αφαίρεση της θερμότητας υπερθέρμανσης και ψύξη του αερίου ψυκτικού μέσου μέχρι τη θερμοκρασία κορεσμού.
- β. Αφαίρεση της λανθάνουσας θερμότητας εξαέρωσης σε σταθερή θερμοκρασία. Το ψυκτικό μέσο υγροποιείται.
- γ. Αφαίρεση θερμότητας από το υγρό πια ψυκτικό μέσο, οπότε κατεβαίνει κι άλλο η θερμοκρασία του.

Η ψυκτική ισχύς έστω  $Q_{\Sigma}$  (kcal/h) ενός συμπυκνωτή είναι μεγαλύτερη από την ψυκτική ισχύ  $Q$  του συμπιεστή κατά ένα ποσό που αντιστοιχεί στο έργο συμπίεσης του συμπιεστή, αφού αφαιρεθούν ορισμένες απώλειες στο συμπιεστή, στις σωληνώσεις και σε άλλα τμήματα του δικτύου. Έτσι, ανάλογα με το ψυκτικό μέσο που ψύχει το συμπυκνωτή και ανάλογα με τις θερμοκρασίες που επικρατούν, ισχύει:

$$Q_{\Sigma} = (1,2 \text{ έως } 1,4) \cdot Q$$

Στο σημείο αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του κατάλληλου συμπυκνωτή, διότι οι κατασκευαστές των συμπυκνωτών δίνουν το  $Q_{\Sigma}$  και όχι το αντίστοιχο  $Q$ .

Η ψυκτική ισχύς του συμπυκνωτή  $Q_{\Sigma}$  είναι ίση με:  $Q_{\Sigma} = F \cdot K \cdot \Delta t_{\mu}$

όπου  $F$ : η επιφάνεια που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο ψυκτικό μέσο της εγκατάστασης (π.χ R12) και το μέσο ψύξης του συμπυκνωτή (π.χ. νερό).

$\Delta t_m$ : η μέση διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο ψυκτικό μέσο και το μέσο ψύξης του συμπυκνωτή.

$K$ : ο μέσος συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας στο συμπυκνωτή, που εξαρτάται από το υλικό κατασκευής των στοιχείων ψύξης, το πάχος αυτού, την καθαρότητα της επιφάνειας ψύξης, το μέσο ψύξης του συμπυκνωτή και από τις συνθήκες ροής (ταχύτητες κ.λ.π) στο συμπυκνωτή.

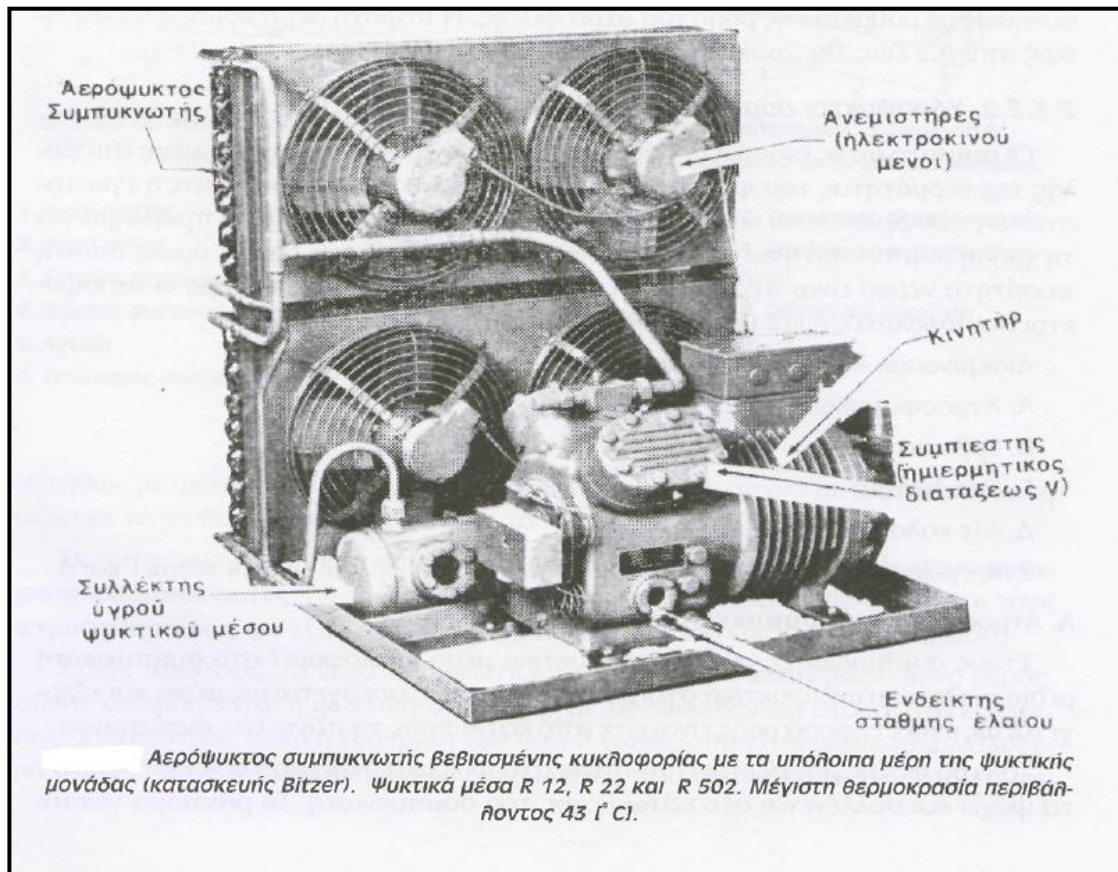
### 3.6.1 Τύποι συμπυκνωτών

Ανάλογα με το μέσο ψύξης του συμπυκνωτή, διακρίνουμε τους **αερόψυκτους** και τους **υδρόψυκτους** συμπυκνωτές. Οι υδρόψυκτοι μπορεί να είναι κατάλληλοι για γλυκό ή για θαλάσσιο νερό.

#### 3.6.1.1 Αερόψυκτοι συμπυκνωτές (ή συμπυκνωτές αέρα).

Πρόκειται για τον απλούστερο τύπο συμπυκνωτή και χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρές εγκαταστάσεις καθώς και σε μικρές κλιματιστικές εγκαταστάσεις ξηράς, όπου δε διατίθεται επαρκής ποσότητα νερού ψύξης.

- Οι συμπυκνωτές αέρα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:
  - συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας ή στατικούς,
  - συμπυκνωτές βεβιασμένης κυκλοφορίας.



**Σχήμα 3.4: Αερόψυκτος Συμπιεστής βεβιασμένης κυκλοφορίας**

Στους στατικούς συμπυκνωτές η αποβολή της θερμότητας γίνεται με τη φυσική ροή του ατμοσφαιρικού αέρα που τους περιβάλλει. Αποτελούνται από σωλήνες εφοδιασμένους με πτερύγια διαφόρων σχημάτων ή από δύο κυρτωμένες μεταλλικές πλάκες.

Οι στατικοί συμπυκνωτές χρησιμοποιούνται κυρίως σε ψυκτικές εγκαταστάσεις οικιακού τύπου.

Στους συμπυκνωτές βεβιασμένης κυκλοφορίας η υγροποίηση του ψυκτικού αερίου επιτυγχάνεται με κυκλοφορία ρεύματος ατμοσφαιρικού αέρα μέσω ενός ανεμιστήρα, ο οποίος συνήθως παίρνει κίνηση από τον άξονα του συμπιεστή ή είναι ηλεκτροκίνητος (για μεγάλες ψυκτικές ισχύεις). Στους αερόψυκτους συμπυκνωτές τα μεγέθη  $K$  και  $\Delta t_{\mu}$  του τύπου έχουν συνήθως τις ακόλουθες τιμές:

$$K = 15-30 \text{ (kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{grad)}$$

$$\Delta t_{\mu} = 10-20 \text{ (grad)}.$$

Η ρύθμιση της ψυκτικής ικανότητας των αερόψυκτων συμπυκνωτών γίνεται συνήθως με ρύθμιση της ροής του αέρα ψύξης. Η παροχή αέρα κυμαίνεται συνήθως από 0,3 έως 1,0 (m<sup>3</sup>/kcal).

### 3.6.1.2 Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές (ή συμπυκνωτές νερού).

Οι συμπυκνωτές νερού ή υδρόψυκτοι χρησιμοποιούν το νερό ως μέσο αποβολής της θερμότητας του ψυκτικού αερίου. Σε ναυτικές εγκαταστάσεις ή εγκαταστάσεις που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα ή ποτάμια δεν υπάρχει πρόβλημα για τη χρήση συμπυκνωτή αυτού του τύπου. Σε εγκαταστάσεις ξηράς, όμως, όπου η ποσότητα νερού είναι περιορισμένη, χρησιμοποιούνται περισσότερο οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές ή και μεικτοί (δηλαδή νερού και αέρα).

Διακρίνουμε 4 βασικούς τύπους υδρόψυκτων συμπυκνωτών:

- 1) Ατμοσφαιρικοί.
- 2) Εμβαπτισμένοι.
- 3) Διαλωτοί.
- 4) Με καλάνδρα.

**Στις εγκαταστάσεις σε πλοία περισσότερο διαδεδομένοι είναι οι τύποι 3 και 4.**

#### ➤ **Ατμοσφαιρικοί συμπυκνωτές**

Στους συμπυκνωτές αυτούς το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί στο συμπυκνωτή μέσω σωληνώσεων (ψυκτικά στοιχεία), στις οποίες εισέρχεται ως αέριο και εξέρχεται ως υγρό. Η φορά ροής είναι είτε από κάτω προς τα πάνω είτε αντίστροφα.

Το νερό ψύξης ραντίζεται από πάνω στα ψυκτικά στοιχεία του συμπυκνωτή, τα ψύχει και συλλέγεται στο κάτω μέρος του συμπυκνωτή.

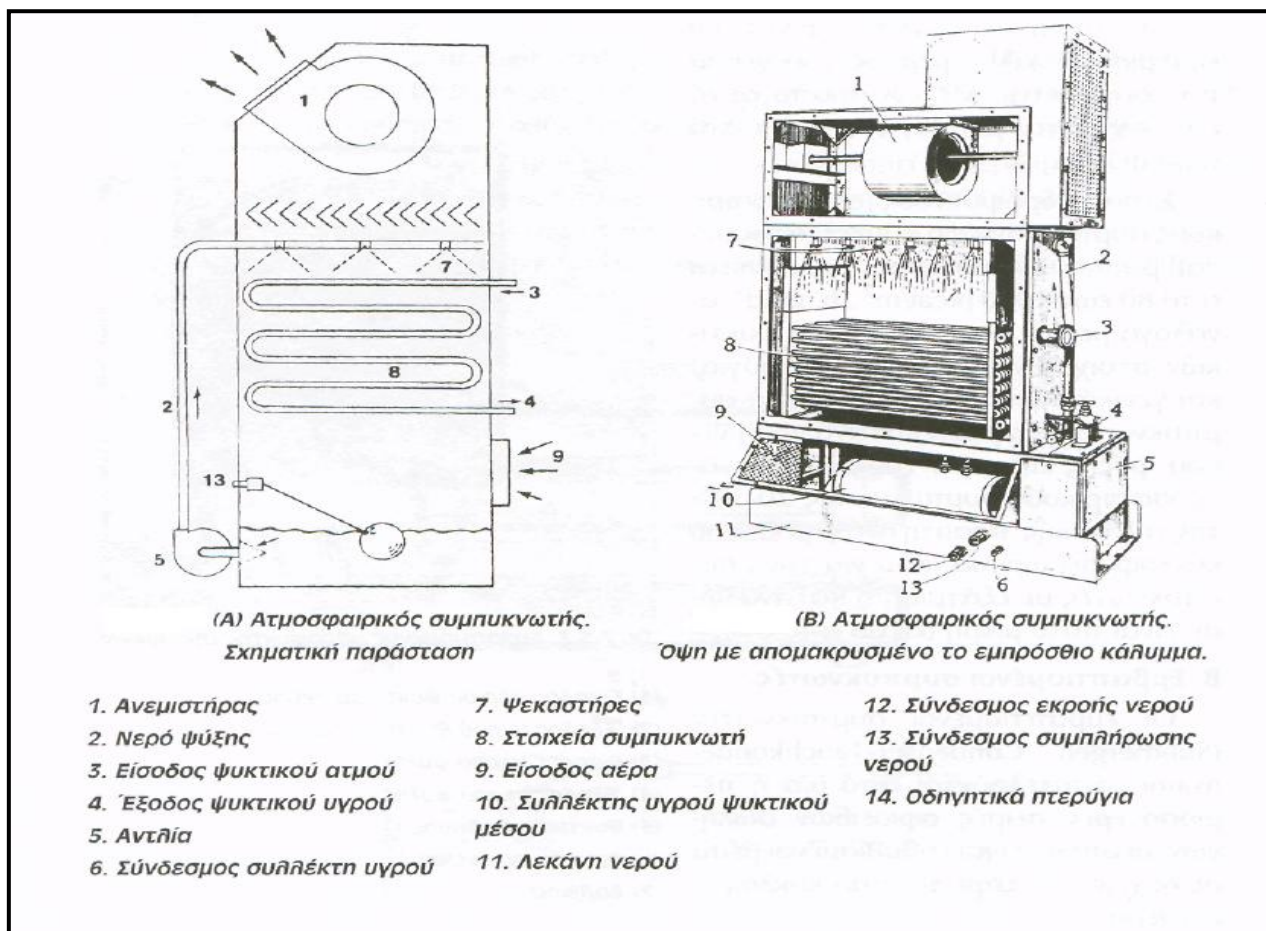
Το ράντισμα γίνεται συνήθως με ψεκαστήρες και η όλη ψύξη υποβοηθείται συχνά με βεβιασμένη ροή αέρα με κατεύθυνση από κάτω προς τα πάνω

Σε αυτήν τη κατηγορία συμπυκνωτών διακρίνουμε τους **κοινούς ατμοσφαιρικούς** συμπυκνωτές (Bleeder of flooded Condenser-Berieselkondensator) και τους **ατμοσφαιρικούς με εξάτμιση** (Evaporative Condenser-Verdunstkondensator).

Στους πρώτους, το νερό που ραντίζεται εξατμίζεται κατά μικρό μόνο μέρος, οπότε υποβοηθείται η ψυκτική ικανότητα με τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. Στο δεύτερο τύπο η εξάτμιση του νερού χρησιμοποιείται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό, ώστε η συνολική σχεδόν θερμότητα που

απομακρύνεται από το συμπυκνωτή να καταναλώνεται για την εξάτμιση μεγάλου μέρους του νερού που ραντίζεται. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγάλη οικονομία στο νερό ψύξης.

