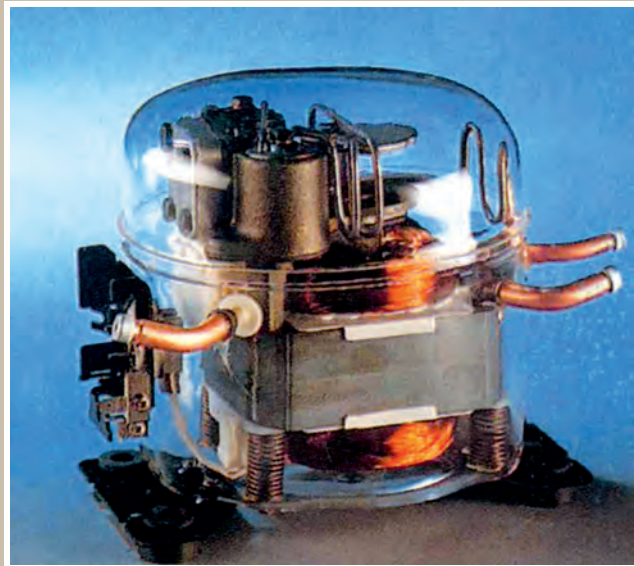


Μιχάλης Βραχόπουλος Μάρκος Λιγνός Ιωάννης Κάρμαλης

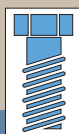
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ Ι



Ειδικότητες

-Τεχνικός μηχανολογικών
εγκαταστάσεων και κατασκευών

-Τεχνικός εγκαταστάσεων ψύξης,
αερισμού και κλιματισμού



Γ' ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ Ι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

- Βραχόπουλος Μιχάλης, Μηχανολόγος Μηχανικός, Καθηγητής ΤΕΙ Χαλκίδας
- Λιγνός Μάρκος, Μηχανολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Β/θμιας Εκπ/σης
- Κάρμαλης Ιωάννης, Τεχνολόγος Μηχανολόγος, Εκπαιδευτικός Τ.Ε.Ι. Κοζάνης

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

- Ροζάκος Νικόλαος, Μηχανολόγος Μηχανικός

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

- Χατζηβασιλειάδης Ιωάννης, Μηχανολόγος Μηχανικός,
- Σόβολος Σπύρος, Μηχανολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Β/μιας Εκπ/σης
- Εμμανουήλ Χρήστος, Τεχνολόγος Μηχανολόγος, Καθηγητής Β/μιας Εκπ/σης

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

- Λαμπάκη - Κόλια Αικατερίνη

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Δημητρέλου Κωνσταντίνα

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ:

Σταμάτης Αλαχιώτης

Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών

Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου:

Γεώργιος Βούτσινος

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

- Υπεύθυνος του Μηχανολογικού Τομέα

Δαφέρμος Ολύμπιος

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ Ι

ΜΙΧΑΛΗΣ ΒΡΑΧΟΠΟΥΛΟΣ ΜΑΡΚΟΣ ΛΙΓΝΟΣ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΡΜΑΛΗΣ

Γ' ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.

Ειδικότητες:

*Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης,
Αερισμού και Κλιματισμού*

Τεχνικός Μηχανολογικών Εγκαταστάσεων και Κατασκευών

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγγραφή ενός βιβλίου με θέμα τις εγκαταστάσεις ψύξης και τη λειτουργία τους, ιδιαίτερα δε ενός βιβλίου αυτού του είδους που θα εισαγάγει για πρώτη φορά τους μαθητές των ΤΕΕ στο μεγάλο χώρο της βιομηχανίας της ψύξης, αποτελεί αρκετά δύσκολο εγχείρημα. Η δυσκολία αυτή γίνεται ακόμη μεγαλύτερη, αν αναλογισθεί κανείς την έλλειψη επαρκούς ελληνικής βιβλιογραφίας, η οποία να βοηθά πραγματικά τους νεαρούς μαθητές να εξοικειωθούν αφενός με τις χρησιμοποιούμενες συσκευές και τα μηχανήματα και αφετέρου να κατανοήσουν τις θεωρητικές αρχές με βάση τις οποίες λειτουργούν αυτά.

Στην προσπάθειά μας να παρουσιάσουμε το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα είχαμε πάντοτε κατά νου τις ανάγκες, αλλά και το επίπεδο γνώσεων των μαθητών, χωρίς όμως αυτό να αποβεί σε βάρος της ποιότητας του βιβλίου. Έτσι, η ανάπτυξη των θεμάτων είναι τέτοια που να απευθύνεται όχι μόνο σε άτομα, τα οποία θα ήθελαν απλώς να γίνουν τεχνίτες των εγκαταστάσεων ψύξης, αλλά και σε εκείνα που θα επιθυμούσαν να προχωρήσουν σε μεγαλύτερη εμβάθυνση των αρχών λειτουργίας των μηχανημάτων, καθώς και των βασικών αρχών της μετάδοσης θερμότητας. Ωστόσο, η αναφερόμενη ανάπτυξη έγινε λαμβάνοντας υπόψη, όσο είναι δυνατόν, πως οι μαθητές έχουν πλήρη άγνοια από οποιαδήποτε εγκατάσταση ψύξης.

Επίσης, θα πρέπει να τονισθεί ότι, παρά τη λεπτομερή επεξήγηση του ψυκτικού κύκλου (Κεφάλαιο 3), απαιτούνται οι ελάχιστες δυνατές αλγεβρικές γνώσεις και δεν χρειάζεται σοβαρό υπόβαθρο στη φυσική και στη θερμοδυναμική. Σε ολόκληρο το κείμενο δόθηκε έμφαση στην περιγραφή και στη λειτουργία των συσκευών και των μηχανημάτων των εγκαταστάσεων (π.χ. του οικιακού ψυγείου ή του μικρού επαγγελματικού καταψύκτη) τόσο ξεχωριστά, όσο και σε σύνδεση μεταξύ τους, καθώς και στο πώς μια μεταβολή των συνθηκών λειτουργίας της μιας συσκευής επηρεάζει τη λειτουργία της άλλης. Περαιτέρω, όσον αφορά στις αναφερόμενες συσκευές, έγινε προσπάθεια να εξηγηθεί η

λειτουργία τους με βάση τις θεμελιώδεις αρχές της μετάδοσης θερμότητας και όχι αυθαίρετα. Έτσι, για παράδειγμα, οι ατμοποιητές (εξατμιστές) και οι συμπυκνωτές παρουσιάζονται ως εναλλάκτες θερμότητας και δίνονται τα αντίστοιχα απλά παραδείγματα μετάδοσης θερμότητας. Τέλος, χρησιμοποιήσαμε σχεδόν αποκλειστικά τις μονάδες του διεθνούς συστήματος (S I), αλλά δώσαμε επίσης ορισμένες μονάδες του αμερικάνικου συστήματος, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην ελληνική αγορά και θεωρήσαμε ότι πρέπει να τις γνωρίζουν οι μαθητές.

Ελπίζουμε ότι το παρόν θα συμβάλει στην αποτελεσματική διδασκαλία του τόσο ενδιαφέροντος αλλά και απαιτητικού μαθήματος, σε συνδυασμό και με τον εργαστηριακό οδηγό.

Στο κεφάλαιο 1 αναπτύσσονται οι βασικές έννοιες της ψύξης και δίνονται όσο το δυνατό περισσότερες από τις εφαρμογές της.

Στο κεφάλαιο 2 αναπτύσσεται η γενική δομή των οικιακών ψυγείων, των μικρών καταψυκτών και των μικρών επαγγελματικών ψυγείων με τη βοήθεια πολλών διευκρινιστικών σχημάτων, ώστε ο μαθητής να αποκτήσει επαρκείς γνώσεις για τη δομή τους.

Στο κεφάλαιο 3 αναπτύσσεται η λειτουργία της ψυκτικής διάταξης με συμπίεση ατμών ψυκτικού μέσου, καθώς και οι ιδιότητες και η χρήση των ψυκτικών μέσων. Δίνεται έμφαση στα νέα ψυκτικά μέσα, καθώς και στην ανακύκλωση των παλαιών.

Στο κεφάλαιο 4 αναπτύσσονται τα βασικά λειτουργικά μέρη των ψυκτικών συσκευών που χρησιμοποιούνται τόσο στην οικιακή, όσο και στη μικρή επαγγελματική ψύξη.

Στο κεφάλαιο 5 δίνεται η λεπτομερής δομή ειδικά του μικρού καταψυκτη και στο κεφάλαιο 6 η δομή του μικρού επαγγελματικού ψυγείου.

Στο κεφάλαιο 7 περιγράφεται η ψύξη με απορρόφηση και δίνονται οι βασικές εφαρμογές της περιληπτικά.

Τέλος, στο κεφάλαιο 8 παραθέτουμε πίνακες με τις βασικές μονάδες που χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία ψύξης, όπως και χρήσιμα παραδείγματα μετατροπών.

Ιούνιος 2001

Βραχόπουλος Μιχαήλ
Κάρμαλης Ιωάννης
Λιγνός Μάρκος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΨΥΞΗΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.3 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ

1.4 ΕΙΔΗ ΨΥΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΨΥΚΤΩΝ



Να καταλάβουν οι μαθητές τι εννοούμε με τον όρο ψύξη και να αναφέρουν μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα δημιουργίας ψύξης.

Να γνωρίζουν οι μαθητές τους σημαντικότερους σταθμούς στην εξέλιξη της βιομηχανίας της ψύξης, τους σπουδαιότερους μηχανικούς που συνέβαλαν στην εξέλιξή της, την επίδραση των ψυκτικών ρευστών στο περιβάλλον και τη σημασία της τεχνολογίας της ψύξης στο σημερινό κόσμο.

Να αναφέρουν οι μαθητές τις βασικές εφαρμογές της ψύξης για τη δημιουργία συνθηκών άνεσης.

Να αναφέρουν οι μαθητές τις σπουδαιότερες εφαρμογές της τεχνολογίας της ψύξης στον βιομηχανικό κλιματισμό.

Να γνωρίζουν οι μαθητές τις βασικές εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξης.

Να μπορούν να αναφέρουν τα κυριότερα είδη ψυγείων και καταψυκτών και να γνωρίζουν τις χρήσεις τους.

1.1 Εισαγωγή - Η έννοια της ψύξης

Με τον όρο ψύξη ή ψύχος γενικά χαρακτηρίζεται η δημιουργία χαμηλών θερμοκρασιών. Για να δημιουργηθούν όμως αυτές οι χαμηλές θερμοκρασίες είναι απαραίτητη η αφαίρεση θερμότητας. Η διαδικασία αυτή απαιτεί ένα σύνολο μηχανισμών και συσκευών που σήμερα αποτελούν την τεχνολογία ψύξης.

Το ψύχος δεν είναι μορφή ενέργειας αλλά η αίσθηση που δημιουργείται με την απορρόφηση θερμότητας.

Η τεχνολογία ψύξης σήμερα έχει πολλές εφαρμογές. Η πρώτη και η κυριότερη μέχρι σήμερα εφαρμογή της είναι η διατήρηση τροφίμων. Χρησιμοποιείται επίσης στην ψύξη και στον κλιματισμό κτιρίων, όπου επιτυγχάνεται η απαραίτητη θέρμανση ή ψύξη και η κατάλληλη ύγρανση (ρύθμιση της σχετικής υγρασίας) του χώρου.

Αν ρίξουμε στο χέρι μας λίγο οινόπνευμα, θα παρατηρήσουμε ότι αυτό στη θερμοκρασία του δωματίου (20°C) ή του χεριού μας (36°C) εξατμίζεται και εξατμιζόμενο ψύχει το χέρι μας. Με άλλα λόγια, η παλάμη μας θερμαίνει τη μάζα του οινόπνευματος και αυτό εξατμίζεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C .

Γιατί όμως το οινόπνευμα εξατμίζεται;

Το φαινόμενο της εξάτμισης σε θερμοκρασία 20°C είναι χαρακτηριστικό των διαφόρων πτητικών υγρών, συνδυασμένο άμεσα με την πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

Το νερό δεν εξατμίζεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (δεν είναι πτητικό) σε αντίθεση με το οινόπνευμα, αιθέρα κ.λπ. που εξατμίζονται. Για το λόγο αυτό το νερό πρέπει να θερμανθεί στους 100°C , όπου για πίεση 1atm αρχίζει η εξάτμισή του (βρασμός). Για να εξατμιστεί το νερό στους 20°C πρέπει να δημιουργηθεί στην ελεύθερη επιφάνειά του πολύ μικρή πίεση, μικρότερη από την ατμοσφαιρική.

Γνωρίζουμε ότι το νερό, όπως και κάθε υγρό, έχει μια χαρακτηριστική καμπύλη κεκορεσμένων ατμών, που συχνά παρουσιάζεται σε άξονες P_S - T (λογαριθμική κλίμακα πιέσεων - σχήμα 1.1.1). Παρατηρείται από την καμπύλη ότι για να εξατμιστεί το νερό στους 20°C χρειάζεται να εφαρμοστεί πίεση $13,6\text{ mbar}$ στην ελεύθερη επιφάνειά του. Παρατηρείται επίσης, ότι το νερό στα 1013 mbar (ατμοσφαιρική πίεση) χρειάζεται να θερμανθεί στους 100°C .

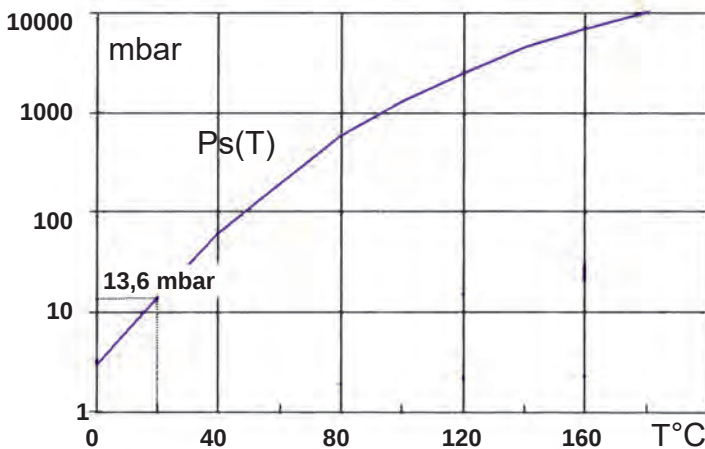
Για να εξατμιστεί μια ποσότητα οινόπνεύματος (m) χρειάζεται να προσφερθεί ποσό θερμότητας $Q (= m \cdot q_L)$, όπου q_L είναι η λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης του οινόπνεύματος. Αυτή η σχέση ισχύει για κάθε υγρό. Η θερμότητα που απορροφά το οινόπνευμα από την παλάμη έχει ως αποτέλεσμα να ψύξει την παλάμη και να θερμάνει το οινόπνευμα. Γενικά, θέρμανση σημαίνει ψύξη της πηγής θερμότητας.

Δεν υπάρχει θέρμανση χωρίς ψύξη και το αντίστροφο. Για να εξατμιστεί ποσότητα υγρού απαιτούνται δύο συνθήκες:

1. Ο συνδυασμός πίεσης και θερμοκρασίας να ανήκει στην καμπύλη P_s-T του υγρού που πρόκειται να ατμοποιηθεί.
2. Να προσφερθεί θερμότητα Q στο υγρό $Q=m \cdot q_L$.

Το καλοκαίρι παρατηρείται το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού χωρίς αυτό να θερμαίνεται στους 100°C , όπως δείχνει η καμπύλη του σχήματος 1.1.1, παρόλο που η πίεση που επικρατεί στην επιφάνειά του είναι 1atm . και είναι κάτι που θα μπορούσε από πρώτη άποψη να θεωρηθεί παράδοξο.