Στους υδρόψυκτους ατμοσφαιρικούς συμπυκνωτές ο συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας κυμαίνεται από 80 έως 1000 (kcal/m<sup>2</sup>.h.grad), ανάλογα με την κατασκευή των ψυκτικών στοιχείων (λεία ή με πτερύγια) και γενικά των άλλων μερών του συμπυκνωτή. Η ωριαία κατανάλωση νερού ψύξης είναι για τους κοινούς ατμοσφαιρικούς συμπυκνωτές 20-30% της συνολικής ποσότητας νερού που κυκλοφορεί ωριαία, ενώ για τους συμπυκνωτές με εξάτμιση η κατανάλωση είναι πολύ μικρή (κάτω από 5%).



Σχήμα 3.5: Ατμοσφαιρικός Συμπυκνωτής

### ➤ Εμβαπτισμένοι συμπυκνωτές

Οι εμβαπτισμένοι συμπυκνωτές (Submerged Condenser-Tauchkondensator) αποτελούνται από μία ή περισσότερες σειρές οφιοειδών σωλήνων, οι οποίοι είναι εμβυθισμένοι μέσα σε δοχείο ή δεξαμενή όπου κυκλοφορεί νερό.

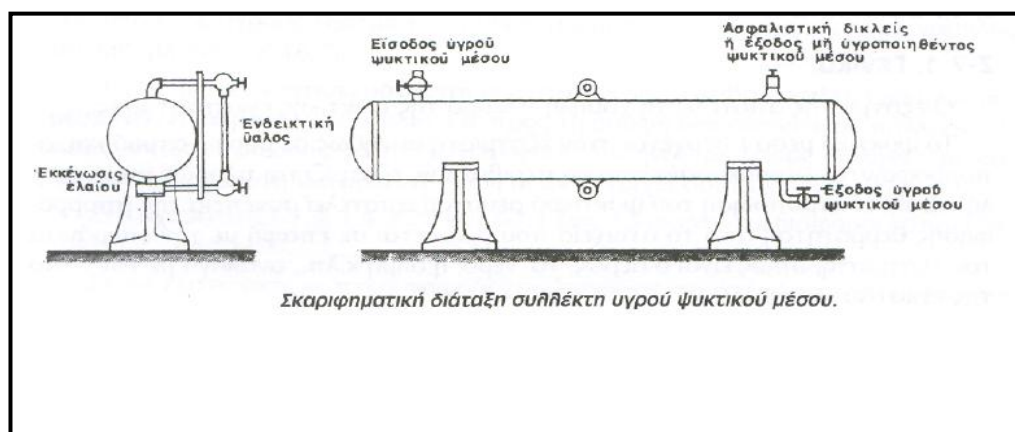
Οι συμπυκνωτές αυτοί, αν και έχουν σχετικά εύκολη κατασκευή, έχουν καταργηθεί σχεδόν, διότι απαιτούν κυκλοφορία μεγάλης ποσότητας νερού ψύξης και επιπλέον, γύρω από τους οφιοειδείς σωλήνες δημιουργούνται επικαθίσεις που δυσκολεύουν τη μετάδοση της θερμότητας.

Στο σχήμα φαίνεται εμβαπτισμένος συμπυκνωτής. Το ψυκτικό αέριο εισέρχεται από το άνω μέρος του δοχείου και εξέρχεται υγροποιημένο από το κάτω. Το νερό ψύξης έχει αντίθετη ροή με αυτήν του ψυκτικού αερίου, δηλαδή εισέρχεται από το κάτω μέρος και εξέρχεται από το άνω.

Ο συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας  $K$  στους συμπυκνωτές αυτού του τύπου ανέρχεται περίπου στα  $200 \text{ (kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{grad)}$

### 3.7 Συλλέκτης Υγρού

Ο συλλέκτης είναι δεξαμενή ή δοχείο κυλινδρικού συνήθως σχήματος, όπου εναποθηκεύεται το ψυκτικό ρευστό που υγροποιείται από το συμπυκνωτή. Κατασκευάζεται συνήθως από σίδηρο ή χάλυβα και τοποθετείται οριζόντια ή κάθετα.



**Σχήμα 3.6: Συλλέκτης Υγρού Ψυκτικού Μέσου**

Αν χρησιμοποιείται η αμμωνία ως ψυκτικό ρευστό και ο συλλέκτης είναι τοποθετημένος οριζόντια, είτε δίνεται ελαφρά κλίση προς το άκρο όπου είναι εφαρμοσμένος ο κρουνός εκκένωσης του ελαίου είτε ο κρουνός αυτός τοποθετείται στο κάτω στόμιο του ενδεικτικού γυαλιού, όπως φαίνεται στο σχ. 3.6



Τέτοιος κρουνός τοποθετείται μόνο στην εγκατάσταση αμμωνίας, διότι το ειδικό βάρος αυτής είναι μεγαλύτερο από το ειδικό βάρος του ελαίου λίπανσης.

Συλλέκτης τοποθετείται σε όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις όπου ο στραγγαλισμός του ψυκτικού ρευστού γίνεται με εκτονωτική βαλβίδα ή πλωτήρα. Σε μικρές εγκαταστάσεις, όπου χρησιμοποιούνται τριχοειδείς σωλήνες για την εκτόνωση του ψυκτικού ρευστού, δεν υπάρχουν συλλέκτες, διότι όλο το ψυκτικό ρευστό συσσωρεύεται στον εξατμιστή κατά την κράτηση του συμπιεστή.

Ο συλλέκτης έχει δικλείδες εισόδου και εξόδου, για την εναποθήκευση του ψυκτικού ρευστού σε περίπτωση αντικατάστασης ή επισκευής κάποιου εξαρτήματος ή μέρους της εγκατάστασης. Ένα ενδεικτικό γυαλί, με δικλείδες απομόνωσης, δείχνει τη στάθμη του υγρού του συλλέκτη.

Εκτός από τα παραπάνω, με το συλλέκτη επιτυγχάνεται καλύτερη υγροποίηση του ψυκτικού ρευστού με ανάμειξη. Για το λόγο αυτό, ο χώρος όπου βρίσκεται ο συλλέκτης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ψυχρός. Επίσης, σε μερικές ψυκτικές εγκαταστάσεις, τοποθετείται μέσα στο συλλέκτη ένας σπειροειδής σωλήνας (σερπαντίνα) με κυκλοφορία νερού ψύξης. Σε μικρές εγκαταστάσεις συναντάται κατασκευή συμπυκνωτή (συνήθως με αέρα), του οποίου το κάτω μέρος χρησιμοποιείται ως αποθήκη υγρού. Ο συλλέκτης ως αποθήκη υγρού θα πρέπει να έχει χωρητικότητα ανάλογη, ώστε να είναι δυνατή η εναποθήκευση όλης της ποσότητας του ψυκτικού ρευστού.

Δεδομένου ότι για την εναποθήκευση του ψυκτικού ρευστού χρησιμοποιείται και ο συμπυκνωτής, η χωρητικότητα του συλλέκτη εξαρτάται από:

- α) τον τύπο του συμπυκνωτή,
- β) το ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιείται.

Έτσι, για ψυκτική εγκατάσταση ισχύος 1000 (kcal/h), απαιτείται χώρος 0,7 (lt), όταν το ψυκτικό μέσο είναι NH<sub>3</sub> και 6 (lt), όταν είναι R12.

### **3.8 Εξατμιστής**

#### **Γενικά.**

Ο εξατμιστής αποτελεί τη χαμηλή πλευρά της ψυκτικής εγκατάστασης. Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εξατμιστή συνήθως με μορφή ατμού και, απορροφώντας θερμοκρασία από το περιβάλλον, εξατμίζεται πλήρως υπό χαμηλή πίεση. Η ατμοποίηση του ψυκτικού ρευστού αποτελεί

συνέπεια της απορρόφησης θερμότητας από το στοιχείο που βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια του εξατμιστή, όπως είναι ο αέρας, το νερό, η άλμη κ.λ.π., ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης.

Όσον αφορά τον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας, οι εξατμιστές διακρίνονται σε 2 κατηγορίες:

α) σε εξατμιστές απευθείας μετάδοσης (direct type).

β) σε εξατμιστές έμμεσης μετάδοσης ή εμβαπτισμένους (indirect type).

Οι εξατμιστές απευθείας μετάδοσης τοποθετούνται στον ψυκτικό θάλαμο ή και έξω από αυτόν σε ειδικό προθάλαμο και απορροφούν θερμότητα από τον ατμοσφαιρικό αέρα του περιβάλλοντος είτε με φυσική ροή είτε με εξαναγκασμένη.

Οι εμβαπτισμένοι εξατμιστές εμπερικλείονται σε δεξαμενές. Γύρω από αυτούς κυκλοφορεί ενδιάμεσο ψυκτικό στοιχείο, όπως είναι η άλμη. Ο εξατμιστής απορροφά συνεχώς θερμότητα από την άλμη, η οποία, μέσω μιας αντλίας, κυκλοφορεί μέσα σε άλλα στοιχεία που βρίσκονται γύρω και στην οροφή των ψυκτικών θαλάμων.

Ως προς τον τρόπο λειτουργίας, οι εξατμιστές διαιρούνται σε 2 κατηγορίες:

α) τους ξηρούς εξατμιστές (dry),

β) τους υγρούς εξατμιστές (flooded ή wet).

Στους ξηρούς εξατμιστές το ατμοποιημένο ψυκτικό ρευστό καλύπτει τη μεγαλύτερη επιφάνεια του εξατμιστή (75% και άνω). Οι εξατμιστές αυτοί είναι έτσι κατασκευασμένοι, ώστε, όταν το ψυκτικό μέσο φτάνει στην έξοδο, να είναι ήδη κορεσμένος ή και υπέρθερμος ατμός. Το σπουδαιότερο μειονέκτημα του τύπου αυτού είναι ότι έχει μικρό συντελεστή μεταβίβασης θερμότητας.

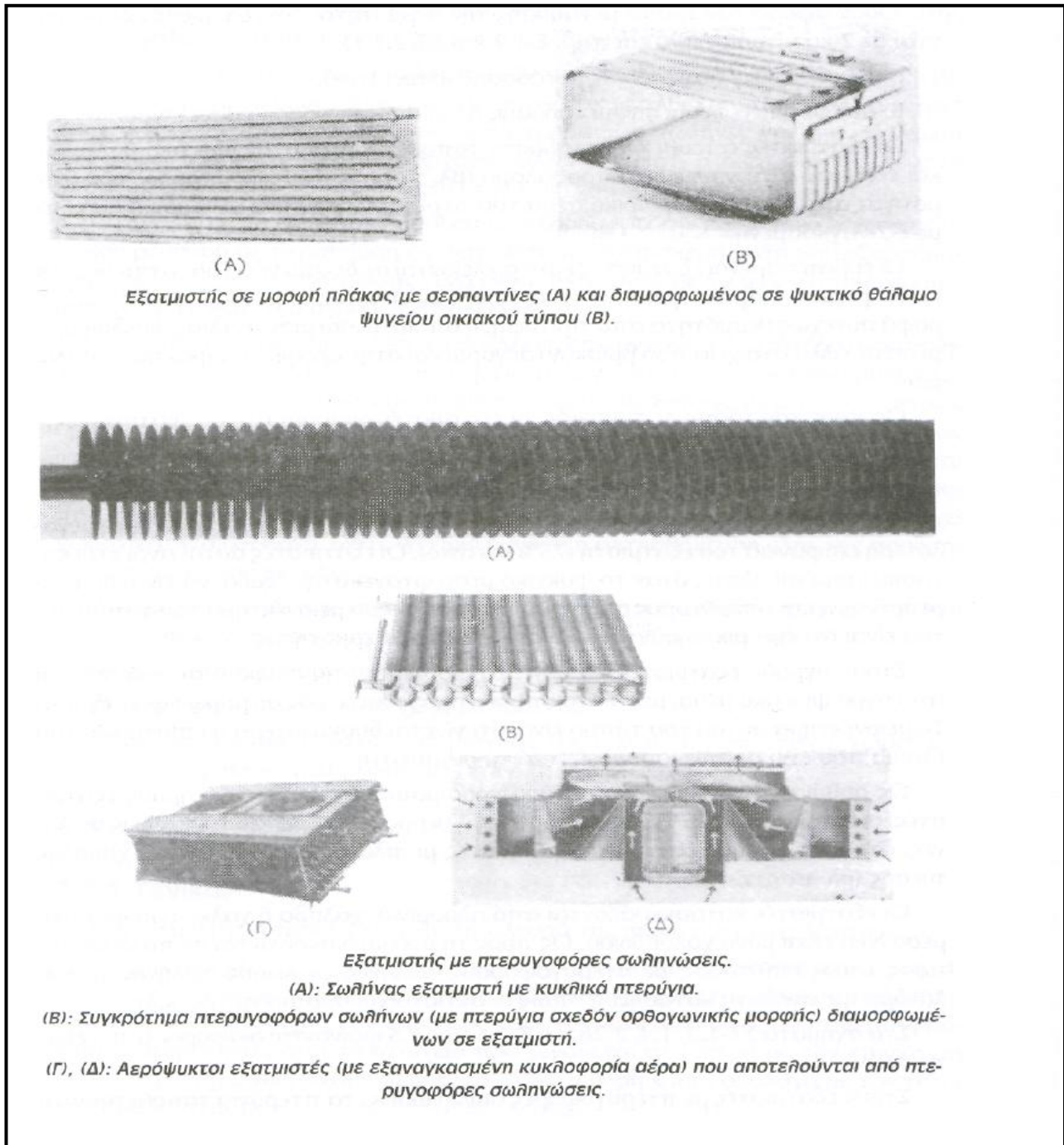
Στους υγρούς εξατμιστές το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας καλύπτεται από υγρό ψυκτικό μέσο, μέσα στο οποίο παράγεται ατμός σε μορφή φυσαλίδων. Το μειονέκτημα αυτού του τύπου είναι ότι γίνεται δυσκολότερα η επιστροφή του ελαίου που έχει συμπαρασυρθεί από το συμπιεστή.

Ως ρυθμιστές του ψυκτικού μέσου χρησιμοποιούνται, στους ξηρούς εξατμιστές, οι εκτονωτικές βαλβίδες (αυτόματες ή θερμοστατικές) και τριχοειδείς σωλήνες, στους δε υγρούς εξατμιστές, ρυθμιστές με πλωτήρα υψηλής ή και χαμηλής πίεσης.