Γιατί;



Σχήμα 1.1.1 “Καμπύλη ισοροπίας υγρής και αέριας φάσης για νερό”

Απάντηση: Αυτό συμβαίνει, γιατί στην πραγματικότητα η πίεση, που καθορίζει τη θερμοκρασία εξάτμισης T , είναι η μερική πίεση των ατμών του νερού που πιέζει την ελεύθερη επιφάνειά του και όχι η ολική πίεση των ατμοσφαιρικών αερίων που βρίσκονται πάνω από την ελεύθερη επι-

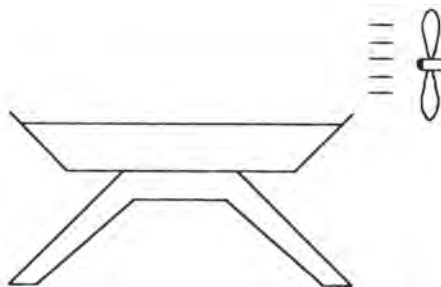
φάνεια. Η 1 atm είναι η ολική πίεση των αερίων πάνω από το νερό. Η μερική πίεση των υδρατμών όμως είναι συνάρτηση της περιεκτικότητάς τους στην ατμόσφαιρα, και είναι κατά πολύ μικρότερη από 1 atm. Το καλοκαίρι φτάνει τα 60 mbar για παράδειγμα. Για το λόγο αυτό, το νερό μπορεί να εξατμιστεί ακόμα και στους 30°C. Η θερμοκρασία των 30°C εμφανίζεται πολύ συχνά το καλοκαίρι, αν μάλιστα το δοχείο βρίσκεται εκτεθειμένο στον ήλιο. Από το διάγραμμα του σχήματος 1.1.1 βρίσκεται ότι για θερμοκρασία 30°C αναπτύσσεται πίεση ατμών 20,6 mbar.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2ο

Για να κρυώσει ο καφές τον φυσάμε. **Γιατί;**

Απάντηση: Πράγματι, με βάση αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, ο ζεστός καφές αναδίδει ατμούς νερού, που λόγω βάρους κάθονται στην επιφάνεια του καφέ και δημιουργούν μια κορεσμένη ατμόσφαιρα υδρατμών με πίεση 1 atm. Αυτό το στρώμα εμποδίζει την παραπέρα εξάτμιση του καφέ (και φυσικά την ψύξη του), αφού αυτός δε βρίσκεται σε θερμοκρασία 100°C που χρειάζεται για να βράσει το νερό. Με το φύσημα διώχνουμε το στρώμα των υδρατμών και μειώνεται η πίεση ατμών στην επιφάνεια του καφέ, με αποτέλεσμα να εξατμίζεται και φυσικά να ψύχεται.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3ο

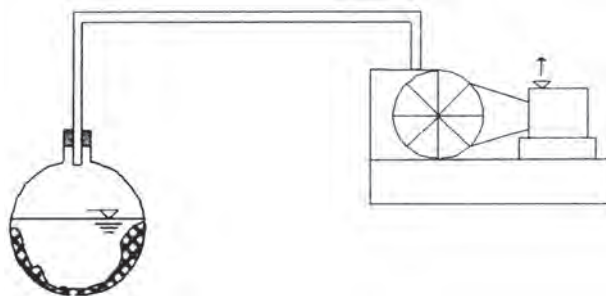


Σχήμα 1.1.2 “Φυσικός κλιματισμός (απλή μορφή)”

Μια πρακτική, απλή κλιματιστική διάταξη για τον κλιματισμό δωματίου βασίζεται στο προηγούμενο παράδειγμα με τον καφέ. Ανεμιστήρας τοποθετείται με τρόπο (βλέπε σχήμα 1.1.2) ώστε να φυσά πάνω από δοχείο νερού και να διώχνει τους υδρατμούς πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η τάση των ατμών και φυσικά η θερμοκρασία εξάτμισης του νερού. Το νερό, για να εξατμιστεί, απορροφά θερμότητα Q από τον αέρα που το περιβάλλει και έτσι κλιματίζεται το δωμάτιο.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ - ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

Στην πειραματική διάταξη του σχήματος 1.1.3, υπάρχει μία αντλία κενού που αναρροφά συνέχεια τους υδρατμούς του νερού μέσα από τη μονωμένη φιάλη (No 1). Σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, η υποπίεση που δημιουργεί η αντλία κενού είναι ίση με την πίεση ατμών στη θερμοκρασία της μάζας του νερού. Αυτή είναι φυσικά στο ξεκίνημα και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου π.χ. 20°C . Το νερό αρχίζει να εξατμίζεται, επειδή στην επιφάνειά του ασκείται πίεση ίση με την πίεση των ατμών του. Για να εξατμιστεί το νερό χρειάζεται επίσης και προσφορά θερμότητας από κάποια πηγή, που στην περίπτωση αυτή είναι τμήμα της ενέργειας που έχει το νερό, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του, λόγω του μονωμένου δοχείου που δεν επιτρέπει τη διεύθυνση θερμότητας από τον περιβάλλοντα χώρο. Αυτό το φαινόμενο της θερμικής ασφυξίας που δημιουργήθηκε στο νερό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πάγου.



Σχήμα 1.1.3 “Παραγωγή πάγου με χρήση αντλίας κενού”

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5ο

Από την καθημερινή μας εμπειρία γνωρίζουμε ότι αν αφήσουμε φρούτα ή λαχανικά στο χώρο της κουζίνας, τότε αυτά πολύ σύντομα θα αρχίσουν να σαπίζουν ή να μουχλιάζουν. Αυτό συμβαίνει, διότι τα φρούτα ή τα λαχανικά εξακολουθούν να αναπνέουν ακόμη και μετά το κόψιμό τους. Όταν λοιπόν παραμένουν στον αέρα της κουζίνας, ο οποίος έχει σχετικά υψηλή θερμοκρασία (π.χ. πάνω από 20 °C), τότε πραγματοποιούνται στο εσωτερικό τους χημικές αντιδράσεις, οι οποίες προκαλούν το σάπισμά τους. Αν όμως βάλουμε τα φρούτα στο ψυγείο, αρχίζουν να ψύχονται (να χάνουν θερμότητα), επειδή ακριβώς ο αέρας του ψυγείου είναι ψυχρότερος από τα φρούτα ή τα λαχανικά. Κατά συνέπεια, ελαττώνεται η θερμοκρασία τους, οπότε ελαττώνονται ή μηδενίζονται οι χημικές αντιδράσεις στο εσωτερικό τους και έτσι διατηρούνται φρέσκα.

Μέθοδοι παραγωγής ψύχους

Στη θερμοδυναμική, με την έννοια ψύξη εννοείται η μεταφορά θερμότητας από θερμοδοχείο με χαμηλή θερμοκρασία σε άλλο όπου επικρατεί υψηλότερη. Η μεταφορά αυτή της θερμότητας είναι αδύνατον να γίνει μόνη της, σύμφωνα με το 2ο Θερμοδυναμικό αξίωμα και για την επίτευξή της πρέπει να δοθεί έργο. Έτσι, ως ψύξη χώρου εννοείται η “άντληση” θερμότητας από το χώρο και η απόρριψή της σε χώρο με υψηλότερη θερμοκρασία. Αν η όλη αυτή διαδικασία γίνει με χρήση μηχανικού έργου, τότε πρόκειται για ψυκτική μηχανή στην οποία προσφέρεται μηχανικό έργο W για την άντληση θερμότητας από το ψυχρότερο θερμοδοχείο προς το θερμότερο.

Η θερμότητα είναι μία “κρυφή” μορφή ενέργειας, η οποία φανερώνεται από τα αποτελέσματα που προκαλεί κατά τη μεταφορά της από ένα θερμό σώμα προς ένα ψυχρότερο. Για παράδειγμα, ο αέρας ενός δωματίου περιέχει θερμότητα, την οποία αντιλαμβανόμαστε όμως μόνο όταν αφήσουμε λ.χ. ένα παγάκι να λιώσει. Επειδή η θερμότητα είναι ενέργεια, μετρίεται όπως και οι άλλες μορφές ενέργειας σε Joule (J) ή kJ, όπου $1\text{ kJ}=1000\text{ J}$. Παλαιότερα η θερμότητα μετριόταν σε cal (θερμίδες) ή kcal ($1\text{ kcal}=1000\text{ cal}$), όπου $1\text{ kcal}=4,19\text{ kJ}$, ενώ στις αγγλοσαξονικές χώρες εξακολουθούν να τη μετρούν σε Btu, όπου $1\text{ Btu}=1055\text{ J}$.

Ο όρος “κλιματισμός” (Air Conditioning) ανήκει στον Stuart W. Cramer, ο οποίος τον χρησιμοποίησε το 1907 σε μια διάλεξή του για τον έλεγχο της υγρασίας στην υφαντουργία. Το 1911 τέθηκαν οι επιστημονικές βάσεις του κλιματισμού, όταν ο Willis Carrier δημοσίευσε τα αποτελέσματα σχετικών πολυετών ερευνών του.

Ορόσημο στην ιστορία του κλιματισμού αποτελεί ο πρώτος παγκόσμιος πόλεμος. Μετά τη λήξη του, η έρευνα στον τομέα αυτό πήρε σε πολλές χώρες και κυρίως στις Η.Π.Α., τη Μεγάλη Βρετανία, τη Γερμανία, τη Σουηδία και τη Γαλλία μεγάλες διαστάσεις. Οι πρώτες εφαρμογές του κλιματισμού εξυπηρετούσαν τη βιομηχανία. Ο κλιματισμός για την άνεση του ανθρώπου άρχισε να αναπτύσσεται μετά το 1920 και αφορούσε κυρίως τα μεγάλα καταστήματα, θέατρα και κτίρια γραφείων. Στα χρόνια που ακολούθησαν, ο κλιματισμός βοηθούμενος και από την αλματώδη αύξηση της ανοικοδόμησης γνώρισε μεγάλη εφαρμογή.

Οι σημερινές συνθήκες διαβίωσης, ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα, έχουν καθιερώσει την παρουσία και λειτουργία κατάλληλων διατάξεων που διαμορφώνουν τις απαραίτητες συνθήκες άνεσης. Τα συστήματα ψύξης αποτελούν σημαντικό μέρος των διατάξεων αυτών και η καθιέρωσή τους έχει αναμφισβήτητες επιπτώσεις στο παγκόσμιο περιβάλλον.

Οι βασικοί συντελεστές των εφαρμογών ψύξης που επηρεάζουν σημαντικά το περιβάλλον παρουσιάζονται παρακάτω.

Οι πρώτες παρατηρήσεις με οικολογική βαρύτητα αφορούν την εξέλιξη των μεγεθών του παγκόσμιου πληθυσμού, την εξέλιξη της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα του πλανήτη και την εξέλιξη αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του. Ο ρυθμός αύξησης της μέσης θερμοκρασίας εμφανίζεται με σημαντικές αυξητικές τάσεις, ενώ οι προβλέψεις για τα επόμενα 50 χρόνια είναι ιδιαίτερα ανησυχητικές και οφείλονται σε μεγάλο ποσοστό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Δύο είναι οι συνιστώσες που επηρεάζουν άμεσα το περιβάλλον από τη συνεχή εξάπλωση των συστημάτων ψύξης. Η πρώτη αφορά την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος και η δεύτερη το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αναφορικά με την πρώτη συνιστώσα, οι επιδράσεις των ψυκτικών, ρευστών, που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα, αναμφίβολα είχαν σημαντικές επιδράσεις στο φαινόμενο αυτό.

Έχει παρατηρηθεί ότι, κατά τις στιγμές της μεταβολής της κατάστασης σώματος από στερεό σε υγρό ή από υγρό σε αέριο και αντίστροφα, για

ένα χρονικό διάστημα η θερμοκρασία της μεταβολής της κατάστασης παραμένει σταθερή, ενώ ένα ποσό θερμότητας δίνεται στο σώμα (κατά την τήξη ή εξαέρωση) ή αφαιρείται (εκλύεται) κατά την πήξη ή συμπύκνωση, χωρίς αυτό να μεταβάλλει τη θερμοκρασία του. Η ποσότητα αυτή της θερμότητας που συντελεί στη μεταβολή της κατάστασης του σώματος χωρίς καμιά μεταβολή της θερμοκρασίας του λέγεται «**Λανθάνουσα θερμότητα**». Π.χ., για το νερό η λανθάνουσα θερμότητα (που μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και την πίεση) τήξης ή πήξης στους 273,13K (= 32°F= 0°C) είναι 334kJ/kg (=143 Btu/lb) και η λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης ή συμπύκνωσης του νερού είναι 2258 kJ/kg (=970,4 Btu/lb) στους 373,13K (=212°F=100°C), σε κανονικές συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης.

Στην τεχνολογία ψύξης γίνεται εκμετάλλευση αυτού του φαινομένου για την επίτευξη χαμηλών θερμοκρασιών. Όπως όταν ο πάγος λιώνει, αν και η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή, εξακολουθεί να απορροφά θερμότητα. Επίσης, όταν ένα υγρό ατμοποιείται, τότε η θερμότητα που χρειάζεται είναι αρκετά υψηλή και την παίρνει από το γύρω χώρο. Αυτή η αρχή χρησιμοποιείται στα ψυγεία.

Η θερμοκρασία στην οποία γίνεται η μεταβολή της κατάστασης του σώματος είναι συνάρτηση της πίεσης. Μεγαλύτερη πίεση απαιτεί μεγαλύτερη θερμοκρασία. Αντίστοιχα, στα νέου τύπου ψυγεία και στις κλιματιστικές συσκευές το ψυκτικό υγρό οδηγείται στον ατμοποιητή, όπου εξαερώνεται σε χαμηλή πίεση και κατά συνέπεια απορροφά αρκετή θερμότητα από το γύρω χώρο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ψύχος.

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Η ψύξη ήταν πάντοτε απαραίτητη στη ζωή του ανθρώπου. Η βασική και θεμελιώδης χρήση της ψύξης ήταν η συντήρηση των τροφίμων. Πράγματι, ήδη από το 1200 π.Χ. οι Κινέζοι παρατήρησαν ότι τα τρόφιμα και τα κρασιά διατηρούνταν καλύτερα μέσα σε πάγο. Αργότερα, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι σκέφθηκαν πως θα πρέπει ο πάγος να διατηρείται όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα είναι δυνατόν. Έτσι, έβαζαν τον πάγο σε ειδικούς χώρους που τους σκέπαζαν με ψάθες ή άλλα υλικά, τα οποία δεν επέτρεπαν στη θερμότητα να περνά μέσα στο χώρο και να λιώνει τον πάγο. Τα

υλικά αυτά ονομάστηκαν μονωτικά και σήμερα αποτελούν βασικό τομέα της βιομηχανίας της ψύξης.

Αργότερα (17ος, 18ος αιώνας) χρησιμοποιήθηκε και πάλι ο φυσικός πάγος από τα βουνά και τις λίμνες. Ο πάγος αποθηκευόταν το χειμώνα μέσα στη γη, ώστε να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Το πρώτο μεγάλο βήμα προόδου έγινε όταν οι μηχανικοί κατόρθωσαν να παραγάγουν πάγο με τεχνητό τρόπο. Αυτό πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1858, όταν ο Γάλλος μηχανικός Carr κατασκεύασε ένα ψυγείο για παγάκια, του οποίου η λειτουργία βασιζόταν στη συμπίεση των ατμών της αμμωνίας με ένα συμπιεστή (compressor, κομπρεσέρ). Στη συνέχεια, η υγρή αμμωνία εξατμιζόταν μέσα σε μια συσκευή που ονομάζεται εξατμιστής.

Ένα δεύτερο μεγάλο βήμα έγινε με την κατασκευή του οικιακού ψυγείου (1918). Η πρώτη εταιρεία που κατασκεύασε ψυγείο για σπίτια ήταν η Αμερικάνικη Kelvinator. Το σπουδαίο επίτευγμα εκείνου του ψυγείου ήταν ότι ο συμπιεστής του λειτουργούσε με το ηλεκτρικό ρεύμα του δικτύου μέσω ηλεκτροκινητήρα μικρής ισχύος (μικρότερη από 1 HP). Έτσι, άνοιξε ένα μεγάλο κεφάλαιο για τη βιομηχανία της ψύξης, η οποία αναπτύχθηκε τόσο ραγδαία, ώστε μετά από δέκα περίπου χρόνια να πωλούνται 800.000 ψυγεία περίπου κάθε χρόνο στις Η.Π.Α.