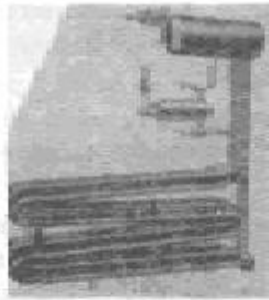
Οι εξατμιστές κατασκευάζονται από αλουμίνιο, χάλυβα ή χαλκό (για ψυκτικό μέσο  $\text{NH}_3$  είναι μόνο χαλύβδινοι). Ως προς τη μορφή διακρίνονται σε πολλούς τύπους, όπως επίπεδους, με

περυγιοφόρους σωλήνες, με λείους σωλήνες, με καλάνδρα (με ανάλογη κατασκευή όπως οι αντίστοιχοι συμπυκνωτές) κ.λ.π.

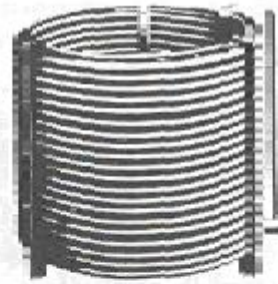
Στα σχήματα 3.7 φαίνονται διάφοροι τύποι εξατμιστών.



Σχήμα 3.7: Διάφοροι τύποι Εξατμιστών 1

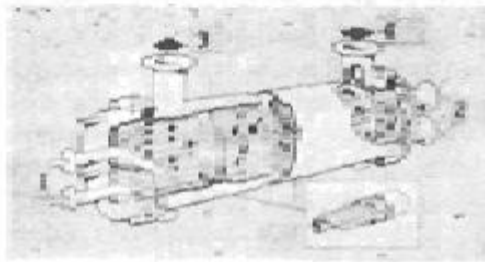


(Α)



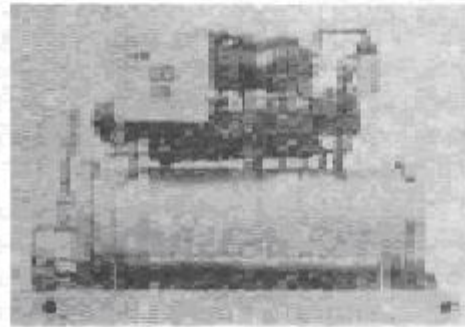
(Β)

Εξοπλισμός τύπου επιβάρυνσης με ρολόι συλλήψεως  
 (Α) κατασκευής Sabroe (B) κατασκευής Roller.

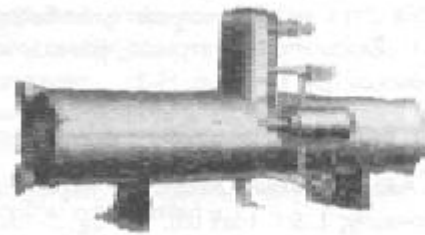


Εξοπλισμός τύπου καθήκοντος σε τομή

1. Είσοδος ψυκτικού μέσου
2. Έξοδος ψυκτικού μέσου
3. Έξοδος ψυκτικού διαβήματος
4. Είσοδος ψυκτικού διαβήματος
5. Επιστροφή αερίων συλλήψεως



(Α)



(Β)

Εξοπλισμός τύπου καθήκοντος

(Α) Εξοπλισμός με πλήρη ψυκτική μονάδα κατασκευής Sabroe κατάλληλος για ψύξη κερπών. Ψυκτικό μέσο NH<sub>3</sub> ή Freon.

(Β) Εξοπλισμός κατασκευής Sabroe για ψύξη κερπών μερικής όψης. Ψυκτικό μέσο NH<sub>3</sub>.

Σχήμα 3.8: Διάφοροι τύποι Εξατμιστών 2

Στους εξατμιστές με πτερυγοφόρες σωληνώσεις, τα πτερύγια τοποθετούνται σε απόσταση μεταξύ τους 2-10 (mm), όπου λαμβάνεται υπ' όψη και η θερμοκρασία λειτουργίας, ώστε να μη δημιουργούνται φραγμοί στο χώρο μεταξύ των πτερυγίων λόγω παραποίησης.

Για τον καθορισμό της διατομής των σωληνώσεων του εξατμιστή πρέπει να ληφθεί υπ' όψη τόσο η πτώση πίεσης που δημιουργείται, η οποία δεν πρέπει να είναι μεγάλη (συνήθως είναι 0,5-2 psi), όσο και η ταχύτητα ροής του ψυκτικού μέσου, η οποία δεν πρέπει να είναι πολύ μικρή, για να μην παραμένει στον εξατμιστή το έλαιο που συμπαρασύρεται

Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ψυκτικού μέσου και ψυχόμενου μέσου (αέρα, νερού κ.λ.π) πρέπει να επιδιώκεται να είναι κατά το δυνατόν μικρότερη και σίγουρα όχι μεγαλύτερη από 10 °C.

Οι συντελεστές μεταβίβασης θερμότητας που επιτυγχάνονται στους εξατμιστές για ψύξη ψυκτικών διαλυμάτων (άλμης) κυμαίνονται από 300 έως 650 (kcal/m<sup>2</sup> . h . grad), για ψυκτικό μέσο NH<sub>3</sub>, και από 150 έως 500 (kcal/m<sup>2</sup> . h . grad), για τα αλογονούχα ψυκτικά μέσα R12 και R22, με ταχύτητα ροής της άλμης 0,8-2,5 (m/sec).

Στους αερόψυκτους εξατμιστές ο συντελεστής μεταβίβασης θερμότητας είναι πολύ χαμηλότερος. Για φυσική κυκλοφορία αέρα, κυμαίνεται από 5 έως 16 (kcal/m<sup>2</sup> . h . grad) για NH<sub>3</sub> και από 5 έως 12 (kcal/m<sup>2</sup> . h . grad) για R12. Στην εξαναγκασμένη κυκλοφορία υπάρχει μια βελτίωση στις τιμές του συντελεστή, που είναι 10-20 (kcal/m<sup>2</sup> . h . grad) για NH<sub>3</sub> και 8-15 (kcal/m<sup>2</sup> . h . grad) για R12. Οι μικρότερες τιμές ισχύουν γενικά για τις πτερυγοφόρες σωληνώσεις και για θερμοκρασίες κάτω από 0 °C.

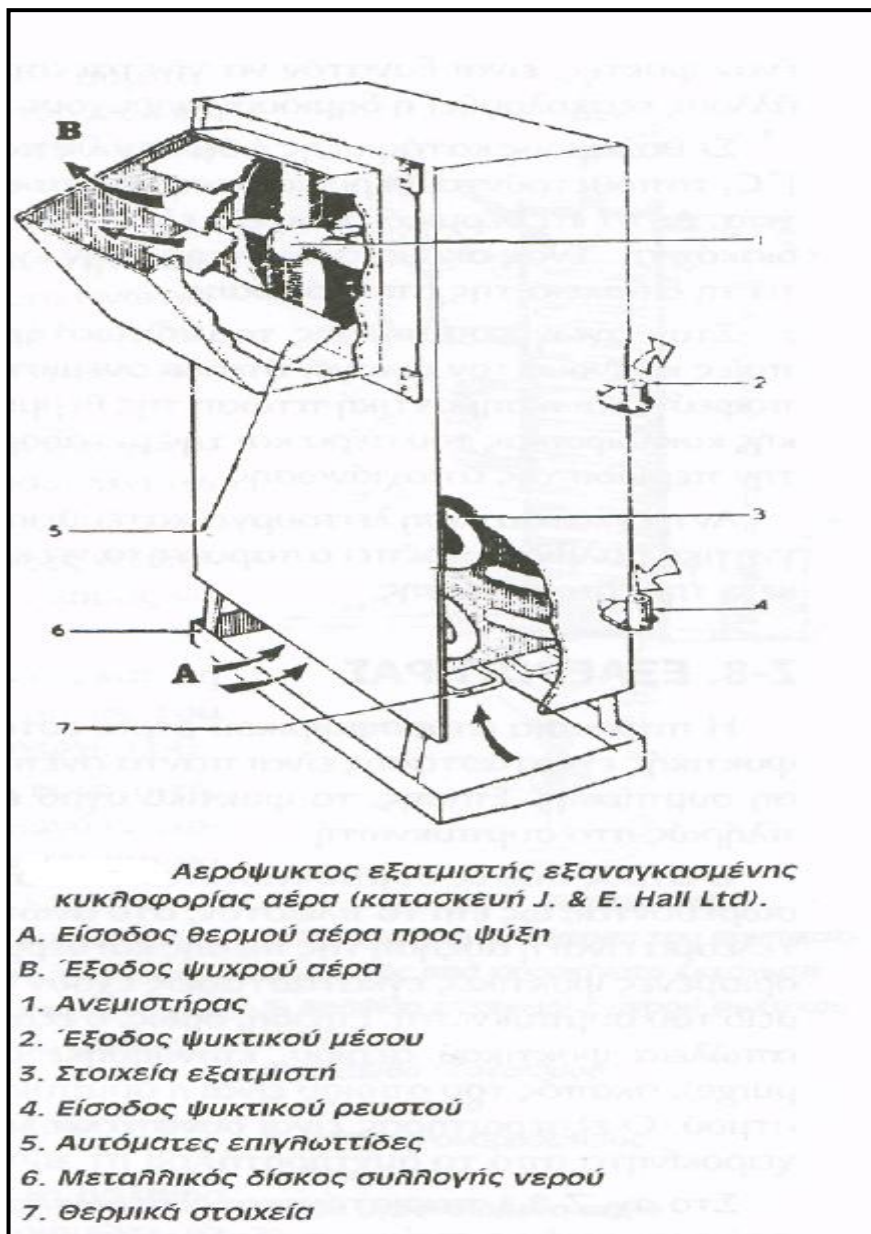
Η δημιουργία πάγου στην επιφάνεια του εξατμιστή επιδεινώνει κατά πολύ τη μετάδοση θερμότητας. Έτσι, 1 (cm) πάγου μειώνει το συντελεστή μεταβίβασης θερμότητας κατά το μισό. Για το λόγο αυτό, πρέπει να γίνεται τακτική αποχιόνωση του εξατμιστή, η οποία επιτυγχάνεται συνήθως με την περιοδική λειτουργία αποψυκτικών κυκλωμάτων. Ως πηγή θερμότητας για την τήξη των πάγων χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια, ζεστό νερό, θερμό αέριο από το συμπιεστή (το οποίο, στην περίπτωση αυτή, δε διέρχεται από το συμπυκνωτή, αλλά οδηγείται κατευθείαν στον εξατμιστή) ή συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων.

### **3.8.1. Περιγραφή αερόψυκτου εξατμιστή**

Ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή αερόψυκτου εξατμιστή, τύπου “M” κατασκευής J.& E.Hall Ltd. (βλ. σχ.3.9. Αυτός ο τύπος εξατμιστή κατασκευάστηκε με σκοπό την καλύτερη και ομοιόμορφη κυκλοφορία θερμότητας μέσα στο θάλαμο.

Κάθε εξατμιστής (που στην προκειμένη περίπτωση ονομάζεται ψύκτης αέρα, air cooler) τοποθετείται μέσα στο θάλαμο. Ο ατμοσφαιρικός αέρας που υπάρχει κυκλοφορεί μέσω ανεμιστήρα με τον τόπο που εξηγούμε στη συνέχεια.

Ο ψύκτης αυτός αποτελείται από μία σειρά χαλύβδινων σωλήνων, που εμπερικλείονται σε ένα επίσης χαλύβδινο στεγανό κιβώτιο με ανοίγματα στην κάτω και άνω πλευρά του κιβωτίου. Το κιβώτιο αυτό είναι συνδεδεμένο με κοχλίες κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η αποσύνδεσή του σε περίπτωση ανάγκης.



**Σχήμα 3.9:** Αερόψυκτος Εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα

Στην κάτω πλευρά και σε ορισμένη απόσταση από τον πυθμένα του κιβωτίου τοποθετείται μεταλλικός δίσκος, ο οποίος σκοπό έχει τη συσσώρευση της υγρασίας ή των τεμαχίων του πάγου που τήκεται, κατά την αποχιόνωση του εξατμιστή, και τη μεταφορά του πάγου, μέσω αγωγού, στην κεντρική αποχέτευση του θαλάμου.

Ο ψύκτης έχει στην άνω πλευρά στεγανό ανεμιστήρα, ο οποίος αναρροφά αέρα από την κάτω πλευρά του κιβωτίου και τον συμπιέζει μέσω αγωγού που έχει διάταξη κατάλληλη, ώστε να δίνεται η επιθυμητή κατεύθυνση της ροής του αέρα.

Ο ψύκτης του σχήματος αυτού τοποθετείται στη μία πλευρά του θαλάμου και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία πάγου γύρω από τα στοιχεία, για την καλή απόδοση του ψύκτη. Το πάχος του πάγου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 3-3,5 (mm).

Στους ψύκτες τύπου “M” που είναι τοποθετημένοι σε θαλάμους συντήρησης στους οποίους η θερμοκρασία δεν κατεβαίνει κάτω από τους 35 (°F) 2(°C), η αποχιόνωση γίνεται με περιστροφή του διακόπτη στη θέση « Defrost ». Έτσι επιτυγχάνεται το κλείσιμο της μαγνητικής βαλβίδας, ενώ ο ανεμιστήρας εξακολουθεί να λειτουργεί.

Στην περίπτωση που η εγκατάσταση εξυπηρετείται από περισσότερους από έναν ψύκτες, είναι δυνατόν να γίνεται αποχιόνωση του ενός ψύκτη, ενώ στους άλλους εξακολουθεί η δημιουργία ψύχους.

Σε θαλάμους κατάψυξης ή θαλάμους που διατηρούν θερμοκρασία κάτω από 2(°C) τοποθετούνται θερμικά στοιχεία, τα οποία εφάπτονται με τα ψυκτικά στοιχεία. Αυτά τα θερμικά στοιχεία είναι ηλεκτρικές αντιστάσεις και λειτουργούν με διακόπτη. Ένας ακόμα διακόπτης στην εγκατάσταση κρατά τον ανεμιστήρα κατά τη διάρκεια της αποχιόνωσης.