Την ίδια εποχή (δεκαετία 1920-30) κατασκευάστηκαν οι πρώτοι ψυκτικοί θάλαμοι για παγωτά (καταψύκτες), οι οποίοι διέθεταν συμπιεστή και συμπυκνωτή, δηλ. μία συσκευή όπου το αέριο ψυκτικό μέσο αλλάζει φάση και μετατρέπεται σε υγρό. Η κατασκευή αυτή υλοποιήθηκε από το μηχανικό Nizer.

Ακόμη, ένας σημαντικός σταθμός στη βιομηχανία της ψύξης ήταν η ανακάλυψη των λεγομένων τότε ασφαλών ψυκτικών μέσων, τα οποία είχαν εξαιρετικά καλές θερμοδυναμικές ιδιότητες, δεν ήταν τοξικά και δεν αναφλέγονταν. Τα ψυκτικά αυτά μέσα ονομάζονται χλωροφθοράνθρακες, επειδή στο μόριό τους έχουν άνθρακα C, φθόριο F και χλώριο Cl. Το πρώτο ψυκτικό μέσο που ανακαλύφθηκε (1931) ήταν το R-12, δηλ. το διχλωροδιφθορο-μεθάνιο (CCl_2F_2), το οποίο χρησιμοποιήθηκε πολύ στα ψυγεία και στους καταψύκτες, αντικαθιστώντας την αμμωνία (NH_3), η οποία είναι επικίνδυνη λόγω της τοξικότητάς της. Οι χλωροφθοράνθρακες έδωσαν μεγάλη ώθηση στη βιομηχανία της ψύξης, αλλά μετά από 50 περίπου χρόνια (δεκαετία του 70) οι επιστήμονες Rowland και Molina ανακάλυψαν ότι τα ψυκτικά αυτά μέσα καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα του όζοντος της ατμόσφαιρας, το οποίο μας προστατεύει από τις επικίνδυνες

υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Για το λόγο αυτό, υπογράφηκε το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (Σεπτέμβριος 1987) από εκατό και πλέον χώρες, το οποίο προβλέπει τη σταδιακή αντικατάσταση των χλωροφθορανθράκων με άλλα ψυκτικά μέσα που δεν καταστρέφουν το όζον της ατμόσφαιρας (δεν περιέχουν χλώριο). Τέλος, το 1996 αποφασίστηκε η αντικατάσταση των παλιών μέσων μέχρι το έτος 2030, ενώ το 1998 οι διεθνείς οργανισμοί όρισαν κανόνες για τη συλλογή και την ανακύκλωση των ψυκτικών μέσων.

Η βιομηχανία της ψύξης γιγαντώθηκε μόλις σε μερικές δεκαετίες. Αυτή η εκρηκτική ανάπτυξη οφείλεται σε συγκεκριμένες αιτίες, όπως:

- Α) Επειδή εξελίχθηκαν οι μέθοδοι των μηχανουργικών κατεργασιών, αυτό έδωσε τη δυνατότητα να παράγονται μικρότερα και πιο αποτελεσματικά εξαρτήματα (π.χ. βαλβίδες, εξατμιστές κ.λπ.).
- Β) Η ανακάλυψη των “ασφαλών” ψυκτικών μέσων και
- Γ) Η ανακάλυψη του ηλεκτροκινητήρα με ισχύ μικρότερη από έναν ίππο (1 HP).

Σήμερα, αν εξαιρέσουμε τους ανθρώπους που εργάζονται στη βιομηχανία της ψύξης, λίγοι έχουν καταλάβει αφενός τον τεράστιο ρόλο της ψύξης στην τεχνολογική ανάπτυξη του κόσμου και αφετέρου πόσο πολύ στηρίζεται η σημερινή κοινωνία στην ψύξη και κυρίως στην ψύξη με μηχανική συμπίεση. Για παράδειγμα, πώς θα μπορούσε να τρέφεται ο πληθυσμός των πόλεων, αν δεν υπήρχαν τα μεγάλα ψυγεία για τη συντήρηση ή κατάψυξη των τροφίμων; Πώς θα μπορούσαμε να ζούμε και να εργαζόμαστε τους καλοκαιρινούς μήνες, αν δεν υπήρχαν οι κλιματιστικές συσκευές, οι οποίες ψύχουν τον αέρα μέσω των καταλλήλων ψυκτών;

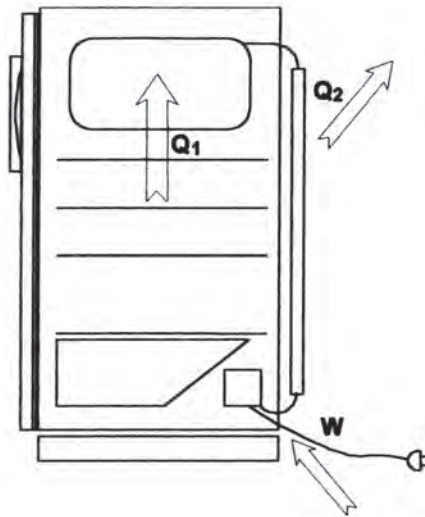
Οι πιο γνωστές εφαρμογές της ψύξης αφορούν τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα (εφαρμογές άνεσης), καθώς και την κατάψυξη, συντήρηση, αποθήκευση, μεταφορά και επίδειξη των τροφίμων στα καταστήματα. Ωστόσο, ο κατάλογος των διεργασιών που πραγματοποιούνται ή βελτιώνονται με χρήση της ψύξης είναι σήμερα σχεδόν ατελείωτος. Τα παραδείγματα είναι πάρα πολλά και εδώ αναφέρουμε μόνο ορισμένα ενδεικτικά, όπως: Κατασκευή μεγάλων φραγμάτων νερού, κατασκευή δρόμων και σηράγγων, παραγωγή πλαστικών και ελαστικών υλικών, αύξηση της παραγωγής υφασμάτων και χαρτιού, βελτίωση της σκλήρυνσης του χάλυβα κ.λπ.

1.3 Σύγχρονες εφαρμογές της ψύξης

Σε πολλές δραστηριότητες της καθημερινής ζωής είναι απαραίτητη η αφαίρεση θερμότητας από ορισμένους χώρους έτσι ώστε αυτοί να αποκτούν χαμηλές θερμοκρασίες, π.χ. ψυκτικοί θάλαμοι, οικιακά και εμπορικά ψυγεία, κ.λπ.

Για τον κλιματισμό χώρων κατά τη διάρκεια του θέρους είναι απαραίτητη ή ύπαρξη ψυχρού μέσου, για την αφαίρεση θερμότητας από τους χώρους που μας ενδιαφέρουν, ενώ το ίδιο θερμαίνεται. Οι εφαρμογές της ψύξης διακρίνονται:

- Ψύξη στη βιομηχανία
- Ψύξη στις μεταφορές
- Ψύξη στην κατοικία - εμπορείο.



Σχήμα 1.3.1 “Οικιακό ψυγείο

Στο σχήμα 1.3.1 παρουσιάζεται οικιακό ψυγείο, όπου με προσφορά μηχανικού έργου στο συμπιεστή παράγεται ψύχος. Στην περίπτωση αυτή, το περιβάλλον είναι το ζεστό θερμοδοχείο που αποβάλλεται το ποσό θερμότητας Q_2 και ο ψυχόμενος χώρος με τα τρόφιμα είναι το ψυχρό θερμοδοχείο από όπου αντλείται θερμότητα Q_1 (σε χαμηλή θερμοκρασία).

Η κατάψυξη του ψυγείου δέχεται τη θερμότητα από τα τρόφιμα και με τον ατμοποιητή αφαιρείται η θερμότητα αυτή, ενώ η μαύρη συνήθως σχάρα στο

πίσω μέρος του ψυγείου (συμπυκνωτής) θερμαίνει το περιβάλλον.

Μέσα από τον ατμοποιητή και το συμπυκνωτή, με τη βοήθεια συμπίεστη, κυκλοφορεί ψυκτικό μέσον (Freon) σε υγρή ή αέρια φάση.

Ψύξη για κλιματισμό άνεσης

Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται οι εγκαταστάσεις κλιματισμού αέρα, που ελέγχουν τις συνθήκες του αέρα κάποιου χώρου, ώστε οι κάτοικοί του να αισθάνονται πιο άνετα.

- 1. Νοσοκομείων.** Οι απαιτήσεις για ψύξη είναι μεγάλες και συνήθως χρησιμοποιούνται κεντρικά μηχανοστάσια με συμπίεστές που απαιτούν για τη λειτουργία τους ισχύ πολλών kW. Ανάλογα με την ανάγκη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλοι οι τύποι των μεγάλων μονάδων παραγωγής ψυκτικής ισχύος με εμβολοφόρους ή φυγοκεντρικούς συμπίεστές.
- 2. Κατοικιών.** Σε χώρες με θερμά κλίματα ή θερμές εποχές, όπως η Ελλάδα, πολλές φορές είναι απαραίτητη η ψύξη του αέρα των χώρων της κατοικίας. Η ανάγκη αυτή μπορεί να εμφανίζεται και για λόγους υγείας ασθενών ή ευπαθών ατόμων.
- 3. Καταστημάτων.** Ο κλιματισμός καταστημάτων είναι περισσότερο απαραίτητος, γιατί τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί πολύ οι ανάγκες σε φωτισμό, κάτι που συνεπάγεται αυξημένα φορτία.
- 4. Γραφείων.** Εδώ οι ανάγκες για ψύξη των χώρων εξυπηρετούν τα άτομα που εργάζονται ή που συναλλάσσονται μέσα στο χώρο και διατηρούν κατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος για τις διάφορες μηχανές γραφείου, που είναι εγκατεστημένες σε αυτά. Παράδειγμα, οι υπολογιστές, οι θερματικές οθόνες, τα τηλέτυπα, διάφορες γραφομηχανές και γενικά πολλοί τύποι ψηφιακών ηλεκτρονικών συσκευών λειτουργούν ικανοποιητικά μόνο σε περιορισμένη περιοχή θερμοκρασιών του αέρα.
- 5. Σχολείων.** Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό αιθουσών διδασκαλίας έχουν κλιματισμό ακόμα και σε οικονομικά αναπτυγμένες χώρες. Σε μερικές αίθουσες πανεπιστημίων υπάρχει κεντρικός κλιματισμός και σε πολλά γραφεία και μικρά ιδρύματα χρησιμοποιούνται μικρές τοπικές κλιματιστικές συσκευές με μικρούς συμπίεστές (εμβολοφόρους ερμητικούς ή μισοερμητικούς συμπίεστές, περιστροφικούς ή Screw type).

- 6. Οχημάτων.** Με τον όρο αυτό εννοούμε τα χερσαία μέσα μεταφοράς, όπως οχήματα σιδηροδρόμων, λεωφορεία ή και μικρά επιβατηγά. Σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μικροί ή μεσαίοι συμπιεστές ψυκτικού μέσου για να καλύψουν τις αντίστοιχες ανάγκες. Η κίνηση του συμπιεστή γίνεται μέσω ιμάντα και τροχαλίας, με χρήση μικρής ΜΕΚ ή ηλεκτροκινητήρα.
- 7. Αεροσκαφών.** Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται στα αεροσκάφη είναι το βάρος της εγκατάστασης, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται συσκευές όσο δυνατόν ελαφρύτερες. Τα συνηθισμένα αεροσκάφη έχουν εγκαταστάσεις με συμπιεστές που αποδίδουν 10-100 kW ($3,5 \div 35$ TR) και χρησιμοποιούν ψυκτικά μέσα R-12 ή R-114.
- 8. Πλοίων.** Το μέγεθος του συμπιεστή, ο τύπος και το ψυκτικό μέσο, εξαρτώνται από το μέγεθος, το είδος και τα μέρη στα οποία ταξιδεύει το πλοίο. Για εύκολη προμήθεια ψυκτικού μέσου χρησιμοποιούν συνήθως R-12. Το γεγονός αυτό επιβάλλει τη χρήση εμβολοφόρων συμπιεστών και δημιουργεί δυσκολίες για απαιτήσεις χαμηλών θερμοκρασιών, με αποτέλεσμα να έχει αρχίσει η διάδοση του R-22, αν και είναι δυσεύρετο σε απόμερα λιμάνια.

Ψύξη για βιομηχανικό κλιματισμό

Με τον όρο αυτό εννοείται η χρήση ελεγχόμενου κλιματολογικού περιβάλλοντος του χώρου για το όφελος των βιομηχανικών προϊόντων ή των μεθόδων παραγωγής ή επεξεργασίας τους. Υπάρχουν δηλαδή πολλές βιομηχανίες, που απαιτούν διατήρηση σταθερών συνθηκών κλιματολογικού περιβάλλοντος για την παραγωγή ή επεξεργασία των προϊόντων που τις αφορούν. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι βιομηχανίες φωτογραφικού χαρτιού και films, οι βιομηχανίες ευαίσθητων οπτικών οργάνων, τα υφαντουργεία και νηματοουργεία, τα τυπογραφεία πολύχρωμων εκτυπώσεων, η βιομηχανία ελαστικού ή πλαστικών ειδών κ.λπ.

Ως προς τα προϊόντα, σημαντικές απαιτήσεις για ψυκτική ισχύ έχουν οι χώροι αποθήκευσης φρούτων, γεωμήλων, γλυκισμάτων, αρτοσκευασμάτων και τα ψυγεία συντήρησης κρεάτων, ψαριών, πουλερικών, όπως και οι εγκαταστάσεις κατάψυξης αυτών των προϊόντων.

Στις εγκαταστάσεις με συμπιεστή γίνεται φανερή διάκριση μεταξύ εγκαταστάσεων κλιματισμού και αυτών της συντήρησης τροφίμων ή κατεψυγμένων γενικά προϊόντων, θερμοκρασίες αέρα χαμηλότερες από το όριο

των 0°C, όπου παγώνει το νερό. Αντίθετα τα φρούτα και τα λαχανικά διατηρούνται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τους 0°C, περίπου 4°C.

Βιομηχανική ψύξη

Σε αυτό το είδος κατατάσσονται εκείνες οι εγκαταστάσεις, όπου η θερμότητα αφαιρείται από τα μέσα άμεσα και χωρίς τη μεσολάβηση αέρα περιβάλλοντος. Συνηθισμένες εγκαταστάσεις είναι οι χημικές βιομηχανίες, η παραγωγή πάγου, η ψύξη οπλισμένου σκυροδέματος (όταν στρώνεται) κ.λπ.

1. *Παραγωγή πάγου.* Μέχρι το 1949 περίπου, η παραγωγή πάγου γινόταν μόνο σε μεγάλες εγκαταστάσεις και σε κολόνες που στη συνέχεια θρυμματίζονταν για χρήση μικρότερων μεγεθών. Σήμερα υπάρχει μεγάλο πλήθος από αυτόνομες εγκαταστάσεις ψύξης που παράγουν πάγο σε μικρά κομμάτια και σε ποσότητες από 10-500 kg το 24ωρο. Οι μικρές εγκαταστάσεις για βιομηχανική χρήση παράγουν 50-2000 kg πάγο το 24ωρο, ενώ μεγαλύτερες 3-40 tn πάγο το 24ωρο. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούνται κύρια για συντήρηση τροφίμων, ψύξη ποτών και από εστιατόρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία κ.λπ. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή πάγου εξαρτάται από την αρχική θερμοκρασία του νερού. Γενικά, κυμαίνονται γύρω στις 50-53 kWh για κάθε τόνο πάγου, όταν το νερό είναι αρχικής θερμοκρασίας 21 °C.
2. *Παγοδρόμια.* Παλαιότερα, για τις εφαρμογές αυτές ως ψυκτικό μέσον, χρησιμοποιούταν αποκλειστικά η αμμωνία, τελευταία όμως αυξάνουν συνέχεια οι εγκαταστάσεις με χρήση R-22, γιατί είναι πιο εύχρηστο και δεν έχει την οσμή και την τοξικότητα της αμμωνίας. Η θερμοκρασία της επιφάνειας του πάγου πρέπει να είναι -5.5°C ~ -3.3°C, ανάλογα με την υγρασία του αέρα και τη χρήση του παγοδρομίου. Η πιο χαμηλή θερμοκρασία είναι επιθυμητή για μεγάλες ταχύτητες κίνησης των παικτών, όπως π.χ. στο Hockey. Για να αναπτυχθούν αυτές οι θερμοκρασίες, κυκλοφορεί μέσα σε σωλήνες στο δάπεδο άρμη, η οποία ψύχεται από ψυκτική εγκατάσταση. Η θερμοκρασία της άρμης πρέπει να είναι -11°C ~ -9°C, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία του πάγου. Η αντίστοιχη θερμοκρασία των ατμών ψυκτικού μέσου είναι γύρω στους -15°C ~ -12°C.