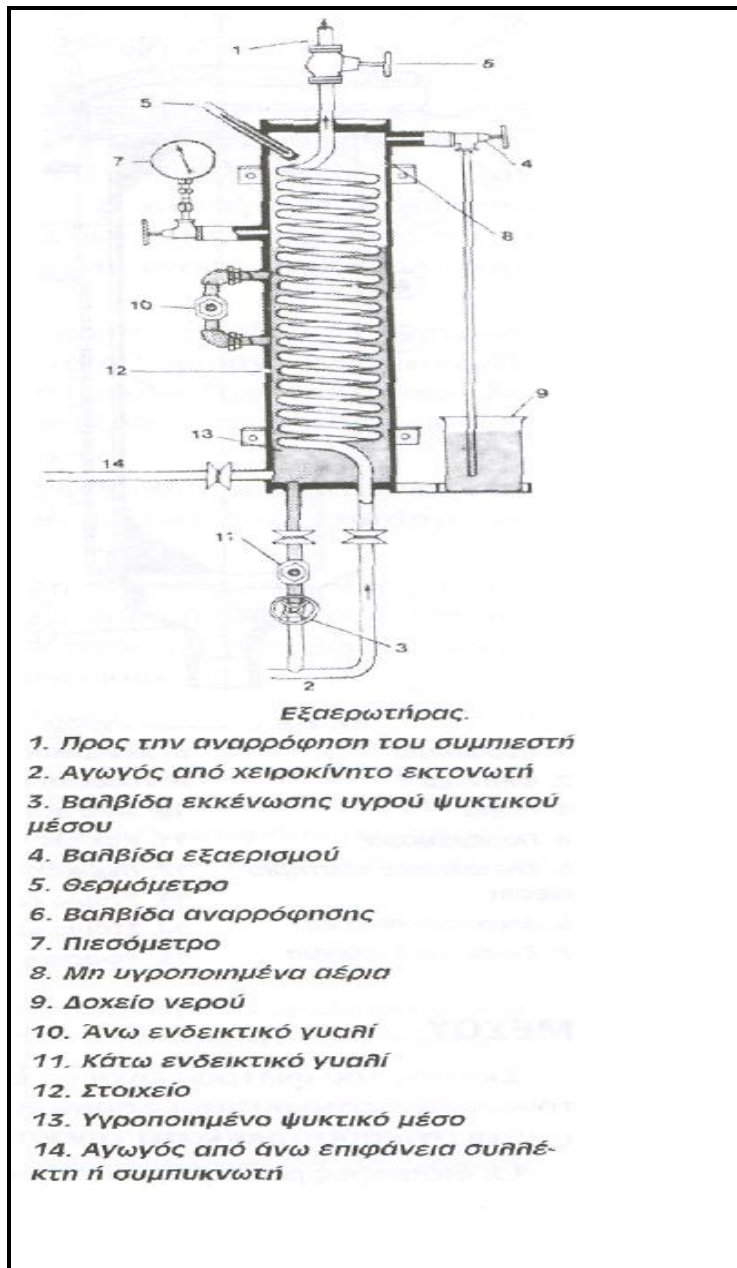
Στον αγωγό συμπίεσης του ανεμιστήρα τοποθετούνται επιγλωτίδες, οι οποίες κλείνουν τον αγωγό, όταν ο ανεμιστήρας είναι εκτός λειτουργίας. Έτσι, αποφεύγεται η σημαντική πτώση της θερμοκρασίας του θαλάμου λόγω της φυσικής κυκλοφορίας του αέρα και της μετάδοσης θερμότητας από ακτινοβολία κατά την περίοδο της αποχιόνωσης.

Αν η εγκατάσταση λειτουργεί κατευθείαν με θερμοστατικό διακόπτη χωρίς μαγνητική βαλβίδα, πρέπει απαραίτητα να κρατείται η εγκατάσταση κατά τη διάρκεια της αποχιόνωσης.

### 3.9 Εξαερωτήρας

Η παρουσία ατμοσφαιρικού αέρα, έστω και απόλυτα ξηρού, στο δίκτυο μιας ψυκτικής εγκατάστασης είναι πάντα ανεπιθύμητη, διότι παρουσιάζει υψηλή πίεση συμπίεσης. Επίσης, το ψυκτικό υγρό είναι δυνατόν να μην έχει υγροποιηθεί πλήρως στο συμπυκνωτή.

Ο ατμός που δε συμπυκνώνεται και ο ατμοσφαιρικός αέρας (αν υπάρχει) συσσωρεύονται, ως επί το πλείστον, στο ανώτατο σημείο του συμπυκνωτή. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της πίεσης και θερμοκρασίας συμπίεσης. Για το λόγο αυτό ορισμένες ψυκτικές εγκαταστάσεις έχουν δικλείδες εξαερισμού στο ανώτατο σημείο του συμπυκνωτή. Επειδή, όμως, ο εξαερισμός του συστήματος



Σχήμα 3.10: Αεξαερωτήρας



προϋποθέτει απώλεια ψυκτικού αερίου, επινοήθηκε ο εξαερωτήρας (Non-condensable gas purge), σκοπός του οποίου είναι η συμπύκνωση του μη υγροποιημένου ψυκτικού ατμού.

Ο εξαερωτήρας είναι δυνατό να λειτουργεί αυτόματα ή κατά περιόδους χειροκίνητα από το συντηρητή.

Στο σχ.3.10 παριστάνεται εξαερωτήρας με μη αυτόματη λειτουργία. Όπως φαίνεται από το σχήμα, η έξοδος του ψυκτικού υγρού οδεύει από το συλλέκτη προς τον εκτονωτή. Από τον εκτονωτή το ψυκτικό μέσο, σε μορφή κορεσμένου ατμού, περνά μέσα από οφιοειδή σωλήνα και κατόπιν οδηγείται προς την αναρρόφηση. Αυτός ο οφιοειδής σωλήνας βρίσκεται μέσα σε δοχείο που ονομάζεται εξαερωτήρας.

Μέσα στον εξαερωτήρα συσσωρεύονται ο αέρας και ο μη υγροποιημένος ατμός, τόσο από το άνω μέρος του συμπυκνωτή όσο και από το άνω μέρος του συλλέκτη. Στον εξαερωτήρα ο ατμός αποβάλλει τη θερμοκρασία του στα τοιχώματα του οφιοειδή σωλήνα και υγροποιείται.

Δύο ενδεικτικά γυαλιά δείχνουν την παρουσία υγρού ψυκτικού ρευστού. Στο ανώτατο σημείο του εξαερωτήρα υπάρχει δικλείδα, με την οποία αφαιρείται ο ατμοσφαιρικός αέρας που τυχόν υπάρχει.

Η αφαίρεση του αέρα, όπως και η συμπύκνωση του μη υγροποιημένου ατμού, γίνεται κατά περιόδους ως εξής:

Αρχικά συνιστάται όλες οι δικλείδες να παραμένουν κλειστές και ο αεριοκαθαρισμός να γίνεται μεμονωμένα. Στη συνέχεια:

Ανοίγουμε τη βαλβίδα (1) καθώς και τη βαλβίδα που βρίσκεται στο άνω μέρος του συλλέκτη όπου συνδέεται με τον αγωγό (14).

Χειρίζομαστε το χειροκίνητο εκτονωτή, που συνδέει το συλλέκτη με τον αγωγό (2), ώστε υγρό ψυκτικό μέσο να εξατμιστεί και να ψύξει το χώρο του εξαερωτή.

Όταν υγρό ψυκτικό μέσο εμφανιστεί στο άνω ενδεικτικό γυαλί, κλείνουμε τον εκτονωτή και ανοίγουμε τη βαλβίδα εκκένωσης (3). Έτσι, το υγροποιημένο ψυκτικό μέσο αναρροφάτε από το συμπιεστή.

Όταν η στάθμη του υγρού εμφανιστεί στο κάτω ενδεικτικό γυαλί, κλείνουμε τη βαλβίδα εκκένωσης (3) και ανοίγουμε τη βαλβίδα εξαερισμού (4). Έτσι, τα μη υγροποιημένα αέρια εξέρχονται στην ατμόσφαιρα μέσω στήλης νερού. Σκοπός του νερού είναι να μην επιτρέπει την είσοδο ατμοσφαιρικού αέρα στο σύστημα.

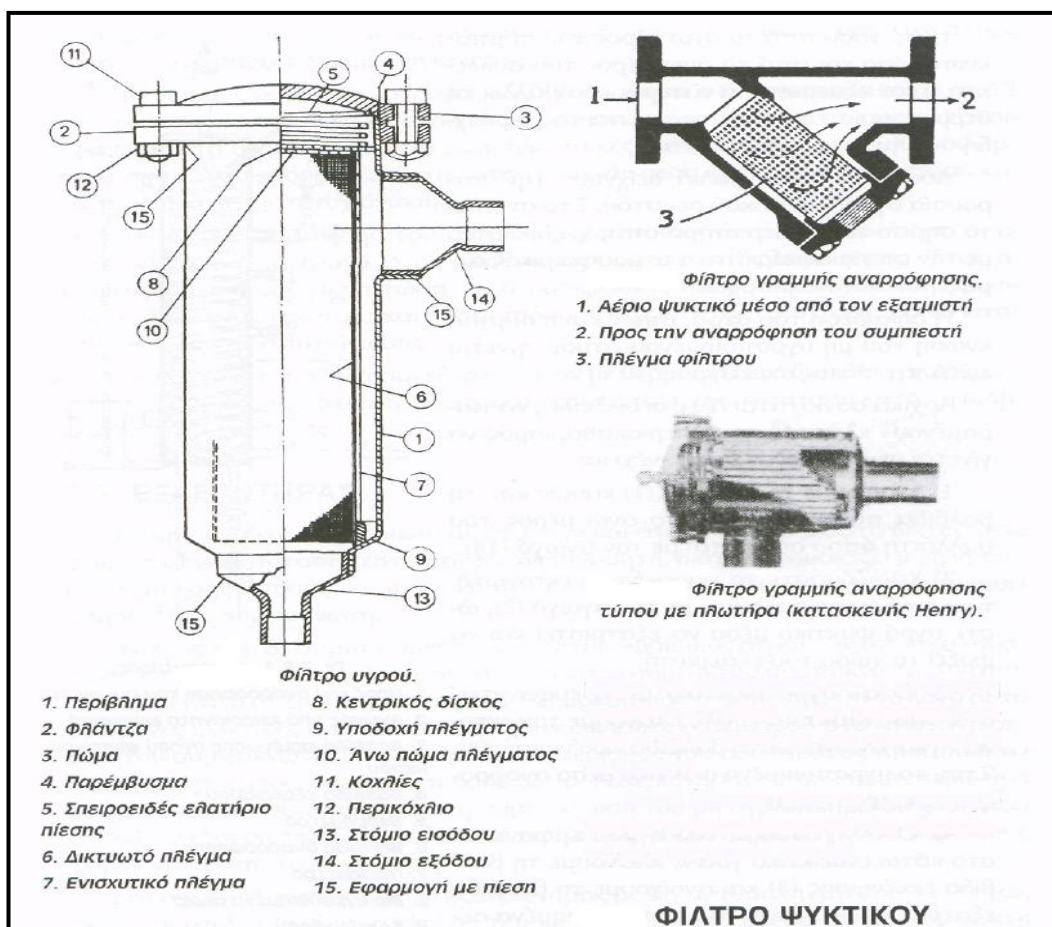
Αφού κλείσουμε τη βαλβίδα εξαερισμού, επαναλαμβάνουμε την πλήρωση του εξαερωτή, μέχρι να εξαλειφθεί και η ελάχιστη ποσότητα αέρα ή μη υγροποιημένου ατμού από το συμπυκνωτή ή συλλέκτη. Αυτό διαπιστώνεται, αν συγκρίνουμε τη θερμοκρασία του εξαερωτή με την πίεση αυτού.

### **3.10 Φίλτρο Ψυκτικού Μέσου**

Σκοπός του φίλτρου είναι να διατηρεί το όλο ψυκτικό σύστημα κατά το δυνατόν καθαρό από ρυπαρές ουσίες, ρινίσματα κ.λ.π, που δημιουργούνται και εισέρχονται στο σύστημα κατά την κατασκευή του ή κατά τις διάφορες επισκευές.

Οι διάφορες ρυπαρές ουσίες, αν δεν κρατηθούν στο φίλτρο, επικάθονται στα διάφορα σημεία του συστήματος (ιδίως στο συμπιεστή και στα όργανα ελέγχου), προκαλώντας ανωμαλίες στη λειτουργία, ακόμη και πλήρη φραγμό.

Το φίλτρο υγρού ή φίλτρο γραμμής (Liquid strainer) δε διαφέρει συνήθως από τα κοινά φίλτρα με πλέγμα που χρησιμοποιούνται σε διάφορες εγκαταστάσεις. Η ονομασία του οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιείται πάντα στην υγρή γραμμή.



**Σχήμα 3.11: Φίλτρο Ψυκτικού**

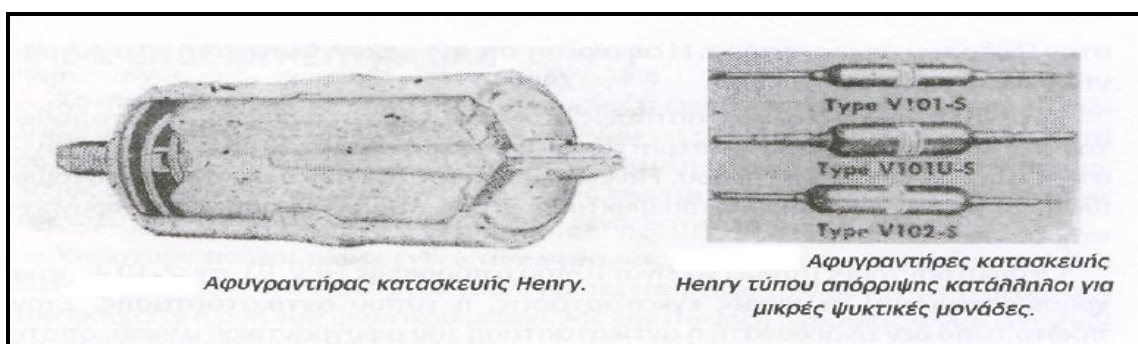
Τα φίλτρα πρέπει απαραίτητα να καθαρίζονται κατά περιόδους. Για τον καθαρισμό αποσυνδέεται το δικτυωτό, βυθίζεται σε τετραχλωριούχο άνθρακα ή άλλο παρεμφερές και κατόπιν εμφυσάτε με πεπιεσμένο αέρα. Πριν την αποσύνδεση επιβάλλεται το κλείσιμο των δικλιδίων εισόδου και εξόδου που υπάρχουν πριν και μετά το φίλτρο.