3. *Οπλισμένο σκυρόδεμα ή χωματοουργικά έργα.* Από τη στιγμή της ανάμιξης των αδρανών υλικών με το τσιμέντο και το νερό για την ετοιμασία του σκυροδέματος, αρχίζει να παράγεται θερμότητα από τη χημική διεργασία που προκαλείται. Όταν η ποσότητα του σκυροδέματος είναι μεγάλη, τότε η θερμότητα που παράγεται δεν απάγεται εύκολα στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες που βλάπτουν την ποιότητά του και την αντοχή του. Για να αποφευχθεί αυτό το γεγονός, μπορεί να χρησιμοποιηθούν σωλήνες ψύξης μέσα στη μάζα του σκυροδέματος όπου κυκλοφορεί κρύα άρμη για όσο χρόνο χρειάζεται, η οποία απάγει τη θερμότητα από το σκυρόδεμα.
4. *Χημικές βιομηχανίες.* Υπάρχουν πάρα πολλές χημικές διεργασίες και αντίστοιχες εγκαταστάσεις που απαιτούν τη χρήση ψυκτικών εγκαταστάσεων σε διάφορες θερμοκρασίες ανάλογα με τα προϊόντα. Σε πολλές περιπτώσεις χημικών διεργασιών χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και για το λόγο αυτό οι αυτοματισμοί και ο έλεγχος των εγκαταστάσεων έχει αυξημένες απαιτήσεις για τις προδιαγραφές λειτουργίας. Άλλη ιδιομορφία των χημικών εγκαταστάσεων είναι οι χημικές επιδράσεις στα μέταλλα της εγκατάστασης ψύξης. Είναι απαραίτητη η ιδιαίτερη προσοχή λόγω των συνθηκών λειτουργίας, που μπορεί να απαιτούν μεγάλες πιέσεις για τα ρευστά τα οποία ψύχει η ψυκτική εγκατάσταση, με αποτέλεσμα να εμφανιστούν υψηλές απαιτήσεις αντοχής.

1.4 Είδη ψυγείων και καταψυκτών

Η συντήρηση των καταναλωτικών προϊόντων και ιδιαίτερα των τροφίμων αποτελεί την κυριότερη χρήση της ψύξης με μηχανική συμπίεση. Πράγματι, σήμερα η συντήρηση των τροφίμων έχει μεγαλύτερη σπουδαιότητα από ό,τι στο παρελθόν. Οι αστικοί πληθυσμοί απαιτούν σήμερα τεράστιες ποσότητες τροφίμων που κυρίως παράγονται και υφίστανται αρχική επεξεργασία μακριά από τα σημεία κατανάλωσης. Φυσικά, τα προϊόντα αυτά πρέπει να διατηρούνται σε καλή κατάσταση, δηλ. σε κατάσταση που να μη διαφέρει πολύ από την αρχική τους κατά τη μεταφορά και μετέπειτα αποθήκευσή τους, μέχρι να καταναλωθούν. Ο χρόνος αυτός μπορεί να είναι μερικές ώρες, μέρες, μήνες ή ακόμη και μερικά χρόνια σε ορισμένες περιπτώσεις. Επίσης, πολλά προϊόντα είναι εποχιακά, οπότε πρέπει να

αποθηκεύονται και να συντηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα, αν επιθυμούμε να τα καταναλώνουμε σε όλες τις εποχές του χρόνου.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της ψύξης σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους συντήρησης των τροφίμων είναι ότι διατηρεί τα τρόφιμα στην αρχική, φρέσκια κατάσταση. Διακρίνουμε τρεις γενικές κατηγορίες συντήρησης με ψύξη:

- 1) την προσωρινή ψύξη ολίγων ημερών,
- 2) τη μακροχρόνια ψύξη και
- 3) την κατάψυξη.

Στο σχήμα 1.4.1 παρουσιάζεται η θερμοκρασιακή απαίτηση για διάφορα είδη τροφίμων.



Σχήμα 1.4.1 “Θερμικές απαιτήσεις τροφίμων”

Στις κατηγορίες 1,2 ψύχεται το προϊόν μέχρι μια θερμοκρασία, η οποία είναι υψηλότερη από το σημείο πήξης του νερού που περιέχει (π.χ. 0°C έως 5°C) και έπειτα αποθηκεύεται σε ψυγεία. Στην 3η κατηγορία (κατάψυξη), το προϊόν ψύχεται σε θερμοκρασία συνήθως από -12°C έως -35°C

(συνήθως -18°C) και στη συνέχεια αποθηκεύεται στους καταψύκτες.

Κατάψυξη προϊόντος σημαίνει ότι το νερό των τροφίμων μετατρέπεται σε κρυστάλλους πάγου και λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας επιβραδύνονται δραστικά οι βιοχημικές αντιδράσεις σε αυτά και διατηρούνται φρέσκα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Για να διευκολυνθούμε, χωρίζουμε τα ψυγεία και τους καταψύκτες χωρίς ο διαχωρισμός αυτός να είναι απόλυτος.

A. Ψυγεία

1) **Οικιακά ψυγεία:** Έχουν μικρό μέγεθος και λειτουργούν με ηλεκτροκινητήρες μικρής ισχύος (35 έως 375 W). Τα ψυγεία αυτά είναι ερμητικά στεγανοποιημένα και είναι σε όλους γνωστά από τα σπίτια μας. Παρά το μικρό μέγεθός τους αποτελούν σημαντικό τομέα της βιομηχανίας της ψύξης λόγω του μεγάλου αριθμού τους.





Σχήμα 1.4.2 “Οικιακά ψυγεία”

2) **Εμπορικά ψυγεία:** Τα ψυγεία αυτά έχουν μικρό έως μεσαίο μέγεθος, κατασκευάζονται εξ ολοκλήρου στο εργοστάσιο και χρησιμοποιούνται σε μικρά καταστήματα ή πολυκαταστήματα, σε ξενοδοχεία, εστιατόρια, καθώς και σε επιχειρήσεις που επεξεργάζονται, αποθηκεύουν και διανέμουν τρόφιμα. Αν και υπάρχει μεγάλη ποικιλία εμπορικών ψυγείων ανάλογα με την εφαρμογή, ωστόσο μπορούμε γενικά να διακρίνουμε τις επόμενες υποκατηγορίες:

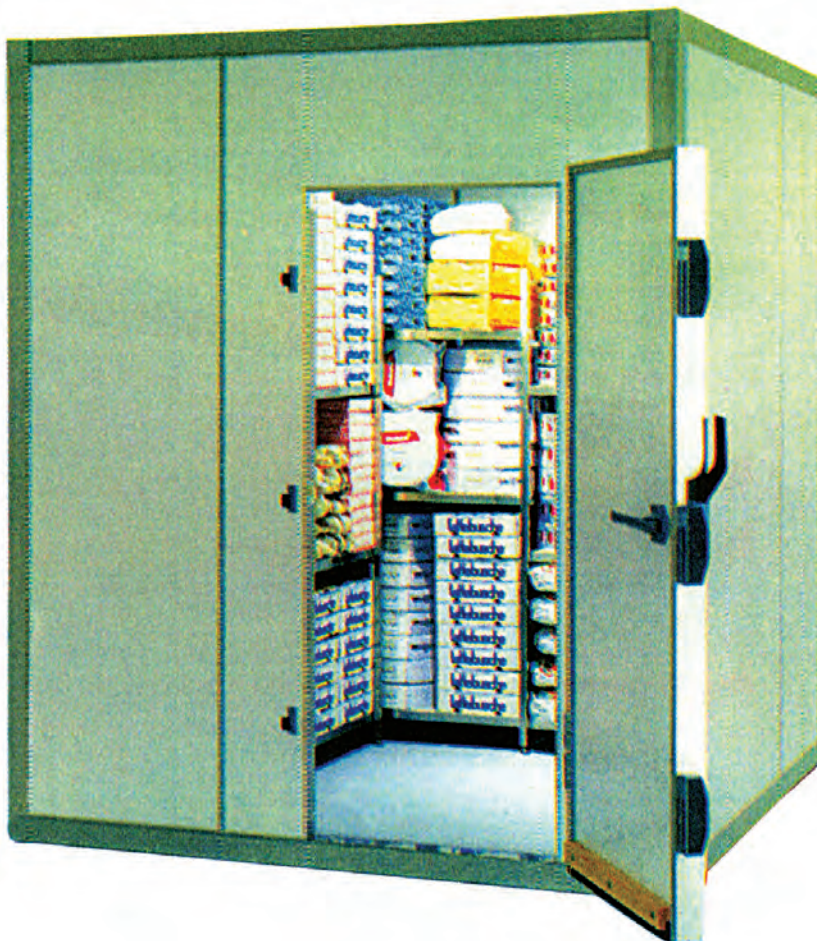
α) **Ψυγεία με ράφια και άμεση πρόσβαση:** Τα ψυγεία αυτά είναι ίσως τα πλέον χρησιμοποιούμενα από όλα τα εμπορικά, γιατί έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογών. Συνήθως, τα βλέπουμε στα μανάβικα, στις υπεραγορές, στα κρεοπωλεία, στους φούρνους, στα φαρμακεία, στα εστιατόρια, στα ανθοπωλεία, στα ξενοδοχεία κ.λπ. Τα περισσότερα απ' αυτά εξυπηρετούν μόνο για την αποθήκευση των προϊόντων. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα που χρησιμοποιούνται τόσο για αποθήκευση, όσο και για παρουσίαση των προϊόντων. Τα πρώτα έχουν αδιαφανείς πόρτες, ενώ τα δεύτερα έχουν πόρτες με τζάμι.



Σχήμα 1.4.3 “Εμπορικά ψυγεία”

β) Ψυγεία στα οποία μπαίνει ο χρήστης: Τα ψυγεία αυτά είναι κυρίως ψυγεία αποθήκευσης και διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών, ώστε να ικανοποιούν όλες τις ανάγκες. Σχεδόν όλα τα καταστήματα λιανικής ή χονδρικής πώλησης, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια κ.λπ. διαθέτουν ένα ή περισσότερα ψυγεία αυτού του τύπου για την αποθήκευση των τροφίμων. Μερικά ψυγεία, όπου ο χρήστης μπαίνει μέσα, έχουν πόρτες με τζάμι. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για την τοποθέτηση, επίδειξη και διανομή προϊόντων, όπως είναι τα γαλακτοκομικά, τα αυγά και τα διάφορα ποτά.

Γι' αυτό, τα ψυγεία αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως στις υπεραγορές (supermarkets).



Σχήμα 1.4.4 “Ψυγεία στα οποία μπαίνει ο χρήστης”

γ) Ψυγεία – βιτρίνες: Ο πρωταρχικός σκοπός τους είναι να παρουσιάσουν το προϊόν με όσο το δυνατόν πιο ελκυστικό τρόπο, ώστε να αυξάνονται οι πωλήσεις. Επομένως, όταν σχεδιάζεται ένα ψυγείο-βιτρίνα, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην παρουσίαση του προϊόντος. Όμως, πολλές φορές η καλή επίδειξη ενός προϊόντος δε συμβαδίζει με τις καλύτερες δυνατές συνθήκες για τη συντήρησή του. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος αποθήκευσης του προϊόντος σε ένα ψυγείο-βιτρίνα είναι συχνά πολύ περιορισμένος και κυμαίνεται από μερικές ώρες μέχρι το πολύ μία έως δύο εβδομάδες, ανάλογα με το προϊόν και το ψυγείο-βιτρίνα.

Τα ψυγεία-βιτρίνες είναι δύο κυρίως τύπων:

- 1) Το ψυγείο αυτοεξυπηρέτησης, όπου ο πελάτης εξυπηρετείται μόνος του και
- 2) το ψυγείο με υπάλληλο, όπου ο πελάτης εξυπηρετείται από έναν υπάλληλο του καταστήματος.

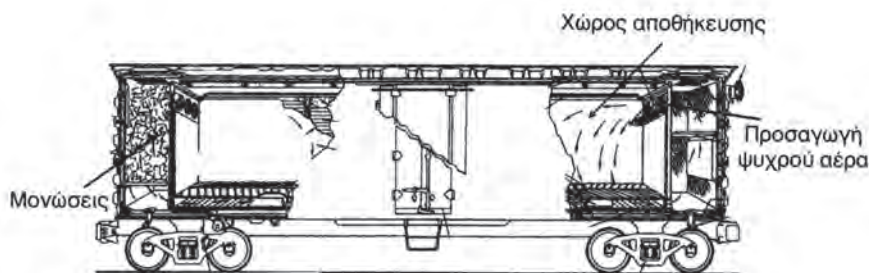
Ο τύπος (1) συνηθίζεται στις υπεραγορές και σε άλλα μεγάλα καταστήματα λιανικής πώλησης. Τα ψυγεία αυτοεξυπηρέτησης διακρίνονται σε ανοικτού και κλειστού τύπου. Τελευταία, έχει επικρατήσει ο ανοικτός, ιδιαίτερα στις υπεραγορές, όπου χρησιμοποιείται για την επίδειξη κρέατος, φρούτων, κατεψυγμένων προϊόντων, παγωτών, γαλακτοκομικών προϊόντων κ.λπ. Ο σχεδιασμός αυτών των ψυγείων διαφέρει κάπως από προϊόν σε προϊόν. Τα ψυγεία-βιτρίνες ανοικτού τύπου σχεδιάζονται είτε εντοιχισμένα ή μη εντοιχισμένα.

Ο τύπος (2) του ψυγείου-βιτρίνας απαιτεί την ύπαρξη ενός υπαλλήλου και χρησιμοποιείται κυρίως για επίδειξη κρεάτων και γαλακτοκομικών προϊόντων.



Σχήμα 1.4.5 “Ψυγεία – βιτρίνες”

δ) Ψυγεία (ψυκτικοί θάλαμοι) μεταφοράς προϊόντων: Τα ψυγεία μεταφοράς προϊόντων χρησιμεύουν για το προϊόν που έχει ήδη υποστεί ψύξη ή κατάψυξη από το σημείο αρχικής ψύξης μέχρι το χώρο της τελικής κατανάλωσης (υπεραγορά, αποθήκη χονδρικής πώλησης κ.λπ.). Διακρίνονται σε ψυγεία επί οχημάτων και σε πλοία-ψυγεία.



Σχήμα 1.4.6 “Ψυγεία επί οχημάτων”

- **Ψυγεία επί οχημάτων:** Είναι ψυγεία που έχουν προσαρμοσθεί πάνω σε φορτηγά οχήματα και παράγουν ψύξη με χρήση συμπιεστών, οι οποίοι παίρνουν κίνηση από τον πετρελαιοκινητήρα του οχήματος. Χρησιμοποιούνται τόσο για μεγάλες αποστάσεις (π.χ. ψυγεία φορτηγά για κατεψυγμένα κρέατα εξωτερικού), όσο και για τοπική διανομή προϊόντων (π.χ. διανομή γάλακτος ή παγωτού).
- **Πλοία – ψυγεία:** Διακρίνουμε τα πλοία ψυγεία στα οποία ολόκληρο το κύτος (το αμπάρι), χρησιμοποιείται ως ψυκτικός θάλαμος και τα πλοία που είναι ειδικά κατασκευασμένα για να δέχονται ψυγεία τύπου Container (κοντέινερ).



Σχήμα 1.4.7 “Πλοία-ψυγεία”



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Ψύξη είναι η δημιουργία χαμηλών θερμοκρασιών με τη χρήση των κατάλληλων μηχανημάτων και συσκευών που συνιστούν την τεχνολογία της ψύξης.
- Στην τεχνολογία της ψύξης εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο κατά το οποίο όταν ένα σώμα αλλάζει κατάσταση, δηλ. μετατρέπεται από υγρό σε αέριο ή αντίστροφα, τότε απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα αντίστοιχα.
- Όταν ένας χώρος ψύχεται, τότε “αντλείται” θερμότητα από το χώρο που έχει χαμηλή θερμοκρασία και αποβάλλεται στον εξωτερικό χώρο που έχει υψηλότερη θερμοκρασία. Για τη μεταφορά θερμότητας απαιτείται μία ψυκτική μηχανή αφού ως γνωστόν η θερμότητα δεν μπορεί από μόνη της να ρέει από τη χαμηλή προς την υψηλή θερμοκρασία.
- Σε παλαιότερα χρόνια (πριν το 1850) χρησιμοποιούνταν ο φυσικός πάγος για τη δημιουργία ψύξης.
- Το πρώτο μεγάλο βήμα στην τεχνολογία της ψύξης ήταν η παραγωγή τεχνητού πάγου με εγκατάσταση συμπίεσης των ατμών της αμμωνίας (1858 με το Γάλλο μηχανικό Carr).
- Η δεύτερη σημαντική στιγμή ήταν η κατασκευή του ηλεκτρικού οικιακού ψυγείου από την εταιρεία Kelvinator (1918) με συμπιεστή μικρής ισχύος (κάτω από 1 kW) και ταυτόχρονα η ανακάλυψη των χλωροφθορανθράκων, δηλ. ψυκτικών ρευστών που αποτελούνται από άνθρακα (C), φθόριο (F) και χλώριο (Cl) και που έχουν εξαιρετικές θερμοδυναμικές ιδιότητες.
- Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι χλωροφθοράνθρακες καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα του όζοντος της ατμόσφαιρας και ότι σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987) πρέπει να αντικατασταθούν με νέα ψυκτικά ρευστά.
- Η τεχνολογία της ψύξης χρησιμοποιείται για τη δημιουργία συνθηκών άνεσης στα νοσοκομεία, στις κατοικίες, στα γραφεία, στα σχολεία, στα οχήματα, στα αεροσκάφη και στα πλοία.

- Η ψύξη είναι απαραίτητη για τη βιομηχανική παραγωγή πολλών προϊόντων (π.χ. φωτογραφικού χαρτιού, νημάτων, πλαστικού κ.λπ.) καθώς και για τη συντήρηση των γεωργικών προϊόντων, των κρεάτων και των πουλερικών.
- Οι εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξης εφαρμόζονται στην παραγωγή πάγου, στα παγοδρόμια, στην παραγωγή σπλισμένου σκυροδέματος και στην παραγωγή χημικών προϊόντων.
- Το μεγάλο πλεονέκτημα της ψύξης σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους συντήρησης τροφίμων είναι ότι διατηρεί τα τρόφιμα στην αρχική, φρέσκια κατάσταση.
- Τα ψυγεία διακρίνονται σε οικιακά και εμπορικά. Τα τελευταία διακρίνονται περαιτέρω σε ψυγεία με άμεση πρόσβαση, σε ψυγεία στα οποία μπαίνει ο χρήστης, σε ψυγεία - βιτρίνες και σε ψυγεία μεταφοράς προϊόντων (επί οχημάτων και σε πλοία).

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

- 1) Τι ορίζεται ως ψύξη;
- 2) Γιατί το οινόπνευμα εξατμίζεται ακόμη και στους 20 °C, ενώ το νερό πρέπει να ζεσταθεί στους 100 °C, όταν και στις δύο περιπτώσεις η πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική (1 Atm);
- 3) Να δώσετε τρία παραδείγματα παραγωγής ψύξης.
- 4) Ποιο φαινόμενο εκμεταλλεόμαστε για τη δημιουργία ψύξης με χρήση κατάλληλων ψυκτικών ρευστών;
- 5) Γιατί είναι απαραίτητο να υπάρχει ψυκτική μηχανή, όταν πρέπει να ψύχεται ο αέρας ενός χώρου;
- 6) Ποια δυσμενή αποτελέσματα έχει προκαλέσει η μεγάλη εξάπλωση των συστημάτων ψύξης τις τελευταίες δεκαετίες;
- 7) Να αναφέρετε δύο μεγάλους σταθμούς στην εξέλιξη της τεχνολογίας της ψύξης.
- 8) Ποια χημικά στοιχεία περιέχουν στα μόριά τους οι χλωροφθοράνθρακες και γιατί έχει αποφασισθεί η άμεση αντικατάστασή τους;
- 9) Να αναφέρετε δύο λόγους στους οποίους οφείλεται η γιγάντωση της βιομηχανίας της ψύξης σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα.
- 10) Να αναφέρετε δύο παραδείγματα τα οποία να αποδεικνύουν τη μεγάλη εξάρτηση της σημερινής κοινωνίας από την ψύξη που παράγεται με μηχανική συμπίεση ατμών.
- 11) Να αναφέρετε τέσσερις περιπτώσεις, που η ψύξη χρησιμοποιείται για τη δημιουργία συνθηκών ανθρώπινης άνεσης.

- 12) Πώς χρησιμοποιείται η βιομηχανική ψύξη (δώστε τρία παραδείγματα).
- 13) Να αναφέρετε μερικά τρόφιμα που χρειάζονται οπωσδήποτε ψύξη για να διατηρούνται στην αρχική τους κατάσταση.
- 14) Να αναφέρετε τρία χαρακτηριστικά γνωρίσματα των οικιακών ψυγείων.
- 15) Να αναφέρετε τέσσερα είδη εμπορικών ψυγείων.
- 16) Γιατί στα ψυγεία-βιτρίνες ο χρόνος αποθήκευσης είναι συχνά πολύ περιορισμένος;

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ

- 2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΨΥΓΕΙΩΝ - Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ
- 2.2 Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΥ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ
- 2.3 Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΟΙΚΙΑΚΟΥ Ή ΜΙΚΡΟΥ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΨΥΚΤΗ



Να γνωρίζει ο μαθητής τις συσκευές και τα μηχανήματα από τα οποία αποτελείται το οικιακό ψυγείο.

Να γνωρίζει το σκοπό του εξατμιστή (ή ατμοποιητή) του ψυγείου

Να περιγράφει τις μεταβολές που παθαίνει ο αέρας του ψυκτικού θαλάμου κατά την πορεία του γύρω από τον εξατμιστή.

Να μπορεί να εξηγεί πότε το οικιακό ψυγείο χρειάζεται ένα και πότε δύο εξατμιστές.

Να γνωρίζει τις θερμοκρασίες συντήρησης και κατάψυξης.

Να διακρίνει τους τρόπους κυκλοφορίας του αέρα πάνω από τον εξατμιστή

Να εξηγεί γιατί ο εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα συνεπάγεται εξοικονόμηση χώρου.

Να μπορεί να περιγράφει χονδρικά τις μορφές των δύο τύπων εξατμιστών.

Να γνωρίζει το σκοπό του συμπιεστή

Να περιγράφει την εξωτερική μορφή των συμπιεστών οικιακών ψυγείων και να γνωρίζει τα όρια της ισχύος τους.

Να αναφέρει τους σωλήνες με τους οποίους συνδέεται ο συμπιεστής

Να γνωρίζει το σκοπό ύπαρξης του ειδικού σωλήνα εξυπηρέτησης

Να γνωρίζει το σκοπό του συμπυκνωτή.

Να γνωρίζει τους τρόπους ψύξης του συμπυκνωτή.

Να διακρίνει τις μορφές του συμπυκνωτή ανάλογα με τους τρόπους ψύξης του.

Να γνωρίζει τους σκοπούς της εκτονωτικής διάταξης (τριχοειδή σωλήνα)

Να εξηγεί πώς ο κατασκευαστής επιλέγει το μήκος του τριχοειδούς σωλήνα.

Να αναφέρει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του τριχοειδή σωλήνα.

Να γνωρίζει τις εφαρμογές και τις συνθήκες λειτουργίας του μικρού επαγγελματικού ψυγείου.

Να αναφέρει τις θέσεις στις οποίες τοποθετούνται τα βασικά συστατικά μέρη ενός μικρού επαγγελματικού ψυγείου (π.χ εξατμιστής, συμπιεστής, λεκάνη, συμπυκνωτής).

Να μπορεί ο μαθητής να περιγράφει χονδρικά τη διεργασία της κατάψυξης.

Να αναφέρει τις θέσεις στις οποίες τοποθετούνται τα βασικά τμήματα του μικρού επαγγελματικού καταψύκτη.

2.1 Γενικά περί ψυγείων - Η κατασκευαστική δομή του οικιακού ψυγείου - προβλήματα ψυκτικού θαλάμου

Το οικιακό ψυγείο είναι μια ηλεκτρική συσκευή, η οποία αφαιρεί θερμότητα από τα τρόφιμα που καταναλώνουμε καθημερινά στο σπίτι, ώστε αυτά να διατηρούνται σε συνθήκες συντήρησης ή κατάψυξης (βλέπε το Κεφάλαιο Ι). Για να πραγματοποιηθεί όμως η αφαίρεση της θερμότητας από τα τρόφιμα, ο αέρας του θαλάμου, όπου τοποθετούνται και ο οποίος ονομάζεται **ψυκτικός θάλαμος**, πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία μικρότερη από εκείνη των τροφίμων, ώστε η θερμότητα να ρέει από το θερμό σώμα (τρόφιμα) προς το ψυχρό σώμα (αέρας), όπως απαιτεί το 2ο Αξίωμα της Θερμοδυναμικής. Ο αέρας αυτός απορροφά επίσης τη θερμότητα που μπαίνει στον ψυκτικό θάλαμο μέσα από τα τοιχώματά του, καθώς και από το άνοιγμα και το κλείσιμο της πόρτας, και ακόμη απορροφά την υγρασία που εκλύουν τα τρόφιμα ή που μπαίνει από την πόρτα του θαλάμου. Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε το βασικό ψυκτικό συγκρότημα ενός οικιακού ψυγείου (Σχήμα 2.1.1) και περιγράφουμε τις βασικές συσκευές και τα μηχανήματα αυτού.

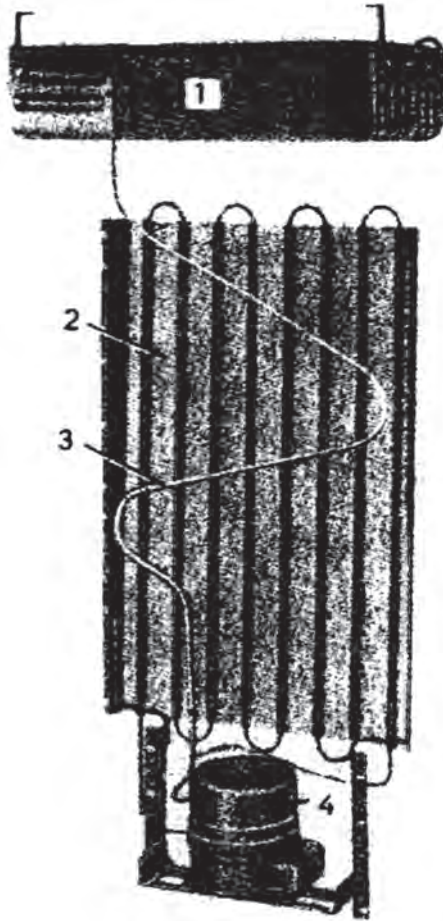
α. Ο εξατμιστής (στοιχείο ατμοποίησης)

Η ψύξη του αέρα που κυκλοφορεί μέσα στον ψυκτικό θάλαμο πραγματοποιείται με μια συσκευή, η οποία ονομάζεται **εξατμιστής ή στοιχείο ατμοποίησης** και η οποία ουσιαστικά αποτελεί έναν εναλλάκτη θερμότητας, στον οποίο γίνεται εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του αέρα του θαλάμου και ενός κατάλληλου ψυκτικού μέσου, το οποίο ρέει μέσα στον εξατμιστή. Οι εξατμιστές που χρησιμοποιούνται στα οικιακά ψυγεία έχουν συνήθως τη μορφή σερπαντίνας ή επίπεδης πλάκας. Ο αέρας περνά πάνω από τη σερπαντίνα ή την πλάκα και χάνει τόσο αισθητή θερμότητα, οπότε μειώνεται η θερμοκρασία του, όσο και λανθάνουσα θερμότητα, οπότε παθαίνει αφύγρανση (ελαττώνεται η υγρασία του), γεγονός που προκαλεί το σχηματισμό πάγου στη σερπαντίνα ή την πλάκα του εξατμιστή. Αφού ο αέρας δώσει την αισθητή και λανθάνουσα θερμότητά του στον εξατμιστή, ακολούθως επιστρέφει και διανέμεται στον ψυκτικό θάλαμο, έχοντας χαμηλότερη θερμοκρασία και υγρασία, ώστε να απορροφήσει τη θερμότητα και την υγρασία των τροφίμων. Η κυκλοφορία αυτή του αέρα επαναλαμβάνεται πολλές φορές, μέχρις

όπου ο θάλαμος του ψυγείου αποκτήσκει την επιθυμητή θερμοκρασία, η οποία για το χώρο της συντήρησης κυμαίνεται περίπου από 2° έως 4°C και η οποία μετριέται με ένα θερμόμετρο που τοποθετείται στο κέντρο του θαλάμου συντήρησης μέσα σε ένα ποτήρι νερό. Η ένδειξη αυτού του θερμόμετρου θεωρείται ως η μέση θερμοκρασία του αέρα, που επιστρέφει στον εξατμιστή από την αρχή της λειτουργίας του ψυγείου, και που είναι ζεστός μέχρι το τέλος λειτουργίας, που ο αέρας θα έχει αποκτήσει θερμοκρασία 2°C έως 4°C. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι οι αναφερόμενες τιμές θερμοκρασίας ισχύουν μόνο αν το ψυγείο έχει τοποθετηθεί σε χώρο του σπιτιού, όπου επικρατούν συνθήκες άνεσης, δηλ. περίπου 25°-27°C το καλοκαίρι και 18°-20°C το χειμώνα. Διαφορετικά, το ψυγείο δε θα πιάσει τις αναφερόμενες θερμοκρασίες.

Σύμφωνα με αυτά που αναφέραμε στο Κεφάλαιο 1, τα τρόφιμα διατηρούνται είτε φρέσκα (π.χ. λαχανικά, φρούτα) ή κατεψυγμένα (π.χ. κρέας, ψάρι). Επομένως, το οικιακό ψυγείο πρέπει να έχει τη δυνατότητα να διατηρεί τόσο τα νωπά, όσο και τα κατεψυγμένα τρόφιμα. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη διαμόρφωση του θαλάμου του ψυγείου σε δύο τμήματα, δηλ. στο θάλαμο κατάψυξης και στο θάλαμο συντήρησης. Για τα δύο αυτά τμήματα του ψυγείου υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις:

- α) Ο θάλαμος κατάψυξης επικοινωνεί με το θάλαμο συντήρησης, οπότε το ψυγείο έχει ένα μόνο εξατμιστή, ο οποίος ψύχει τον αέρα μέχρι τους -18°C ή και χαμηλότερα, ενώ ένα μέρος του αέρα ρέει προς το θάλαμο συντήρησης, επειδή είναι βαρύτερος (ψυγεία παλαιότερου τύπου).
- β) το ψυγείο έχει δύο ξεχωριστούς θαλάμους, οπότε διαθέτει δύο εξατμιστές συνδεδεμένους σε σειρά, και ο ένας εξατμιστής ψύχει τον αέρα μέχρι και -24°C ενώ ο άλλος τον ψύχει από 2° έως 4°C.