Αφού τοποθετηθεί το δικτυωτό, πριν τη σύνδεση του πάματος του φίλτρου πρέπει να ανοίξουμε ελαφρώς τις δικλίδες για τον εξαερισμό του χώρου. Επίσης, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή ώστε το φίλτρο, πριν την τοποθέτηση, να είναι τελείως ξηρό, δηλαδή απαλλαγμένο από κάθε υγρασία.

Τέλος, είναι σκόπιμο το φίλτρο υγρού να συνδέεται κατά τέτοιον τρόπο, στη γραμμή που συνδέει το συμπυκνωτή (ή το δοχείο συλλογής υγρού ψυκτικού μέσου, αν υπάρχει) με τον εξατμιστή, ώστε η ροή του υγρού μέσα στο φίλτρο να γίνεται από πάνω προς τα κάτω. Με αυτόν τον τρόπο στην εκτονωτική βαλβίδα φτάνει μόνο υγρό ψυκτικό μέσο, καθώς στη θέση αυτή δεν μπορούν να σχηματιστούν ατμοί ψυκτικού μέσου μέσα στο φίλτρο, γεγονός που μπορεί να συμβεί, αν η ροή είναι οριζόντια ή από κάτω προς τα πάνω.

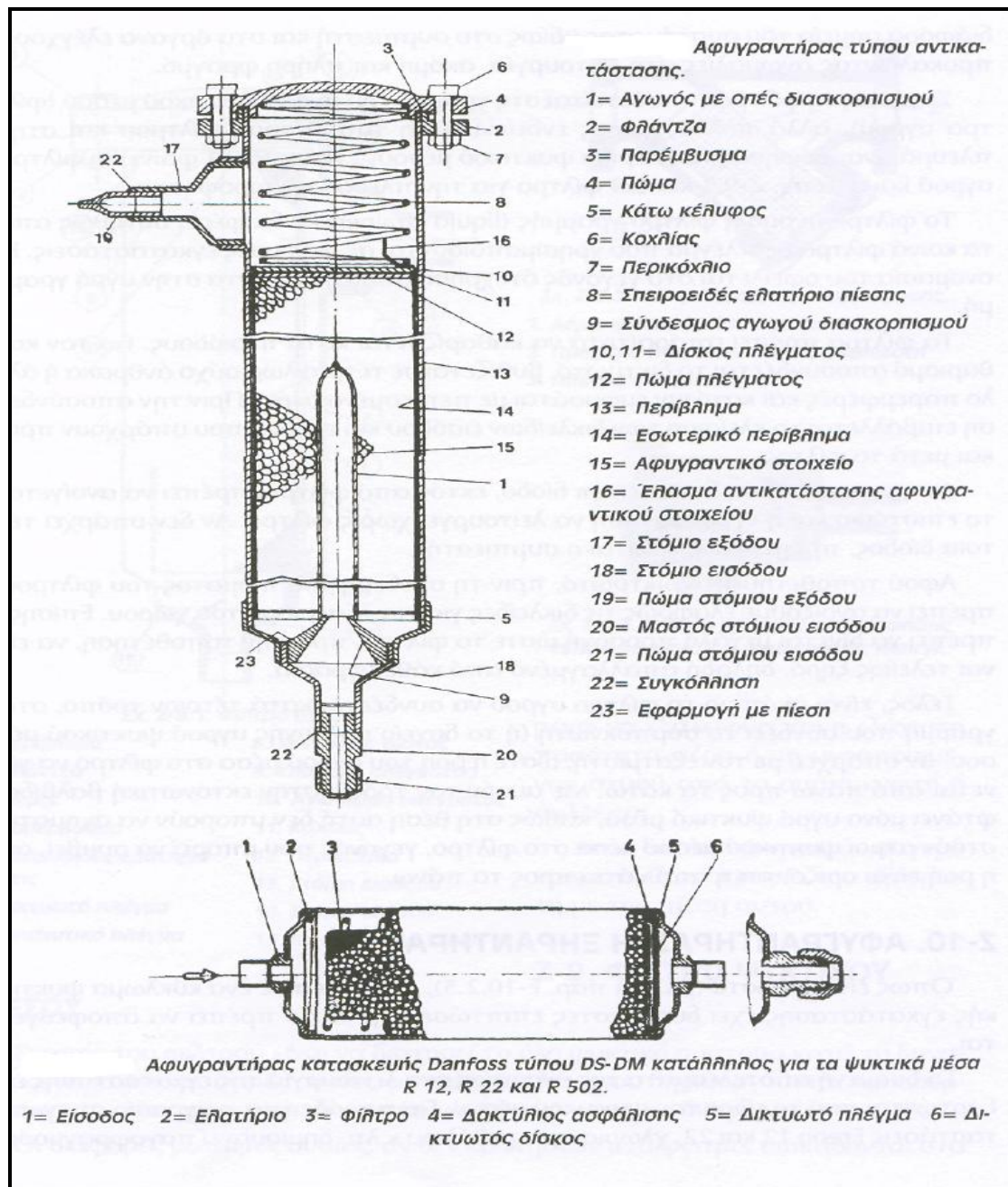
### **3.11 Αφυγραντήρας ή Ξηραντήρας**

Τα δυσμενή αποτελέσματα της υγρασίας στη λειτουργία της εγκατάστασης εξαρτώνται από το είδος του ψυκτικού μέσου. Για παράδειγμα, η υγρασία σε εγκαταστάσεις Freon 12 και 22, χλωριούχου μεθυλίου κ.λ.π. δημιουργεί παγοφραγμούς στις διόδους των θερμοστατικών και εκτονωτικών βαλβίδων κ.λ.π. Σε μία εγκατάσταση διοξειδίου του θείου, η υγρασία δημιουργεί σοβαρές οξειδώσεις και διαβρώσεις των εξαρτημάτων, ενώ η παρουσία υγρασίας σε εγκαταστάσεις αμμωνίας έχει λιγότερο βλαβερή επίδραση, διότι το νερό και η αμμωνία αναμειγνύονται σε κάθε σχέση αναλογίας.



**Σχήμα 3.11: Αφυγραντήρας Κτασκευής τύπου Henry**

Για να προστατεύεται η εγκατάσταση από την υγρασία, επινοήθηκαν ειδικά φίλτρα που ονομάζονται “αφυγραντήρες” ή “ξηραντήρες” (filter driers). Τοποθετούνται συνήθως στην υγρή γραμμή μεταξύ συλλέκτη και εξατμιστή, διότι εκεί έχουν καλύτερη απόδοση.



**Σχήμα 3.12: Αφυγραντήρας Κατασκευής Danfoss**

Ορισμένες εγκαταστάσεις διαθέτουν αφυγραντήρα και στην αναρρόφηση του συμπιεστή για την πλήρωση του συστήματος με ψυκτικό μέσο. Σε εγκαταστάσεις αμμωνίας ο αφυγραντήρας συνήθως δε λειτουργεί συνεχώς, παρά μόνο όταν διαπιστωθεί ύπαρξη υγρασίας στο δίκτυο ή για να γίνει πλήρωση του συστήματος.

Ο αφυγραντήρας είναι ένας ελασμάτινος κύλινδρος, μέσα στον οποίο αποθηκεύεται αφυγραντικό υλικό. Αυτό το υλικό είναι συνήθως Silica gel ( $\text{Si O}_2$ ), ενεργό αλουμίνιο (Tonerde) και χλωριούχο ασβέστιο ( $\text{Ca}_3 \text{CL}$ ). Το τελευταίο χρησιμοποιούνταν περισσότερο παλαιότερα και κυρίως εγκαταστάσεις  $\text{SO}_2$  (R764) και R40, δε συνιστάται, όμως, για γενική χρήση, διότι όταν κορεστεί από υγρασία, αποσυντίθεται και κυκλοφορεί μέσα στο δίκτυο. Συνήθως χρησιμοποιείται αρχικά μετά από μία επισκευή, για να απορροφήσει την πρόσθετη υγρασία που εισχωρεί στο σύστημα. Πάντως, γενικά η χρήση του δεν πρέπει να γίνεται για περισσότερες από 24 έως 48 ώρες. Στους αφυγραντήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα το αφυγραντικό υλικό διατηρεί την κρυσταλλική του μορφή, ακόμη και όταν είναι κορεσμένο με υγρασία. Στα σχ16 έως 17 φαίνονται διάφοροι τύποι αφυγραντήρων.

Για να μην παρασύρονται τα τεμάχια του αφυγραντικού υλικού από το ψυκτικό μέσο, τοποθετείται ένα λεπτό μεταλλικό πλέγμα τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο του αφυγραντήρα. Η αφαίρεση της υγρασίας γίνεται από το αφυγραντικό υλικό με απορρόφηση.

Σε μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις, πριν και μετά τον αφυγραντήρα τοποθετούνται επιστόμια, ώστε, σε περίπτωση αντικατάστασης αυτού, να είναι ελάχιστη η απώλεια ψυκτικού μέσου. Πολλές φορές τοποθετείται και άλλο επιστόμιο (δίοδος), για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου παράλληλα προς τον αφυγραντήρα.

Οι αφυγραντήρες μπορεί να είναι τύπου **απόρριψης** (π.χ. βλ. σχ.16 που χρησιμοποιούνται σε μικρές εγκαταστάσεις, ή τύπου **αντικατάστασης**. Στον πρώτο τύπο δεν είναι δυνατή η αντικατάσταση του αφυγραντικού υλικού, οπότε είναι απαραίτητη η αντικατάσταση όλου του αφυγραντήρα. Αντίθετα, στο δεύτερο τύπο αντικαθίσταται μόνο το αφυγραντικό υλικό.

Δεν μπορεί να προκαθοριστεί η διάρκεια ζωής των αφυγραντήρων και τα χρονικά διαστήματα κατά τα οποία πρέπει να γίνεται αντικατάσταση του αφυγραντικού υλικού. Πάντως, μετά από μία γενική επισκευή της εγκατάστασης, ο αφυγραντήρας θα πρέπει να αντικατασταθεί μετά την πάροδο 10-30 ωρών συνεχούς λειτουργίας, διότι στην περίπτωση αυτή, θα έχει εντωμεταξύ απορροφήσει την υγρασία από το κύκλωμα και θα έχει αφαιρέσει τα οξέα και τις διάφορες ρυπαρές ουσίες ενεργώντας και ως φίλτρο υγρού.

Σε περίπτωση έλλειψης αφυγραντικού υλικού ή και για εξοικονόμηση αυτού, μπορεί να γίνει ενεργοποίηση αυτού που ήδη χρησιμοποιείται. Αυτό γίνεται με θέρμανση του στοιχείου σε χώρο που αερίζεται με θερμοκρασία 120-200 ( $^{\circ}\text{C}$ ) για 12 ώρες περίπου. Κατόπιν τοποθετείται αμέσως, όσο είναι ακόμη θερμό.

Η ποσότητα του αφυγραντικού υλικού που πρέπει να χρησιμοποιείται σε κάθε αφυγραντήρα εξαρτάται από την αφυγραντική ικανότητα του υλικού, από την ψυκτική ισχύ της εγκατάστασης και από το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται. Έτσι, η χωρητικότητα των αφυγραντήρων αυξάνεται, όσο αυξάνεται η ψυκτική ισχύς, και σε εγκαταστάσεις με R22 είναι 3 έως 5 φορές μεγαλύτερη, απ' ό,τι σε εγκαταστάσεις με R12 και με την ίδια ψυκτική ισχύ.

### **3.12 Ενδεικτής Υγρασίας**

Το συνηθισμένο πρόβλημα που παρουσιάζει ένας αφυγραντήρας είναι η απώλεια της ικανότητας του ξηρού του στοιχείου να απορροφά την υγρασία. Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να ελέγχεται η ύπαρξη υγρασίας στην εγκατάσταση. Αυτός ο έλεγχος σε μερικές εγκαταστάσεις γίνεται από ένα όργανο παρόμοιο με τον αφυγραντήρα, το οποίο ονομάζεται “ενδεικτής υγρασίας. Υπάρχουν πολλοί τύποι ενδεικτών υγρασίας, οι οποίοι έχουν σχεδόν την ίδια λειτουργία. Έτσι, ένα ενδεικτικό γυαλί βρίσκεται πάνω στο όργανο και μέσω αυτού φαίνεται η ροή του ψυκτικού μέσου. Με την ύπαρξη υγρασίας αλλάζει ο χρωματισμός του ρευστού του ενδείκτη.

### **3.13 Εναλλακτής Θερμότητας**

Ο ατμός του ψυκτικού μέσου, όταν βγαίνει από τον εξατμιστή, έχει χαμηλή θερμοκρασία (ανάλογα με το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται και την πίεση που επικρατεί). Ανάλογα με τον τύπο του εξατμιστή μπορεί να περιέχει και ένα ποσοστό υγρού ψυκτικού μέσου (βαθμός υγρότητας 0,1-0,2). Αν το σύστημα έχει περισσότερο ψυκτικό μέσο απ' όσο θα έπρεπε, είτε κατά την εκκίνηση του συμπιεστή, όπου ο εξατμιστής είναι πλήρης, είτε σε ψυχρά κλίματα, όπου η θερμοκρασία της θάλασσας και του περιβάλλοντος είναι πολύ χαμηλή, τότε ο βαθμός υγρότητας του ψυκτικού μέσου ανεβαίνει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία χτύπων στον κύλινδρο του συμπιεστή και τον κίνδυνο καταστροφής των βαλβίδων, ενώ ακόμη πέφτει ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα.

Στην πλευρά υψηλής πίεσης το ψυκτικό μέσο, όταν βγαίνει από το συμπυκνωτή, χάνει τη θερμότητα υπερθέρμανσης και τη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης και συμπυκνώνεται. Στη θέση αυτή η θερμοκρασία του υγρού ψυκτικού μέσου είναι πολύ υψηλή.

Για την αύξηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού μέσου στη χαμηλή πλευρά (και αντίστροφα προς τη θερμοκρασία στην υψηλή πλευρά), ώστε να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης (οικονομικότερη λειτουργία) και να αποφευχθεί η παγοποίηση στις σωληνώσεις αναρρόφησης, χρησιμοποιείται ο εναλλάκτης θερμότητας (heat exchanger), με τον οποίο μεταβιβάζεται ένα ποσό θερμότητας από το θερμό υγρό ψυκτικό μέσο στο ψυχρό αέριο.