Σχήμα 2.1.1 Το βασικό ψυκτικό συγκρότημα οικιακού ψυγείου. Αποτελείται από ατμοποιητή (σχήματος κατάψυξης, 1), συμπυκνωτή με φυσική κυκλοφορία αέρα (2), αγωγό αναρρόφησης μαζί με τον τριχοειδή σωλήνα (3) και ερμητικό παλινδρομικό συμπιεστή (4)

Οι εξατμιστές των οικιακών ψυγείων διακρίνονται σε δύο τύπους ως προς τον τρόπο κυκλοφορίας του αέρα:

- α) φυσικής κυκλοφορίας και
- β) εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Οι εξατμιστές *φυσικής κυκλοφορίας* έχουν συνήθως σχήμα επίπεδης πλάκας, στην οποία οι δίοδοι (κανάλια) ροής του ψυκτικού μέσου διαμορφώνονται με πρεσάρισμα των δύο μισών της πλάκας, όπου έχουν σχηματισθεί αρχικά οι κατάλληλες κοιλότητες (μισά κανάλια). Για να πραγματοποιηθεί

μετάδοση θερμότητας στον εξατμιστή αυτού του είδους πρέπει να δημιουργούνται φυσικά ρεύματα, τα οποία να ρέουν ελεύθερα πάνω στον εξατμιστή, ο οποίος λόγω της διαμόρφωσης του καλύπτει όλο το χώρο του θαλάμου κατάψυξης. Ο αέρας ανεβαίνει από το θάλαμο συντήρησης, επειδή είναι θερμότερος και άρα ελαφρύτερος, περνά γύρω από τον εξατμιστή, ψύχεται και επομένως βαραίνει και τελικά ρέει πάλι προς τον θάλαμο συντήρησης των νωπών τροφίμων από την κάτω επιφάνεια του εξατμιστή ή από τα πλάγια διάκενα του θαλάμου κατάψυξης. Στον εξατμιστή αυτού του τύπου τα τρόφιμα είναι σε άμεση επαφή με την επιφάνεια του, η οποία υφίσταται φθορά. Ο πάγος που σχηματίζεται στην επιφάνεια του εξατμιστή λιώνει με τη διαδικασία της απόψυξης, η οποία μπορεί να είναι αυτόματη ή χειροκίνητη (βλέπε το Κεφάλαιο 4).

Οι εξατμιστές *εξαναγκασμένης κυκλοφορίας* δε βασίζονται στη φυσική, ελεύθερη ροή του αέρα, αλλά αντίθετα χρησιμοποιούν ανεμιστήρα, ο οποίος αναγκάζει τον αέρα να κινείται με ικανοποιητική ταχύτητα μέσα από τον εξατμιστή με κατεύθυνση προς το θάλαμο κατάψυξης. Ο ανεμιστήρας συνδέεται πάντοτε με τον αντίστοιχο ηλεκτροκινητήρα (μοτέρ), ο οποίος δίνει κίνηση και ο οποίος είναι μονοφασικός και μικρής ισχύος στα οικιακά ψυγεία. Επειδή η ροή του ψυχρού αέρα πραγματοποιείται με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα απ' ό,τι στον εξατμιστή φυσικής κυκλοφορίας, αυτό συνεπάγεται πολύ καλύτερη μετάδοση θερμότητας από τον αέρα προς το ψυκτικό μέσον. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα για μείωση του μεγέθους του εξατμιστή, οπότε έτσι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χώρου μέσα στην κατάψυξη για αποθήκευση μεγαλύτερης ποσότητας τροφίμων. Οι εξατμιστές αυτού του τύπου κατασκευάζονται από σωλήνα αλουμινίου, στον οποίο στερεώνονται με συγκόλληση μικρά πτερύγια που έχουν σκοπό να αυξάνουν την επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας του εξατμιστή έτσι, ώστε να βελτιώνεται η μετάδοση θερμότητας από τον αέρα προς το ψυκτικό μέσον. Ο σωλήνας αλουμινίου διαμορφώνεται με πολλά τυλίγματα, ώστε να σχηματίζει μια σερπαντίνα, ενώ τα αναφερόμενα πτερύγια απέχουν ίση απόσταση μεταξύ τους, η οποία υπολογίζεται έτσι, ώστε αφενός να επιτρέπει το σχηματισμό πάγου και αφετέρου να μην εμποδίζει τη ροή του αέρα. Ο εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας τοποθετείται κανονικά στο πίσω μέρος του θαλάμου κατάψυξης και δεν είναι εκτεθειμένος ούτε στα τρόφιμα αλλά ούτε και στο χρήστη. Η θέση του μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφη ανάλογα με την αντίστοιχη διαμόρφωση του θαλάμου κατάψυξης του ψυγείου. Οι σχετικές θέσεις μεταξύ ανεμιστήρα και εξατμιστή εξαρτώνται από τον εκάστοτε

κατασκευαστή. Επίσης, η κατεύθυνση της ροής του αέρα ρυθμίζεται με αεραγωγούς, ενώ η παροχή του προς το θάλαμο συντήρησης μπορεί να ρυθμίζεται με κλαπέτα. Τέλος, σημειώνουμε πως οι εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας δεν απαιτούν τακτική συντήρηση, διότι ο αέρας ανακυκλώνεται αδιάκοπα μέσα στο θάλαμο και δεν απαιτούνται φίλτρα αέρα.

β. Ο συμπιεστής

Στην εισαγωγή του κεφαλαίου αναφέραμε ότι το οικιακό ψυγείο είναι μια συσκευή που αφαιρεί θερμότητα από τα αποθηκευμένα τρόφιμα και την απορρίπτει στο χώρο του δωματίου, όπου έχει τοποθετηθεί. Επίσης, είπαμε πως η αφαίρεση της θερμότητας πραγματοποιείται με τον ψυχρό αέρα που κυκλοφορεί μέσα στο ψυγείο. Πώς όμως είναι δυνατόν η θερμότητα να ρέει από τον αέρα του ψυγείου, ο οποίος είναι πολύ ψυχρός (πολλές φορές ψυχρότερος και από -18°C), προς τον πολύ θερμότερο αέρα του δωματίου (π.χ. κουζίνας) που το καλοκαίρι μπορεί να φθάνει ακόμη και στους 30°C , όταν γνωρίζουμε από το 2ο Αξίωμα της Θερμοδυναμικής (αλλά και από την εμπειρία μας) ότι η θερμότητα ρέει μόνη της από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα;

Για να “υπερνικηθεί” λοιπόν αυτό το βασικό Αξίωμα, εισάγεται στο ψυγείο ένα ειδικό μηχάνημα, το οποίο ονομάζεται συμπιεστής και το οποίο έχει σκοπό να αναρροφά αρχικά το ψυκτικό μέσον που περιέχει τη θερμότητα του αέρα του ψυγείου από τον εξατμιστή (βλέπε την παράγραφο α.) σε χαμηλή πίεση και ακολούθως να το συμπιέζει (να του ανεβάξει την πίεση) έτσι, ώστε να αποβάλλεται η θερμότητα του ψυκτικού μέσου προς τον αέρα του περιβάλλοντος χώρου μέσω του συμπυκνωτή. Κατ’ αυτόν τον τρόπο ο συμπιεστής πετυχαίνει την εξαναγκασμένη ροή θερμότητας από τον αέρα του ψυγείου προς τον αέρα του περιβάλλοντος με την απαραίτητη βοήθεια ενός ψυκτικού μέσου που αποτελεί, όπως λέμε, το εργαζόμενο μέσον.

Οι συμπιεστές που χρησιμοποιούνται στα οικιακά ψυγεία, σχήμα 2.1.2, είναι πολύ μικρότεροι σε σύγκριση με αυτούς που χρησιμοποιούνται στα επαγγελματικά ψυγεία ή στους ψύκτες που εφαρμόζονται στον κλιματισμό. Το σχήμα τους είναι εντελώς κλειστό και αποτελείται από δύο τμήματα, τα οποία ενώνονται με συγκόλληση, ώστε να είναι απόλυτα στεγανοποιημένοι ή όπως λέγεται, ερμητικά στεγανοποιημένοι, επειδή η υγρασία του αέρα είναι ο χειρότερος “εχθρός” της λειτουργίας τους. Το σχήμα αυτό είναι χαρακτηριστικό και μοιάζει αρκετά με το σχήμα της τηγανίτας (ιδιαίτερα στα παλαιότερα ψυγεία) και γι’ αυτό οι συμπιεστές αυτοί ονομάστηκαν τύπου



Σχήμα 2.1.2 Συμπιεστής μικρής ψυκτικής διάταξης

Τηγανίτας. Οι συμπιεστές αυτού του τύπου είναι θετικού εκτοπίσματος και αντλούν το αέριο ψυκτικό μέσον από τον εξατμιστή, χρησιμοποιώντας την αρχή της παλινδρόμησης, οπότε έχουν έμβολο, ή την αρχή της περιστροφής, οπότε έχουν στροφείο (ρότορα). Η ισχύς των συμπιεστών αυτών είναι πολύ μικρή και πάντως μικρότερη από τον έναν ίππο ($1\text{HP} = 0,746\text{ kW}$) και κυμαίνεται από 90 έως 250W (1/8 έως 1/3 HP) περίπου. Για το λόγο αυτό οι συμπιεστές των οικιακών ψυγείων ονομάζονται κλασματικής ισχύος. Οι συμπιεστές αυτοί είναι πολύ αξιόπιστοι και μπορούν να λειτουργούν χωρίς προβλήματα για πολλά χρόνια (πάνω από είκοσι), οπότε και πρέπει να αντικαθίστανται (όταν πάθουν βλάβη), επειδή ο ερμητικός συμπιεστής δεν είναι δυνατόν να επισκευασθεί.

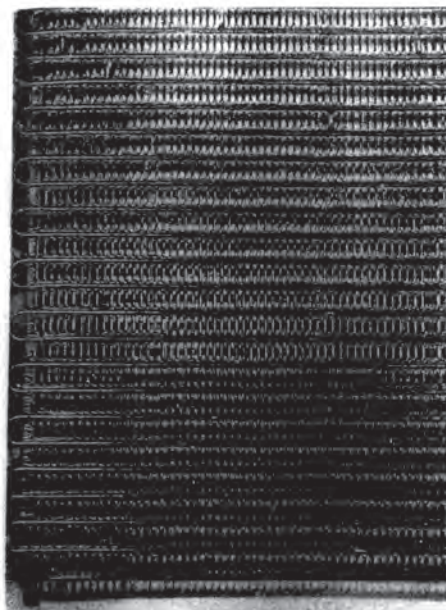
Ο συμπιεστής του οικιακού ψυγείου τοποθετείται στο κάτω και πίσω μέρος του ψυγείου έτσι, ώστε ο τεχνίτης (ή ο χρήστης) να έχει άνετη πρόσβαση σε αυτόν. Για να συντηρηθεί ο συμπιεστής πρέπει το ψυγείο να απομακρυνθεί από τον τοίχο και γι' αυτό τα σύγχρονα ψυγεία διαθέτουν μικρούς τροχούς στη βάση τους, ώστε να μετακινούνται εύκολα. Οι βασικές σωληνώσεις που συνδέονται με το συμπιεστή είναι δύο, ήτοι η σωλήνωση (γραμμή) αναρρόφησης, η οποία χρησιμεύει για τη μεταφορά του ατμού του ψυκτικού μέσου από τον εξατμιστή, και η σωλήνωση (γραμμή) κατάθλιψης, η οποία μεταφέρει τον ήδη συμπιεσμένο ατμό μέχρι μια συσκευή που ονομάζεται συμπυκνωτής και στην οποία πραγματοποιείται η αποβολή της θερμότητας του ψυκτικού μέσου στον περιβάλλοντα αέρα. Οι

σωληνώσεις αυτές είναι συνήθως από χαλκό και σπανιότερα από χάλυβα. Επίσης, ο συμπιεστής έχει συνήθως μια μικρή σωληνωτή προεξοχή (απόφυση), η οποία ονομάζεται ειδικός σωλήνας εξυπηρέτησης (service) και η οποία αποτελεί προέκταση της γραμμής αναρρόφησης και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις εργασίες εξυπηρέτησης του συμπιεστή, όπως είναι η δημιουργία κενού ή η προσθήκη ψυκτικού υγρού.

Ο συμπιεστής κατά τη λειτουργία του προκαλεί θόρυβο. Για να αποφεύγεται λοιπόν η δημιουργία θορύβου, ο συμπιεστής στηρίζεται σε ειδικά ελαστικά στηρίγματα, τα οποία στερεώνονται στη βάση του ψυγείου με τους κατάλληλους κοχλίες συγκράτησης. Η διάταξη αυτή αποτελεί την εξωτερική στήριξη του συμπιεστή, ο οποίος όμως έχει και εσωτερική στήριξη, η οποία επιτυγχάνεται με εσωτερικά ελατήρια που εδράζονται πάνω σε εσωτερικούς βραχίονες (προεξοχές) του περιβλήματος του συμπιεστή έτσι, ώστε να απορροφούν τους κραδασμούς που δημιουργούνται κατά την παλινδρόμηση του εμβόλου ή την περιστροφή του στροφέα.

γ. Ο συμπυκνωτής

Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, ο συμπιεστής τελικά βγάζει τον ατμό του ψυκτικού μέσου από τη βαλβίδα εξαγωγής του με υψηλή πίεση. Ο ατμός αυτός περιέχει ολόκληρη τη θερμότητα που πήρε από τον αέρα του ψυκτικού θαλάμου του ψυγείου (θερμότητα τροφίμων, υγρασία θαλάμου, θερμότητα από το άνοιγμα και κλείσιμο της πόρτας του ψυγείου), καθώς επίσης και την ενέργεια λόγω της συμπίεσης που πραγματοποιήθηκε μέσα στο συμπιεστή. Η συνολική αυτή ενέργεια (θερμότητα συν μηχανικό έργο) ονομάζεται *ενθαλπία* του ψυκτικού μέσου και πρέπει να απορρίπτεται στον περιβάλλοντα χώρο του ψυγείου, ώστε το τελευταίο να μπορεί να λειτουργεί. Αυτό επιτυγχάνεται με μια ειδική συσκευή που ονομάζεται συμπυκνωτής. Ο σκοπός του συμπυκνωτή, σχήμα 2.1.3, είναι να συμπυκνώνει τον ατμό του ψυκτικού μέσου, δηλ. να τον μετατρέπει σε υγρό, οπότε κατά τη συμπύκνωση αυτή θα αποβάλλεται ολόκληρη η ενέργεια που έχει πάρει το ψυκτικό μέσον στον εξαμιστή και στο συμπιεστή. Η συμπύκνωση ή αλλαγή φάσης του ατμού πραγματοποιείται με μετάδοση θερμότητας από τη συσκευή του συμπυκνωτή προς τον ατμοσφαιρικό αέρα του περιβάλλοντος χώρου (π.χ. κουζίνας). Για το λόγο αυτό λέμε πως οι συμπυκνωτές των οικιακών ψυγείων είναι αερόψυκτοι. Επειδή όμως ο αέρας του χώρου έχει αρκετά υψηλή θερμοκρασία (π.χ. 27°C - 33°C το καλοκαίρι) πρέπει η θερμοκρασία του



Σχήμα 2.1.3 Συμπυκνωτής

συμπυκνωτή και επομένως του ψυκτικού μέσου να είναι μεγαλύτερη από τον αέρα του χώρου έτσι, ώστε να πραγματοποιείται μετάδοση θερμότητας από το συμπυκνωτή προς τον αέρα.

Στα οικιακά ψυγεία ο συμπυκνωτής ψύχεται είτε με αέρα φυσικής κυκλοφορίας, δηλ. με τον περιβάλλοντα αέρα, ο οποίος ρέει μέσα από το συμπυκνωτή μόνος του (επειδή θερμαίνεται) και χωρίς καμία εξωτερική βοήθεια, ή με αέρα εξαναγκασμένης ή βεβιασμένης κυκλοφορίας, οπότε προστίθεται ένας ανεμιστήρας μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα του πίσω από το συμπυκνωτή, ώστε να στέλνει τον αέρα με μεγάλη ταχύτητα στο συμπυκνωτή (βλέπε Κεφάλαιο 4, παράγραφος 3).