Διακρίνουμε 2 τύπους εναλλάκτη θερμότητας:

α) **Διαυλωτός**: μέσα από κυλινδρικό αγωγό διέρχεται ο αγωγός αναρρόφησης, γύρω από τον οποίο κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο της υψηλής πλευράς. Ο εσωτερικός αγωγός έχει οπές διέλευσης ή πτερύγια για την αφαίρεση της ανάλογης θερμότητας.

β) **Με επαφή**: στον τύπο αυτόν έρχονται σε επαφή οι δύο αγωγοί υψηλής και χαμηλής πλευράς, οι οποίοι προστατεύονται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος με μονωτικό υλικό. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις όπου οι ψυκτικοί θάλαμοι βρίσκονται μακριά από την ψυκτική μονάδα, σε μικρές εγκαταστάσεις οικιακού τύπου κ.λ.π.

### **3.14 Αντλία Ψυκτικού Μέσου**

Γενικά, στις ψυκτικές εγκαταστάσεις δε χρησιμοποιείται αντλία για την κίνηση του ψυκτικού μέσου, διότι αυτό, στα τμήματα της εγκατάστασης όπου βρίσκεται σε αέρια μορφή, κινείται λόγω της διαφοράς πίεσης που υπάρχει, ενώ στον εξατμιστή εισέρχεται συνήθως το υγροποιημένο ψυκτικό μέσο με τη βοήθεια και της βαρύτητας.

Σε μερικές περιπτώσεις, όμως, ιδίως σε εγκαταστάσεις μεγάλης έκτασης, η ροή του ψυκτικού μέσου στο κύκλωμα υποβοηθείται από ειδικές αντλίες που τοποθετούνται στη γραμμή μεταξύ εκτονωτικής βαλβίδας και εξατμιστή.

Τελευταία, οι αντλίες αυτές κατασκευάζονται ημερημιακού τύπου και έχουν σχετικά μικρές διαστάσεις και βάρος, ώστε να μπορούν να τοποθετούνται κατευθείαν στη γραμμή, χωρίς να απαιτούνται ειδικές βάσεις στήριξης.

Η δυνατότητα παροχής των αντλιών ψυκτικού μέσου πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη από την ποσότητα ψυκτικού μέσου που ωριαία εξατμίζεται, ώστε να εξασφαλίζεται το γεγονός ότι θα ωθείται περισσότερο υγρό ψυκτικό μέσο απ' όσο αέριο, με σκοπό την καλύτερη εκμετάλλευση της επιφάνειας του εξατμιστή. Ως ενδεικτικά μεγέθη για την παροχή μπορούν να ληφθούν τα ακόλουθα, ανάλογα με το ψυκτικό μέσο:

<b>Ψυκτικό μέσο</b>	<b>Παροχή (lt/h) ανά 1000 (Kcal/h) ψυκτικό φορτίο</b>
<b>R 717</b>	<b>20</b>
<b>R 22</b>	<b>60</b>
<b>R 12</b>	<b>70</b>

### **3.15 Διακόπτες Δικτύου**

Για την απομόνωση διαφόρων εξαρτημάτων ή τμημάτων μιας ψυκτικής εγκατάστασης από την υπόλοιπη εγκατάσταση, προκειμένου να διευκολυνθούν εργασίες συντήρησης και επισκευών, χρησιμοποιούνται διακόπτες που τοποθετούνται π.χ. μετά το συλλέκτη, πριν τη μαγνητική βαλβίδα, πριν και μετά τις εκτονωτικές βαλβίδες και τους αφυγραντήρες κ.λ.π.

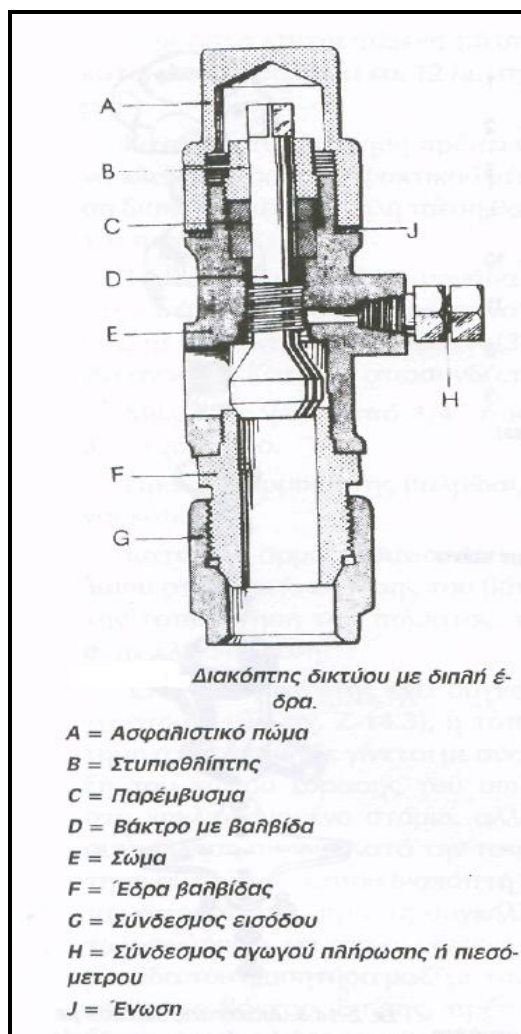
Στη συνέχεια περιγράφονται διάφοροι τύποι διακοπών.

Οι διακόπτες του τύπου του σχ. 3.13. ονομάζονται “με διπλή έδρα” και κατασκευάζονται συνήθως από ορείχαλκο ή χυτοσίδηρο με ανοξειδωτο βάκτρο και βαλβίδα.

Τοποθετούνται στην αναρρόφηση και συμπίεση του συμπιεστή, ενώ επίσης χρησιμοποιούνται ως διακόπτες δικτύου σε μεγάλες εγκαταστάσεις.

Αυτοί οι διακόπτες έχουν συνήθως διπλή έδρα: η εμπρόσθια και κυρίως έδρα της βαλβίδας συνδέει τους δύο αγωγούς (είσοδος- έξοδος), ενώ η οπίσθια διακόπτει ή συνδέει το ψυκτικό μέσο με τον αγωγό (H), ο οποίος χρησιμοποιείται για τη σύνδεση πιεσόμετρων, την πλήρωση ή τον εξαερισμό συστήματος, τη σύνδεση πιεσοστατικού διακόπτη κ.λ.π.





**Σχήμα 3.13: Διακόπτης Δικτύου**

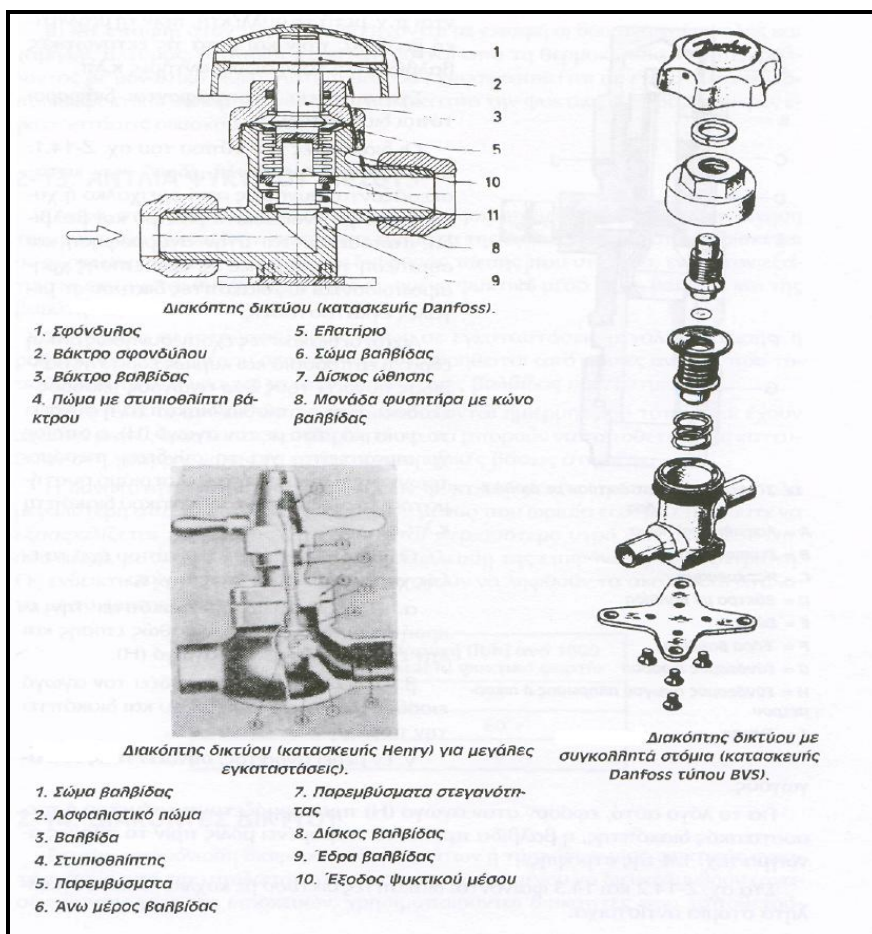
Ο διακόπτης αυτού του τύπου έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

α. Πλήρως κλειστός, διακόπτει την εκροή στον αγωγό εξόδου καθώς επίσης και την επικοινωνία με τον αγωγό (H).

β. Πλήρως ανοιχτός, συνδέει τον αγωγό εισόδου με τον αγωγό εξόδου και διακόπτει την παροχή στον αγωγό (H).

γ. Εν μέρει ανοιχτός, συνδέει τους δύο αγωγούς.

Για το λόγο αυτό, εφόσον στον αγωγό (H) προσαρμόζεται πιεσόμετρο ή πιεσοστατικός διακόπτης, η βαλβίδα πρέπει να παραμένει μόλις πριν το πλήρες άνοιγμα π.χ. ¼ της στροφής.



**Σχήμα 3.14: Διακόπτες Δικτύου**

Στα σχ.3.14α και 3.14β φαίνονται διακόπτες δικτύου με κοχλιωτά και συγκολλητά στόμια αντίστοιχα.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση των διακοπών αυτών είναι 30 (at) στο χώρο κάτω από τη βαλβίδα και 12 (at) στην πλευρά του διαφράγματος και του φουσητήρα .

Κατά την τοποθέτηση πρέπει να δίνεται προσοχή, ώστε ο κώνος της βαλβίδας να κλείνει τη ροή του ψυκτικού μέσου, όπως δείχνει το τόξο.

Επίσης, η τοποθέτηση διακόπτη στη χαμηλή πίεση θα πρέπει να γίνεται σε θέση όπου δε δημιουργείται πάγος.

Το διάφραγμα ή όλη η μονάδα του φουσητήρα μπορούν να αντικατασταθούν. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αποσυνδεθεί ο σφόνδυλος (1) και το πώμα (5) μαζί με το βάκτρο της βαλβίδας (3). Πριν την αποσύνδεση η βαλβίδα πρέπει να είναι ανοιχτή . Κατόπιν αποσυνδέεται το διάφραγμα ή η μονάδα του φουσητήρα.

Μικρές βαλβίδες από 1/4'' έως 1/2 '' έχουν ένα διάφραγμα, ενώ από 5/8'' έως 3/4'' έχουν δύο.

Πριν την άρμωση της βαλβίδας πρέπει να ελέγχεται αν όλα τα εξαρτήματα είναι καθαρά. Κατά την άρμωση συνιστάται να ρίχνεται μία σταγόνα βαρίου λιπαντικού ελαίου στο σημείο έδρασης του βάρου και του διαφράγματος ή φυσητήρα. Πριν την τοποθέτηση

του πάματος, το βάρο της βαλβίδας πρέπει να στρέφεται στην κλειστή θέση. Όταν ο διακόπτης έχει συγκολλητά στόμια (βλ. σχ. 19β), η τοποθέτηση στη γραμμή δε γίνεται με σύσφιγξη του κώνου έδρασης του σωλήνα στο κοχλιοτομημένο στόμιο, αλλά με συγκόλληση αυτού. Κατά την τοποθέτηση αυτού του τύπου διακόπτη πρέπει απαραίτητα, πριν τη συγκόλληση των σωλήνων, να αποσυνδέσουμε τη μονάδα του φυσητήρα μαζί με τον κώνο και το βάρο. Επίσης, πρέπει να δίνεται προσοχή να μη θερμαίνεται ο διακόπτης, διότι υπερβολική θέρμανση είναι δυνατό να καταστρέψει την έδρα της βαλβίδας.

### **3.16 Βαλβίδα Αντεπιστροφής**

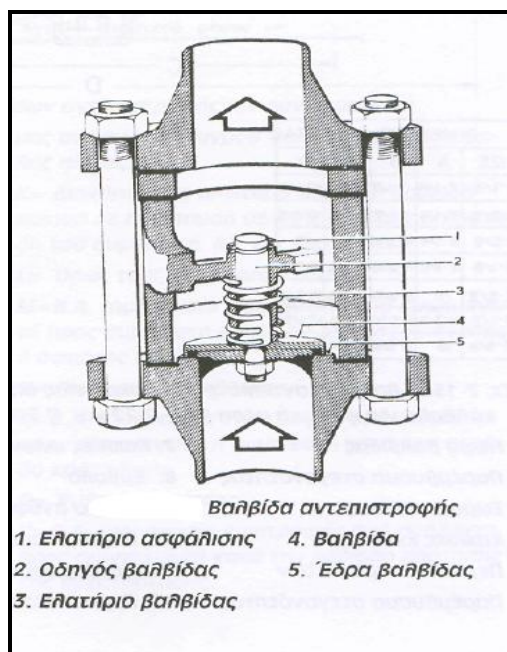
Σε μία ψυκτική εγκατάσταση χρησιμοποιούνται συχνά βαλβίδες αντεπιστροφής, οι οποίες επιτρέπουν τη ροή του ψυκτικού ρευστού κατά μία μόνο κατεύθυνση. Στο σχ. 20 φαίνεται μία τέτοια βαλβίδα σε τομή.

Σε κανονικές συνθήκες η πίεση του ψυκτικού ρευστού υπερνικά την αντίσταση του ελατηρίου (3) και ανυψώνει τη βαλβίδα (4). Μόλις η ροή του ψυκτικού ρευστού σταματήσει, η βαλβίδα ωθείται από το ελατήριο και επικάθεται στην έδρα της (5) εμποδίζοντας την αντίθετη κυκλοφορία του ρευστού.

Η βαλβίδα αποτελείται από δύο βασικούς δίσκους, μεταξύ των οποίων εφαρμόζεται ειδικό παρέμβυσμα για την καλή στεγανότητα της βαλβίδας. Στο σχ.20 παριστάνεται βαλβίδα αντεπιστροφής ακριβείας. Πρόκειται για μία βαλβίδα με έμβολο, το οποίο ανυψώνεται με τη διαφορά πίεσης μεταξύ εισαγωγής και εξαγωγής της βαλβίδας. Για να είναι πλήρης η ανακοπή απαιτείτε διαφορά πίεσης 1 psi.

Η βαλβίδα αυτή αποκλείει την αντίθετη ροή τόσο στην υψηλή όσο και στην χαμηλή πλευρά αερίου ή υγρού μέσου. Χρησιμοποιείται περισσότερο στα συστήματα αποχιόνωσης αλλά και στη γραμμή αναρρόφησης ή συμπίεσης του συμπιεστή.

Δε συνιστάται η χρήση της σε δίκτυα όπου η θερμοκρασία είναι κάτω από 25 (<sup>0</sup>F), διότι η παρουσία ελαίου δημιουργεί τότε προβλήματα λειτουργίας.



**Σχήμα 3.15: Βαλβίδα Αντεπιστροφής**

### **3.17 Θερμοστατική Εκτονωτική Βαλβίδα**

Ο σκοπός της βαλβίδας αυτής είναι η υποβίβαση και η ρυθμίζει την ποσότητα του ψυκτικού υγρού, το οποίο εισέρχεται στους ψυκτικούς εξατμιστές (οφιοειδείς σωλήνες).

Η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα είναι κατασκευασμένη και υπολογισμένη ώστε:

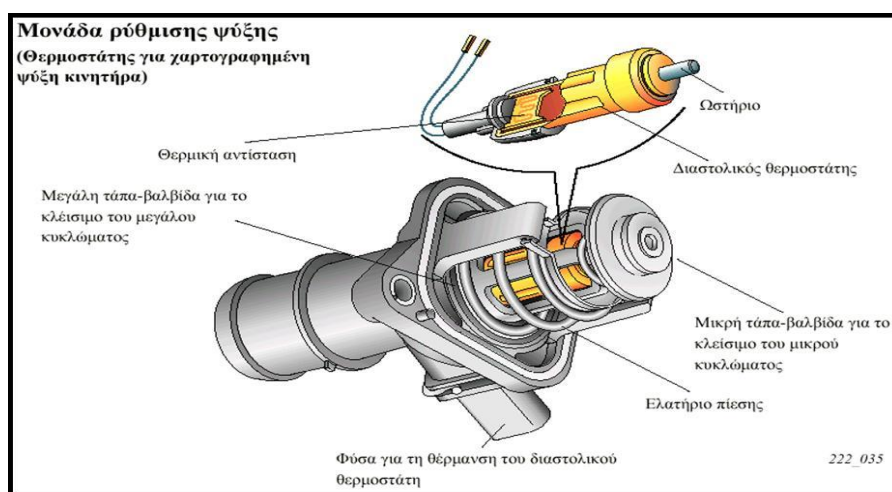
α.- Να τροφοδοτεί τον εξατμιστή με αρκετό ψυκτικό υγρό, για να καθιστά τούτο ικανό, όπως εργάζεται με το μέγιστο της αποδόσεως του αναλόγως της απαιτήσεως του θερμικού φορτίου.

β.- Όπως εμποδίζει την είσοδο ψυκτικού υγρού στον συμπιεστή.

Στο σχ. 3.16 φαίνεται η τομή μιας βαλβίδας που συνήθως χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις.

### 3.17.1 Λεπτομερής περιγραφή θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας

Το σχήμα δίδει το σκαρίφημα μιας θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας και ενός εξατμιστή, τα οποία έχουν ρυθμιστεί ώστε να λειτουργούν υπό θερμοκρασία ζέσεως (βρασμός)  $-225,15^{\circ}\text{C}$  με  $-12,222^{\circ}\text{C}$  υπερθέρμανση και αμελητέα πτώση πίεσης στον εξατμιστή. Η θερμοκρασία  $-225,15^{\circ}\text{C}$  έχει αντίστοιχη πίεση 2,55 bar περίπου εφ' όσον υπάρχει στον εξατμιστή μία ποσότητα υγρού οσονδήποτε μικρή. Η θερμοκρασία του ψυκτικού θα παραμείνει στους  $-225,15^{\circ}\text{C}$



**Σχήμα 3.16 : Λεπτομερής Περιγραφή Θερμοστατικής Εκτονωτικής Βαλβίδας**

Καθώς το υγρό πλησιάζει στο σημείο (B) του εξατμιστή, εξατμίζεται, λόγω της εκ του εξωτερικού περιβάλλοντος απορροφήσεως της θερμότητας. Η απορροφούμενη αυτή θερμότητα ισούται με την λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως του ψυκτικού.

Το ψυκτικό τώρα, σαν αέριο πλέον, συνεχίζει την πορεία του εντός του οφιοειδούς σωλήνα (εξατμιστής) υπό πίεση 2,55 bar μέχρι του σημείου (C). Η θερμοκρασία του κατά τη διαδρομή μεταξύ των σημείων B και C αυξάνεται λόγω της συνεχισθείσης απορροφήσεως θερμότητας υπό του εξατμιστή, εκ του εξωτερικού περιβάλλοντος αυτού.

Η ανύψωση αυτή της θερμοκρασίας αντιπροσωπεύει την υπερθέρμανση των  $-12,22^{\circ}\text{C}$  ( $10-4.4^{\circ}\text{C}$ ).

Δεδομένου ότι η θερμοκρασία του εξατμιστή στο σημείο C είναι  $10^{\circ}\text{C}$ , και ο θερμικός βολβός είναι συνδεδεμένος σ' αυτό ακριβώς το σημείο έπεται ότι η θερμοκρασία του εντός του βολβού Freon θα είναι κι αυτή.  $10^{\circ}\text{C}$

Αλλά η θερμοκρασία των  $10^{\circ}\text{C}$  στον βολβό επηρεάζει την πίεση αυτού εσωτερικώς και είναι ίση με 322,192 bar

Η πίεση αυτή δεικνυόμενη ως  $P_1$  εξασκείται επί της άνω επιφανείας του διαφράγματος της βαλβίδας.

Η πίεση  $P_2$  η οποία εξασκείται στο κάτω μέρος του διαφράγματος είναι αποτέλεσμα της πίεσεως 2,55 bar στο σημείο A, διότι η εκτονωτική βαλβίδα έχει εσωτερική σύνδεση εξισορροπήσεως.

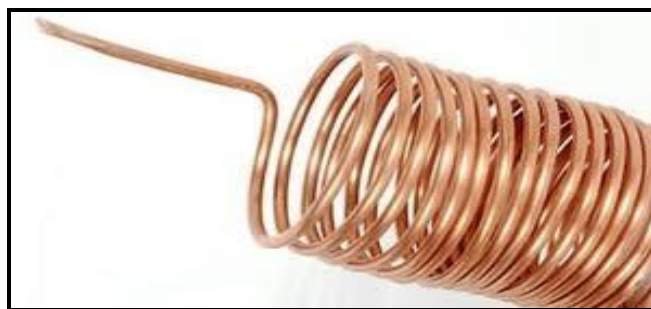
Η πίεση  $P_3$  είναι η ασκούμενη υπό του ελατηρίου. Η κίνηση του διαφράγματος, την οποία προκαλεί η ασκούμενη πίεση του ελατηρίου κινεί το βάκτρον της βαλβίδας με αποτέλεσμα να επηρεάζει το άνοιγμα αυτής και καταυτόν τον τρόπο να ελέγχει την ροή του ψυκτικού στον εξατμιστή. Εάν το θερμικό φορτίο ελαττωθεί, η τροφοδότηση του ψυκτικού υγρού θα φθάσει και πέραν του σημείου B, με αποτέλεσμα να έχουμε στο σημείο C χαμηλότερη θερμοκρασία και βεβαίως μικρότερη υπερθέρμανση. Επακόλουθο αυτού είναι ότι ο θερμικός βολβός θα έχει μικρότερη θερμοκρασία, άρα και εντός αυτού μικρότερη πίεση.

Το διάφραγμα λόγω της μικρότερης πίεσης θα αρχίσει να κλείνει την βαλβίδα, μέχρις ότου επιτευχθεί και πάλι ισορροπία.

Αντιθέτως εάν το θερμικό φορτίο, αυξηθεί, το ψυκτικό υγρό θα εξατμισθεί προς το σημείο B με αποτέλεσμα να έχει περισσότερη υπερθέρμανση στο σημείο C. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του βολβού και κατά συνέπεια την αύξηση της πίεσης εντός του βολβού και επί του διαφράγματος, άρα και αύξηση του ανοίγματος της βαλβίδας για να εισέλθει περισσότερο υγρό στον εξατμιστή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ένταση του ελατηρίου ρυθμίζεται ώστε η υπερθέρμανση να διατηρείται μεταξύ  $-15^{\circ}\text{C}$  μέχρι και  $-12,22^{\circ}\text{C}$  ανάλογα με κάθε περίπτωση εφαρμογής (κατάψυξη-κλιματισμός κ.λ.π).

### **3.18 Τριγωνειδής Σωλήνας**



**Σχήμα 3.17: Λεπτομερής Περιγραφή Θερμοστατικής Εκτονωτικής Βαλβίδας**

Ο τριχοειδής σωλήνας σαν εκτονωτικό μέσο αντί των θερμοστατικών εκτονωτικών βαλβίδων όπως προαναφέραμε χρησιμοποιείται σήμερα στα οικιακά ψυγεία όπως επίσης και σε μικρές επαγγελματικές μονάδες καθώς και σε μικρές κλιματιστικές μονάδες. Αποτελείται από ένα χάλκινο σωλήνα πολύ μικρής διαμέτρου και μεγάλου μήκους.

Ο σωλήνας αυτός μειώνει την υψηλή πίεση της μονάδας σε μία πίεση χαμηλής τιμής λόγω της αντίστασης ροής που δημιουργεί η μικρή διάμετρος και το μεγάλο μήκος του.

Η εξωτερική διάμετρος του τριχοειδούς σωλήνα είναι συνήθως 1/8", ενώ η εσωτερική του και το μήκος του τριχοειδούς σωλήνα, καθορίζουν το ποσό του ρέοντος στον εξατμιστή ψυκτικού υγρού καθώς και την πίεση αναρρόφησης της μονάδας.

Η μέση εσωτερική διάμετρος του τριχοειδούς σωλήνα είναι 0,040", το δε μήκος του για συνήθεις εγκαταστάσεις είναι 3 μέτρα.

### **3.19 Επίδραση της Υγρασίας**

Η υγρασία εντός του συστήματος θα προξενήσει αντικανονική λειτουργία των αυτομάτων μηχανισμών λόγω δημιουργίας πάγου στις εκτονωτικές βαλβίδες και έμφραξη του ανοίγματος αυτών.

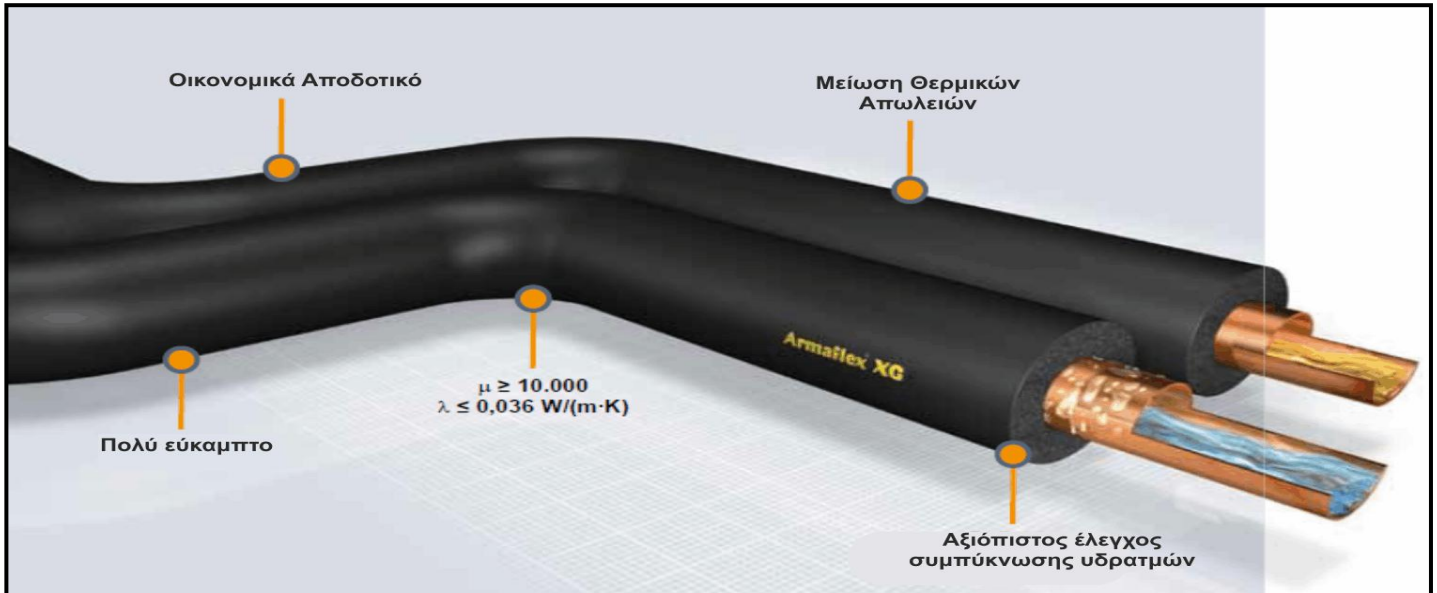
Ένα άλλο δυσμενές αποτέλεσμα είναι η θραύση των λεπτών μεταλλικών διαφραγμάτων και κυματοειδών επιφανειών (πτυχωτών τυμπάνων) των αυτόματων ρυθμιστών.

#### **3.19.1 Προφυλάξεις κατά της υγρασίας.**

Επειδή ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε υγρασία, θα πρέπει τα συστήματα με Freon να λειτουργούν με πιέσεις άνω της ατμοσφαιρικής πίεσεως του περιβάλλοντος για να αποφεύγεται η είσοδος αέρος κατά την αναρρόφηση του συμπιεστή, για να μην δύναται ο περιέχων υγρασία αέρας να εισέρχεται στο δίκτυο δια μέσου των συνδέσεων των σωλήνων και μηχανισμών, όταν αυτός δεν είναι απολύτως στεγανός, το Freon όπως παραδίδεται από τον κατασκευαστή είναι πολύ ξηρό, δηλαδή δεν περιέχει υγρασία. Επειδή κατά την συμπλήρωση με Freon της εγκατάστασης από τυχόν απροσεξία να εισέλθει έστω και μικρή ποσότητα υγρασίας, γι' αυτό τίθεται σε λειτουργία ο αφυγραντήρας δι' ανοίγματος των βαλβίδων.