Στην πρώτη περίπτωση, ο συμπυκνωτής του ψυγείου έχει τη μορφή σωλήνωσης, η οποία διαμορφώνεται έτσι, ώστε να σχηματίζει σχάρα, η οποία φέρει συνήθως πτερύγια και τοποθετείται (κρεμιέται) στο πίσω μέρος του ψυγείου. Στη δεύτερη περίπτωση (εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα), ο συμπυκνωτής έχει τη μορφή σερπαντίνας με πτερύγια, η οποία όμως τοποθετείται στο πίσω μέρος του ψυγείου και συγκεκριμένα πάνω στη βάση του και μεταξύ συμπιεστή και ανεμιστήρα. Πάντως, και στις δύο περιπτώσεις το ψυγείο πρέπει να τοποθετείται με μεγάλη προσοχή, ώστε να εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη ροή του αέρα γύρω από το συμπυκνωτή, δηλ. η πίσω πλευρά του

ψυγείου πρέπει να απέχει αρκετή απόσταση από τον τοίχο ή τα ντουλάπια της κουζίνας. Διαφορετικά, η κυκλοφορία του αέρα θα είναι κακή (ιδιαίτερα στους συμπτκνωτές φυσικής κυκλοφορίας) με αποτέλεσμα να δημιουργείται υψηλή θερμοκρασία και συνεπώς και πίεση στο συμπτκνωτή, γεγονός που μειώνει τη συνολική απόδοση του ψυγείου και καταπονεί το συμπτκνωτή, επείδη ο τελευταίος πρέπει να λειτουργεί για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

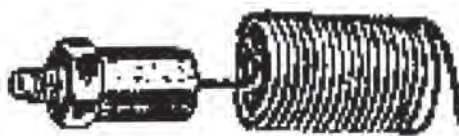
Τέλος, η μετακίνηση του ψυγείου πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, ιδιαίτερα δε αν ο συμπτκνωτής του είναι στερεωμένος στην πίσω πλευρά δηλ. εξωτερικά του ψυγείου, διότι τότε ο συμπτκνωτής κινδυνεύει να πάθει σοβαρή ζημιά, όπως σπάσιμο ή γδάρισμα.

δ. Η εκτονωτική (στραγγαλιστική) διάταξη

Όπως παρατηρήσαμε στην πρώτη παράγραφο, ο σκοπός του εξατμιστή του ψυγείου είναι να ψύχει τον αέρα του ψυκτικού θαλάμου, ο οποίος περιέχει τη θερμότητα και την υγρασία των αποθηκευμένων τροφίμων. Η ψύξη αυτή πραγματοποιείται με την ατμοποίηση σε χαμηλή πίεση του ψυκτικού μέσου που ρέει στον εξατμιστή. Όμως, το ψυκτικό μέσον έρχεται από το συμπτκνωτή προς τον εξατμιστή με την υψηλή πίεση του κύκλου λειτουργίας του ψυγείου. Επομένως, υπάρχει η ανάγκη να μειωθεί η πίεση του ψυκτικού μέσου, καθώς αυτό ρέει ανάμεσα στις δύο αναφερόμενες συσκευές. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκτονωτική ή στραγγαλιστική διάταξη, η οποία στην περίπτωση των οικιακών ψυγείων είναι ένας λεπτός σωλήνας με μεγάλο σχετικά μήκος και πολύ μικρή εσωτερική διάμετρο, ο οποίος ονομάζεται τριχοειδής σωλήνας, σχήμα 2.1.4.

Οι σκοποί του τριχοειδή σωλήνα είναι βασικά οι εξής:

- α) Να μετατρέπει την υψηλή πίεση και θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου που βγαίνει από το συμπτκνωτή σε χαμηλή και μάλιστα περίπου ίση με την πίεση στην αναρρόφηση (εισαγωγή) του συμπτκνωτή και
- β) να ελέγχει τη ροή του ψυκτικού, ώστε να στέλνει στον εξατμιστή τη σωστή ποσότητα ψυκτικού. Το μήκος και η διάμετρος του καθορίζονται από το είδος του ψυκτικού μέσου και κυρίως από το θερμικό φορτίο του ψυγείου, δηλ. από την ποσότητα τροφίμων που πρέπει να αποθηκεύονται, τις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία αέρα) και το πόσο συχνά ανοίγει και κλείνει η πόρτα του ψυγείου. Ο κατασκευαστής προκαθορίζει το μήκος και τη διάμετρο του τριχοειδή



Σχήμα 2.1.4 Τριχοειδής σωλήνας

σωλήνα, λαμβάνοντας υπόψη τις συνηθισμένες συνθήκες διαβίωσης των χρηστών του ψυγείου, οι οποίες μπορεί να αντιστοιχούν, για παράδειγμα, σε θερμοκρασία αέρα από 15°C έως 33°C . Αν οι συνθήκες αυτές είναι δυσμενέστερες, π.χ. αν έχουμε καύσωνα ή αν το ψυγείο βρίσκεται σε μια περιοχή της Νότιας Ελλάδας με υψηλές θερμοκρασίες, τότε επειδή ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι πολύ θερμότερος θα πρέπει η θερμοκρασία και επομένως και η πίεση στο συμπυκνωτή να είναι πολύ μεγαλύτερες, για να πραγματοποιηθεί η συμπύκνωση. Αυτό έχει άμεσο αποτέλεσμα να ωθείται περισσότερο ψυκτικό μέσον στον τριχοειδή σωλήνα, προκαλώντας έτσι την αύξηση της πίεσης στον εξατμιστή, γεγονός που ελαττώνει τη συνολική απόδοση του ψυγείου.

Ο τριχοειδής σωλήνας στηρίζεται στο ένα άκρο του μέσα στον εξατμιστή κατά 40 mm περίπου, όπου συγκολλάται με ασημοκόλληση, ενώ με το άλλο άκρο του μπαίνει μέσα στο φίλτρο (ξηραντήρα) πάλι κατά 40 mm και συγκολλάται επίσης με ασημοκόλληση. Κατά μήκος της διαδρομής του, ο τριχοειδής σωλήνας στερεώνεται πάνω στη γραμμή αναρρόφησης του συμπιεστή (βλέπε παράγραφο β) έτσι, ώστε να γίνεται μετάδοση θερμότητας από το υγρό του τριχοειδή προς τον ατμό που ρέει στη γραμμή αναρρόφησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, για να βελτιωθεί αυτή η μετάδοση θερμότητας, ο τριχοειδής σωλήνας τοποθετείται στο εσωτερικό της γραμμής (σωλήνωσης) αναρρόφησης. Η εναλλαγή αυτή θερμότητας είναι απαραίτητη, διότι αφενός εξασφαλίζει την πλήρη ατμοποίηση του ψυκτικού, δηλ. εμποδίζει την είσοδο τυχόν σταγονιδίων ψυκτικού στον συμπιεστή, και αφετέρου υποψύχει το υγρό ψυκτικό μέσον, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση του εξατμιστή.

Πλεονεκτήματα του τριχοειδούς σωλήνα:

- α) Είναι φθηνός, μεγάλης διάρκειας λειτουργίας και δεν παρουσιάζει βλάβες (εκτός ίσως από φραγμούς), επειδή δεν έχει κινούμενους μηχανισμούς,
- β) ελαττώνει σημαντικά το φορτίο του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή

του ψυγείου, δηλ. το κόστος λειτουργίας του, επειδή εξισώνει την υψηλή πίεση του συμπιεστή με τη χαμηλή πίεση του εξατμιστή.

Μειονεκτήματα του τριχοειδούς σωλήνα:

- α) Η πλήρωση του ψυγείου με ψυκτικό υγρό καθίσταται κρίσιμος παράγοντας, διότι δεν υπάρχει κάποια συσκευή συγκέντρωσης του υγρού (συλλέκτης), οπότε μια τυχόν αύξηση της ποσότητας του ψυκτικού πάνω από την κανονική θα προκαλούσε πιθανώς επιστροφή υγρού στο συμπιεστή, ενώ μια μείωση της ποσότητας θα ελάττωνε την απόδοση του εξατμιστή και επομένως ολόκληρου του ψυγείου,
- β) αν το φορτίο του ψυγείου αυξηθεί (π.χ. τοποθέτηση περισσότερων τροφίμων ή πολλά ανοίγματα της πόρτας), τότε ο τριχοειδής δεν μπορεί να ανταποκριθεί, δηλ. δεν μπορεί να στείλει τη σωστή επί πλέον ποσότητα υγρού ψυκτικού στον εξατμιστή, οπότε ελαττώνεται η απόδοσή του και κατά συνέπεια η συνολική απόδοση του ψυγείου.

2.2 Η κατασκευαστική δομή του μικρού επαγγελματικού ψυγείου

Τα μικρά επαγγελματικά ψυγεία είναι ίσως οι πιο συνηθισμένες συσκευές ψύξης που συναντάμε καθημερινά. Όλοι τα έχουμε προσέξει κυρίως το καλοκαίρι, είτε είναι το ψυγείο του γειτονικού περίπτερου ή μικρού καταστήματος απ' όπου παίρνουμε τα αναψυκτικά ή το νερό, ανοίγοντας την πόρτα που φέρει τζάμι ή το ψυγείο του μεγάλου πολυκαταστήματος ή ακόμη το ψυγείο του αρτοποιείου. Τα ψυγεία αυτού του τύπου έχουν πράγματι ποικίλες εφαρμογές και λειτουργούν κάτω από τις πλέον διαφορετικές συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος που μπορεί στην καλύτερη περίπτωση να είναι ο τέλει κλιματιζόμενος χώρος ενός πολυκαταστήματος και στη χειρότερη, για παράδειγμα, ο ατμοσφαιρικός αέρας ενός απομονωμένου τουριστικού περίπτερου κάπου στη Νότια Ελλάδα σε συνθήκες καύσωνα (π.χ. 40°C), γεγονός που επηρεάζει κάθε φορά την απόδοσή τους. Ο σκοπός του μικρού επαγγελματικού ψυγείου είναι να διατηρεί τα τρόφιμα ή τα ποτά σε κατάσταση συντήρησης, δηλ. να δημιουργεί στο εσωτερικό του τέτοιες θερμοκρασίες αέρα, ώστε τα προϊόντα να διατηρούνται δροσερά και φρέσκα χωρίς να πιάνουν πάγο στο εσωτερικό τους (χωρίς δημιουργία κρυστάλλων). Οι θερμοκρασίες αυτές κυμαίνονται συνήθως από 2 έως

5 °C ανάλογα με τη φύση των προϊόντων.

Στη συνέχεια, περιγράφουμε τη δομή ενός τυπικού μικρού επαγγελματικού ψυγείου (θα ονομάζεται απλώς ψυγείο) με αναφορά στο σχήμα 2.2.2.



Σχήμα 2.2.1α Μικρό επαγγελματικό ψυγείο διατήρησης αναψυκτικών.

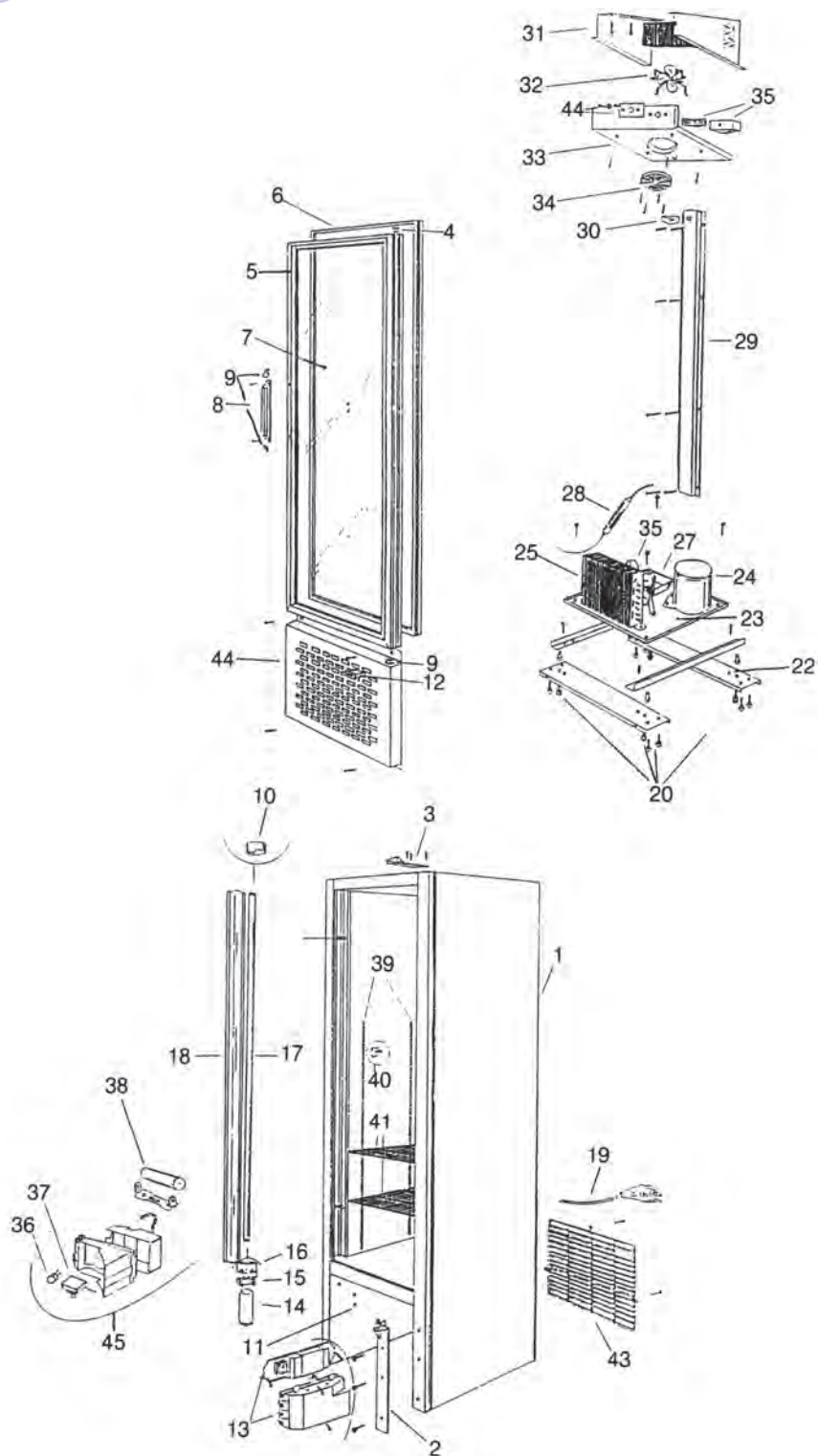
Ανεμιστήρες ατμοποίησης



Ρυθμιστικός
θερμοστάτης

Θέση τοποθέτησης συμπυκνωτικής μονάδας
(αποτελείται από Συμπυκνωτή, Συμπιεστή, Ανεμιστήρα και στραγγαλιστική διατομή).