## 4. ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΨΥΧΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ

Το τελευταίο κεφάλαιο αφιερώνεται στις μονώσεις δικτύων και των ψυχόμενων χώρων. Λαμβάνει χώρα η γενική περιγραφή των μονωτικών υλικών και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τους. Γίνεται αναφορά στα κριτήρια επιλογής των καταλληλότερων μονωτικών υλικών και τελικά αναλύεται η επίδραση της υγρασίας πάνω σε αυτά.



Σχήμα 4.1: Μονωτικό

### 4.1 Γενικά Στοιχεία Μονωτικών Υλικών

Μονωτικά υλικά ονομάζονται τα υλικά που παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση στη μετάδοση ηλεκτρικού ρεύματος, θερμότητας, υγρασίας, ήχου, μηχανικών ταλαντώσεων, ακτινοβολίας.

Με τη χρησιμοποίησή τους παρεμποδίζονται, όπου χρειάζεται, οι παραπάνω μεταδόσεις και επενεργούν οικονομικά αλλά και προστατευτικά για εγκαταστάσεις και εργαζομένους σε αυτές.

Για τις ψυκτικές εγκαταστάσεις η αποτελεσματικότητα της θερμικής μόνωσης είναι πολύ σημαντική για την οικονομική αλλά και εύρυθμη λειτουργία τους.

Χαρακτηριστικό των μονωτικών υλικών θερμότητας είναι κυρίως η πορώδης σύστασή τους δηλαδή η ύπαρξη μέσα στη μάζα του εκάστοτε μονωτικού υλικού μεγάλου αριθμού κλειστών χώρων εντός των οποίων υπάρχει αέρας.

Οι κυψελίδες, όπως ονομάζονται αυτοί οι κλειστοί χώροι, λόγω της ύπαρξης του εγκλωβισμένου αέρα που είναι κακός αγωγός της θερμότητας (λόγω μικρής θερμικής αγωγιμότητας) παρουσιάζουν



μεγάλη αντίσταση στη μετάδοση θερμότητας και έτσι ολόκληρο το μονωτικό υλικό παρουσιάζει σημαντική θερμική αντίσταση η οποία μεγαλώνει όσο μικρότερες σε όγκο αέρα είναι οι κυψελίδες.

#### **4.2 Παράγοντες Επιλογής Μονωτικών Υλικών**

Η οικονομική λειτουργία δηλαδή ο περιορισμός των θερμικών απωλειών, η λιγότερη κατά το δυνατόν απαιτούμενη ισχύς των μηχανημάτων καθώς και η καταναλισκόμενη κατά τη λειτουργία μικρότερη ενέργεια μιας ψυκτικής εγκατάστασης, βασίζεται κατά μεγάλο μέρος στην σωστή επιλογή του μονωτικού υλικού.

Αυτή η επιλογή είναι μια σειρά οικονομοτεχνικών υπολογισμών καθώς το είδος, το πάχος και το κόστος της μόνωσης, σε συνδυασμό με το χρόνο λειτουργίας, επιλεγμένα κατάλληλα, οδηγούν στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Εκτός όμως από τη μικρή θερμική αγωγιμότητα που είναι η βασική απαίτηση για ένα μονωτικό υλικό υπάρχουν και άλλα σημαντικά κριτήρια ειδικά για τη θερμική μόνωση ψυκτικών θαλάμων συντήρησης τροφίμων:

- Να μην αναδίδουν και να μην απορροφούν οσμές ώστε να μην τη μεταδίδουν στα τρόφιμα.
- Να είναι ανθεκτικά στις προσβολές από διάφορους μικροοργανισμούς (π.χ μούχλα).
- Να μην προσβάλλονται από χημικές ουσίες.
- Να παρουσιάζουν σημαντική μηχανική αντοχή.
- Ν' αποτελούνται στη σύνθεσή τους από μη εύφλεκτα υλικά (δηλ. υλικά που αναφλέγονται πάνω από 700<sup>0</sup> C).
- Ν' απορροφούν όσο το δυνατό λιγότερη υγρασία.

#### **4.3 Επίδραση Υγρασίας στα Μονωτικά Υλικά**

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η υγρασία της ατμόσφαιρας μπαίνοντας στις κυψελίδες αέρα του μονωτικού υλικού αυξάνει τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και μεγαλώνει τις θερμικές απώλειες του ψυκτικού θαλάμου.

Επίσης κατά τη συμπύκνωση του ατμού (υγρασίας) που εισχωρεί στις κυψελίδες, απελευθερώνεται λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης που αποτελεί ένα πρόσθετο θερμικό φορτίο για την ψυκτική εγκατάσταση. Εάν δε, το νερό αυτό στερεοποιηθεί, επειδή μέρος του ακουμπάει στα εσωτερικά

τοιχώματα του ψυκτικού θαλάμου, επιβαρύνει θερμικά περισσότερο γιατί απελευθερώνεται και νέα λανθάνουσα θερμότητα πήξεως.

Θα πρέπει λοιπόν τόσο κατά την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού όσο και κατά τη λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης να λαμβάνονται μέτρα (στεγνά τοιχώματα, στεγνά μονωτικά, προστατευτικά στρώματα αντίστασης στη διάχυση της υγρασίας κ.λ.π) για τον περιορισμό στο ελάχιστο δυνατό, της εισόδου υγρασίας στη μόνωση.

#### **4.4 Τα Κυριότερα Μονωτικά Υλικά**

Τα περισσότερα χρησιμοποιούμενα σε πλοία μονωτικά υλικά είναι:

##### **➤ Φελλός**

Είναι φυσικό μονωτικό υλικό προερχόμενο από ξηραμένους φλοιούς του φυλλόνδεντρου (ένα είδος βελανιδιάς).

Ο φυσικός φελλός είναι ελαστικός, άοσμος, αδιαπέραστος από αέρα και υγρασία και απρόσβλητος από χημικές ουσίες.

Επειδή είναι εύφλεκτο υλικό και έχει υψηλό κόστος δεν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στις μέρες μας. Εμφανίζεται κυρίως με δύο μορφές: τριμμάτων και πλακών.

Με τη δεύτερη μορφή του συναντάται ακόμα σε πλοία και περισσότερο για την κάλυψη πατωμάτων όπου ιδιαίτερη σημασία έχει η υποστήριξη βαρών.

##### **➤ Υαλοβάμβακας**

Παρασκευάζεται από τις ίδιες πρώτες ύλες όπως και το γυαλί, γιατί στην πραγματικότητα αποτελείται από λεπτές ίνες γυαλιού και χρησιμοποιείται με πολλές μορφές όπως, χύμα για γέμισμα κοιλοτήτων σε ρόλους ενισχυμένους με πισσόχαρτο, κορδόνι για κλείσιμο αρμών και κυρίως σε πλάκες διαφόρων διαστάσεων.

Η καλή ποιότητα του υαλοβάμβακα καθορίζεται κυρίως από τη μικρή διάμετρο των ινών καθώς και από το μεγάλο μήκος τους.

Συμπληρώνοντας, μπορούμε να πούμε ότι είναι άκαυστος μέχρι τους 700<sup>0</sup> C, δεν προσβάλλεται από οξέα, την υγρασία και τους μικροοργανισμούς και είναι αρκετά ευκολομεταχειρίστος αφού κόβεται στις διαστάσεις που θα τοποθετηθεί με ένα μαχαίρι.

### ➤ **Ορυκτοί βάμβακες (πετροβάμβακας)**

Αν αντί του γυαλιού, τήξουμε φυσικούς βράχους κατασκευάζουμε μονωτικά υλικά, όπως τον υαλοβάμβακα που ονομάζονται ορυκτοί βάμβακες.

Ισχύουν κι εδώ τα ίδια κριτήρια ποιότητας και σχεδόν οι ίδιες χρησιμοποιημένες μορφές και η ίδια θερμοκρασία αντοχής (700<sup>0</sup> C περίπου).

### ➤ **Εκτονούμενα πλαστικά**

Τα σημαντικότερα είναι το εκτονούμενο P.V.C (βινυλλικά πλαστικά) και το εκτονούμενο καουτσούκ, που όμως παρά το γεγονός ότι αποτελούν άριστα μονωτικά υλικά δεν συναντώνται συχνά σε πλοία λόγω του υψηλού κόστους και της δυσκολίας που παρουσιάζουν κατά την τοποθέτησή τους. Να σημειωθεί δε, ότι δεν αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και αν εκτεθούν σε αυτές παρουσιάζουν πολλές παραμορφώσεις.

### ➤ **Πολυουρεθάνη**

Είναι συνθετικό πλαστικό υλικό. Εγχύνεται σε αφρώδη μορφή, που αργότερα στερεοποιείται και αποδίδει ένα κυψελωτό πλαστικό υλικό.

Είναι από τα καλύτερα μονωτικά υλικά. Εμφανίζεται και σε μία πιο σκληρή μορφή αφρώδους πολυουρεθάνης, με αποτέλεσμα να χρησιμεύει και σαν τμήμα στην κατασκευή ψυκτικών θαλάμων, αρκεί να προστατεύεται από υγρασία και άλλες επιδράσεις, με λεπτά φύλλα λαμαρίνας.

## **Επίλογος - Συμπεράσματα**

Το συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση όλων των διαφορετικών εξαρτημάτων, αλλά και των μηχανημάτων που συμμετέχουν στην επίτευξη της ψυκτικής είναι πως το όλο σύστημα είναι αρκετά περίπλοκο. Συνέπεια αυτού είναι η απαίτηση βαθιάς γνώσης και κατάρτισης των μηχανικών ώστε να καταφέρνουν να επιλύσουν τυχόν προβλήματα, αλλά και να αντιμετωπίσουν δυσλειτουργίες που θα εμφανιστούν .

Τέλος συμπεραίνουμε πως η πρόληψη και ο συστηματικός έλεγχος του συστήματος ψύξης είναι αναπόσπαστο κομμάτι της δουλειάς των μηχανικών, ώστε το σύστημα να συνεχίζει να λειτουργεί κάτω από όλες τις συνθήκες.

## **Βιβλιογραφία**

1. Ψυκτικές και κλιματιστικές εγκατάστασης
2. Οδηγός ψύξης
3. <http://www.texnikiekpaideysi.gr/enkatastaseis-psyxes/biblia>

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	3
Abstract	4
Ευχαριστίες	4
1.ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ	5
1.1 Γενικά Στοιχεία περί Ψυκτικών Εγκαταστάσεων	5
1.2 Γενικά Στοιχεία Ψυκτικής Μεθόδου	6
1.3 Ψυκτική Μηχανή Αέρα ή Μηχανή Ψυχρού Αέρα	7
1.4 Ψυκτική Εγκατάσταση με Εκτόξευση Υδρατμού	8
1.5 Ψυκτικές Μηχανές Ψυχρού Ατμού	9
1.6 Ψυκτικές Εγκαταστάσεις Απορρόφησης και Διάχυσης	10
1.7 Βαθμός Απόδοσης Ψυκτικών Μηχανών και Εγκαταστάσεων	12
2.ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ	13
2.1 Κατηγοριοποίηση Μέσων Ανάλογα με τον Τρόπο Απορρόφησης ή Αποβολής της Θερμότητας	13
2.2 Ψυκτικά Διαλύματα	14
2.2.1 Υδατικά Διαλύματα οργανικών ουσιών	14
2.2.2 Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> ) - R744	14
2.2.3 Αμμωνία (NH <sub>3</sub> ) - R717	14
2.2.3.1 Εντοπισμός διαρροών Αμμωνίας	15
2.3 Αλογονούχα Ψυκτικά Ρευστά Φθορίου ή Φθοριοάνθρακες	15
2.3.1 Θερμοδυναμικές ιδιότητες των αλογονούχων ψυκτικών ρευστών	16
2.4 Γενικές Απαιτήσεις για τα Ψυκτικά Μέσα	18

3. ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΕΩΣ -----	20
3.1 Βασικά Μέρη Ψυκτικής Μηχανής Συμπιέσεως-----	20
3.2 Βασικά Εξαρτήματα Απλής Ψυκτικής Εγκατάστασης -----	21
3.3 Ο Συμπιεστής-----	22
3.3.1 Κατάταξη συμπιεστών-----	22
3.3.2 Οι πιο διαδεδομένοι Συμπιεστές-----	23
3.4 Φίλτρο Ελαίου -----	24
3.5 Αποχωριστήρας Ελαίου-----	25
3.6 Συμπυκνωτής-----	27
3.6.1 Τύποι συμπυκνωτών -----	28
3.6.1.1 Αερόψυκτοι συμπυκνωτές (ή συμπυκνωτές αέρα).-----	28
3.6.1.2 Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές (ή συμπυκνωτές νερού).-----	30
3.7 Συλλέκτης Υγρού-----	32
3.8 Εξατμιστής-----	33
3.8.1. Περιγραφή αερόψυκτου εξατμιστή -----	37
3.9 Εξαερωτήρας-----	40
3.10 Φίλτρο Ψυκτικού Μέσου -----	42
3.11 Αφυγραντήρας ή Ξηραντήρας-----	43
3.12 Ενδείκτης Υγρασίας -----	46
3.13 Εναλλακτής Θερμότητας-----	46
3.14 Αντλία Ψυκτικού Μέσου-----	47
3.15 Διακόπτες Δικτύου-----	48

3.16 Βαλβίδα Αντεπιστροφής -----	51
3.17 Θερμοστατική Εκτονωτική Βαλβίδα -----	52
3.17.1 Λεπτομερής περιγραφή θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας -----	53
3.18 Τριχωνειδής Σωλήνας -----	54
3.19 Επίδραση της Υγρασίας -----	55
3.19.1 Προφυλάξεις κατά της υγρασίας -----	55
4. ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΨΥΧΟΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ -----	56
4.1 Γενικά Στοιχεία Μονωτικών Υλικών -----	56
4.2 Παράγοντες Επιλογής Μονωτικών Υλικών -----	57
4.3 Επίδραση Υγρασίας στα Μονωτικά Υλικά -----	57
4.4 Τα Κυριότερα Μονωτικά Υλικά -----	58
Επίλογος - Συμπεράσματα -----	60
Βιβλιογραφία -----	61