Σχήμα 2.2.1β Μικρό επαγγελματικό ψυγείο



Περιγραφή

1. Κορμί.
2. Βάση πόρτας
3. Στήριξη πάνω μεντεσέ
4. Θήκη περιστροφής πόρτας
5. Τελάρο αλουμινίου πόρτας
6. Λάστιχο στεγανότητας
7. Τζάμι
8. Χερούλι (χειρολαβή)
9. Καπάκια χειρολαβής
10. Διακόπτης φωτισμού
11. Μπουάτ
12. Κάτω περσίδα
13. Μετασχηματιστής
14. Εκκινητής (στάρτερ)
15. Βάση εκκινητή
16. Ρευματοδότης λάμπας
17. Λαμπτήρας φθορισμού
18. Κάλυμμα λάμπας
19. Καλώδιο παροχής και φως
20. Ρυθμιστές θέσης ψυγείου (ρεγουλατόροι)
21. Τραβέρσες στήριξης ψυγείου
22. Εγκάρσιοι δοκοί
23. Βάση συμπιεστή
24. Συμπιεστής πλήρης
25. Συμπυκνωτής
26. Ανεμιστήρας συμπιεστή πλήρης
27. Λεκάνη αποχέτευσης
28. Φίλτρο αφυγραντήρας και τριχοειδής σωλήνας
29. Καλύπτρα εσωτερικών σωληνώσεων
30. Χούφτα αποχέτευσης
31. Ατμοποιητής
32. Ανεμιστήρας ατμοποιητή πλήρης
33. Λεκάνη απόψυξης ατμοποιητή
34. Κάλυμμα ανεμιστήρα
35. Θερμοστάτης
36. Θερμικό προστασίας
37. Ηλεκτρονόμος (ρελέ)
38. Πυκνωτής
39. Οδηγοί
40. Σκαλιέρες γαντζάκια
41. Γάντζος σχάρας
42. Σχάρα ορόφου
43. Σχάρα συμπιεστή
44. Σχάρα εμπρός συμπιεστή κάτω περσίδα
45. Ηλεκτρολογικό κουτί

Σχήμα 2.2.2 Δομή τυπικού μικρού επαγγελματικού ψυγείου

Η δομή του ψυγείου διαφέρει αρκετά από τη δομή του οικιακού ψυγείου, αν και η αρχή λειτουργίας είναι ίδια, δηλ. και αυτό το ψυγείο λειτουργεί με βάση τον κύκλο μηχανικής συμπίεσης ατμών (βλέπε την προηγούμενη παράγραφο 2.1). Το ψυγείο αποτελείται από τον κορμό (1), ο οποίος διαιρείται σε δύο βασικά τμήματα, ήτοι το θάλαμο, όπου τοποθετούνται τα προϊόντα, και στην κάτω κοιλότητα στην οποία τοποθετείται το συγκρότημα της μηχανής. Ο θάλαμος του ψυγείου κατασκευάζεται εξωτερικά με μεταλλικά ελάσματα (λαμαρίνες) και εσωτερικά με πλαστικά ή μεταλλικά ελάσματα. Η εξωτερική λαμαρίνα μπορεί να βάφεται με το κατάλληλο χρώμα, π.χ. άσπρο για να ανακλώνται οι ακτίνες του ήλιου, αν το ψυγείο χρησιμοποιείται σε ανοικτό χώρο. Το εσωτερικό τοίχωμα είναι από ανθεκτικό πλαστικό, το οποίο με την πάροδο του χρόνου γίνεται πιο εύθραυστο λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας και γι' αυτό χρειάζεται προσοχή στις κρούσεις. Ανάμεσα στο εξωτερικό έλασμα και στο εσωτερικό τοίχωμα υπάρχει ένα στρώμα θερμομόνωσης που

κατασκευάζεται συνήθως από σκληρή αφρώδη πολυουρεθάνη έτσι, ώστε να εμποδίζει τη ροή θερμότητας από το θερμό περιβάλλον προς το θάλαμο. Στις κατακόρυφες πλευρές του θαλάμου έχουν στερεωθεί οι οδηγοί (39) που έχουν σκοπό να στηρίζουν τις σχάρες (42), στις οποίες τοποθετούνται τα προϊόντα. Η στήριξη των σχαρών πραγματοποιείται με τα γαντζάκια (40), ώστε οι σχάρες να στερεώνονται στις επιθυμητές μεταξύ τους αποστάσεις με σκοπό την εύκολη πρόσβαση στα προϊόντα. Ο θάλαμος κλείνει με την πόρτα, η οποία στο κάτω μέρος στηρίζεται στη βάση πόρτας (2), ενώ στο πάνω μέρος στηρίζεται στο μεντεσέ (3). Επίσης, η πόρτα έχει τη θήκη περιστροφής (4), όπου περιστρέφεται το πλαίσιο αλουμινίου (5), στο οποίο εισάγεται το τζάμι (7), το οποίο παρέχει πλήρη ορατότητα στον εσωτερικό χώρο του θαλάμου. Ανάμεσα στο πλαίσιο αλουμινίου και στη μετωπική επιφάνεια του θαλάμου τοποθετείται το λάστιχο θερμομόνωσης και στεγανότητας (6), το οποίο εμποδίζει την είσοδο του θερμού εξωτερικού αέρα στο θάλαμο. Ακόμη, η πόρτα διαθέτει το χερούλι (8) μαζί με τα καπάκια (9).

Στο ψηλότερο τμήμα του θαλάμου τοποθετείται ο εξατμιστής (31), ο οποίος αποτελείται από ένα σωλήνα χάλυβα ή αλουμινίου, ο οποίος έχει εξωτερικά πτερύγια που βοηθούν στην καλύτερη μετάδοση της θερμότητας και ο οποίος έχει διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματίζει σερπαντίνα με μια ή περισσότερες σειρές. Ο σκοπός του εξατμιστή είναι και εδώ να ψύχει τον αέρα που έρχεται από το κάτω μέρος του θαλάμου και έχει τη θερμοκρασία λειτουργίας του ψυγείου. Στην προκειμένη περίπτωση, ο εξατμιστής διαθέτει τον πλήρη ανεμιστήρα (32), δηλ. ανεμιστήρα μαζί με το συνδεδεμένο ηλεκτροκινητήρα του. Ακόμη, ο εξατμιστής έχει ένα ειδικό έλασμα, το οποίο ονομάζεται λεκάνη (33) και του οποίου σκοπός είναι να συγκεντρώνει τα συμπυκνώματα που δημιουργούνται κατά τη συμπύκνωση της υγρασίας του αέρα πάνω στους σωλήνες του εξατμιστή (βλέπε για περισσότερα το Κεφάλαιο 4, παράγραφος 6). Η λεκάνη είναι διαμορφωμένη με ένα άνοιγμα στο μέσο της, στο οποίο τοποθετείται το κάλυμμα του ανεμιστήρα (34), απ' όπου περνά ο κρύος αέρας που στέλνει ο ανεμιστήρας προς τα προϊόντα. Αυτός ο τύπος εξατμιστή, που ο αέρας ανακυκλώνεται με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα, ονομάζεται εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Τέλος, το συγκρότημα του εξατμιστή διαθέτει επίσης τον πλήρη θερμοστάτη, ο οποίος έχει σκοπό να διακόπτει ή να ξεκινά τη λειτουργία του εξατμιστή, αν η θερμοκρασία του θαλάμου αυξάνεται ή ελαττώνεται, αντίστοιχα. Εδώ, πρέπει να σημειώσουμε ότι υπάρχουν επαγγελματικά ψυγεία, όπου ο εξατμιστής δεν έχει ανεμιστήρα και η ροή του αέρα γίνεται με φυσικό τρόπο, δηλ. με τη διαφορά πυκνότητας μεταξύ προσερ-

χόμενου στον εξατμιστή αέρα (ελαφρύς, θερμός) και του εξερχόμενου αέρα (βαρύς, ψυχρός). Οι εξατμιστές αυτοί ονομάζονται φυσικής κυκλοφορίας (για περισσότερα βλέπε το Κεφάλαιο 4, παράγραφος 5).

Στην κοιλότητα, που έχει ειδικά διαμορφωθεί στο κάτω τμήμα του κορμού του ψυγείου, υπάρχουν οι εγκάρσιες δοκοί στήριξης (22), στις οποίες στηρίζεται ο κορμός, ενώ κάτω από τις δοκούς έχουν τοποθετηθεί τα ρυθμιστικά στοιχεία θέσης (20), τα οποία ρυθμίζουν τη θέση του ψυγείου έτσι, ώστε να είναι πάντοτε οριζόντιο. Πάνω στις εγκάρσιες δοκούς έχει τοποθετηθεί η βάση μηχανής (23), η οποία μπορεί να αφαιρεθεί από τον κορμό του ψυγείου και η οποία φέρει το συμπιεστή (24), το συμπυκνωτή (25), τον πλήρη ανεμιστήρα (26), δηλ. ανεμιστήρα μαζί με τον ηλεκτροκινητήρα του, ενώ ακόμα υπάρχει και η λεκάνη αποχέτευσης (27). Ο συμπιεστής είναι και εδώ ερμητικού τύπου και κλασματικής ισχύος και έχει προσαρτηθεί σε αυτόν το πλήρες ηλεκτρολογικό κουτί (39), το οποίο περιλαμβάνει το θερμικό προστασίας (36), τον ηλεκτρονόμο ή ρελέ (37) και τον πυκνωτή (38) (για περισσότερα βλέπε το Κεφάλαιο 4, παράγραφος 9). Ο συμπυκνωτής αποτελείται από ένα σωλήνα χάλυβα ή αλουμινίου, ο οποίος στην εξωτερική του επιφάνεια φέρει πτερύγια που βοηθούν στην καλύτερη μετάδοση της θερμότητας και έχει διαμορφωθεί έτσι, ώστε να σχηματίζει σερπαντίνα με μια ή περισσότερες σειρές σωλήνων. Το μέσον ψύξης του συμπυκνωτή είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας, τον οποίο αναρροφά ο ανεμιστήρας που είναι τοποθετημένος μεταξύ συμπιεστή και συμπυκνωτή. Η αναρρόφηση του αέρα γίνεται μέσα από την κάτω περσίδα (44), η οποία κλείνει το μπροστινό μέρος της κάτω κοιλότητας του κορμού (1). Στη συνέχεια, ο αέρας περνά μέσα από τις σειρές σωλήνων του συμπυκνωτή και τελικά διοχετεύεται με μεγάλη ταχύτητα στην ατμόσφαιρα μέσα από τη σχάρα μηχανής (43), η οποία κλείνει το πίσω μέρος της κάτω κοιλότητας του κορμού (1). Αυτός ο τύπος συμπυκνωτή, που για τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα χρησιμοποιείται ανεμιστήρας, ονομάζεται εξαναγκασμένης κυκλοφορίας και είναι ο σχεδόν αποκλειστικά εφαρμοζόμενος στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία (για περισσότερα βλέπε το Κεφάλαιο 6, παράγραφος 3). Όπως και στα οικιακά ψυγεία έτσι και εδώ, η ανεμπόδιστη ροή του αέρα πάνω από το συμπυκνωτή αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την καλή ψύξη του συμπυκνωτή και συνεπώς για τη συνολική απόδοση του ψυγείου. Στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και για έναν επί πλέον λόγο, ότι τις περισσότερες φορές είναι εκτεθειμένα στις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία) που τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολύ δυσμενείς (καύσωνες κτλ.). Επομένως, το ψυγείο

πρέπει να τοποθετείται σε θέση τέτοια, ώστε η μπροστινή του πλευρά και κυρίως η πίσω να έχουν αρκετή απόσταση από γειτονικά αντικείμενα που θα εμποδίζουν τυχόν τη ροή του αέρα πάνω από το συμπυκνωτή.

Η λεκάνη αποχέτευσης (27) τοποθετείται πάνω στη βάση μηχανής (23), ώστε να συλλέγει το νερό που δημιουργείται κατά τη συμπύκνωση της υγρασίας του αέρα στον εξατμιστή. Το νερό κατεβαίνει μέχρι τη λεκάνη (27) μέσω των εσωτερικών σωληνώσεων (δε φαίνονται) που καλύπτονται με την καλύπτρα (29). Το νερό αυτό πρέπει να αποβάλλεται οπωσδήποτε από το ψυγείο, διότι διαφορετικά θα δημιουργήσει εστία επιβλαβών μικροοργανισμών. Αυτό επιτυγχάνεται με το ρεύμα αέρα που περνά πάνω από τη λεκάνη και που δημιουργείται με τον ανεμιστήρα. Το ρεύμα αυτό προκαλεί την εξάτμιση του νερού προς τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Τέλος, το ψυγείο αυτού του τύπου διαθέτει το λαμπτήρα φθορισμού (17) που καλύπτεται με το κάλυμμα λαμπτήρα (18) και που είναι απαραίτητος για ευνόητους λόγους. Για να λειτουργήσει όμως ο λαμπτήρας (17) είναι απαραίτητο να υπάρχει ο μετασχηματιστής (13), ο εκκινητής ή starter (14) μαζί με τη βάση (15), καθώς και ο ρευματοδότης (16).

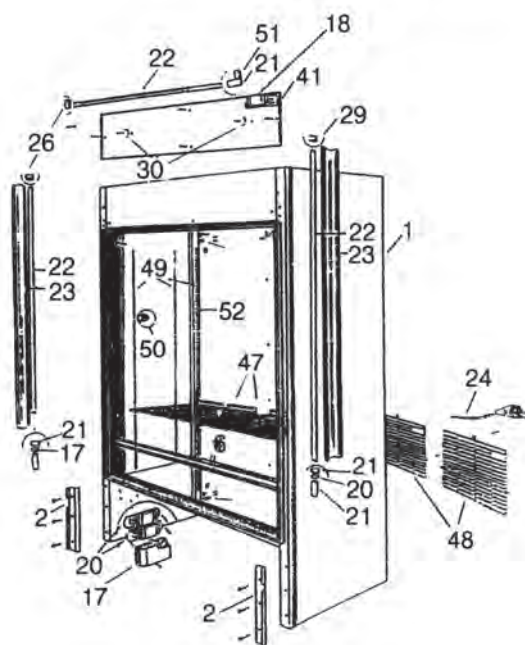
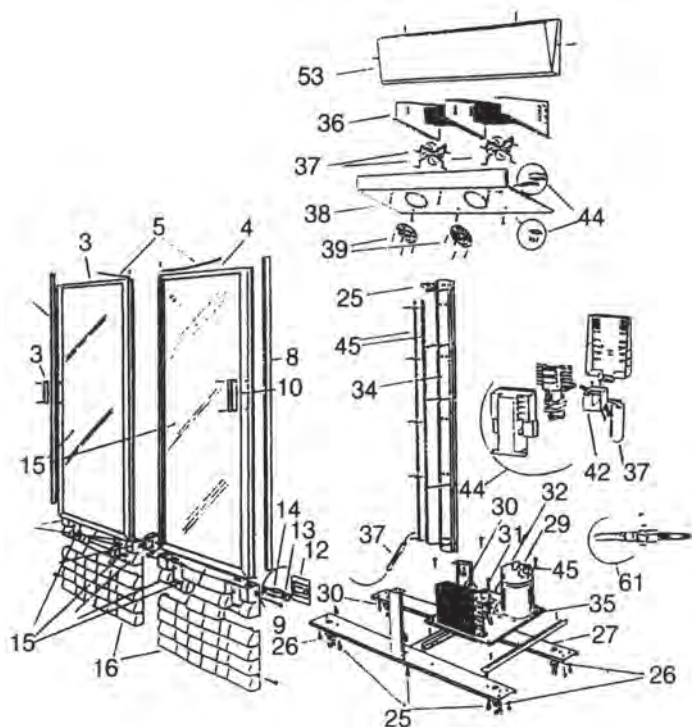
Στην πιο πάνω περιγραφή είδαμε τη δομή του συχνότερα χρησιμοποιούμενου μικρού επαγγελματικού ψυγείου που έχει μια μόνο πόρτα. Ωστόσο, στο εμπόριο υπάρχουν και άλλοι μεγαλύτεροι τύποι τέτοιων ψυγείων που εξυπηρετούν μεγαλύτερα καταναλωτικά σημεία. Ένα τέτοιο επαγγελματικό ψυγείο φαίνεται στο σχήμα 2.2.3 που παραθέτουμε μαζί με τον πίνακα, ο οποίος επεξηγεί τις διάφορες συσκευές και τα μηχανήματα.

2.3 Η κατασκευαστική δομή του οικιακού ή μικρού επαγγελματικού καταψύκτη.

Ο οικιακός ή μικρός επαγγελματικός καταψύκτης (στη συνέχεια θα ονομάζεται καταψύκτης) διαφέρει από το οικιακό ψυγείο στη δομή και στο σκοπό. Ξεκινώντας από το δεύτερο, θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο καταψύκτης έχει αποκλειστικό σκοπό την κατάψυξη των αποθηκευόμενων προϊόντων. Στο σημείο αυτό καλό θα ήταν να αναφέρουμε ορισμένα δεδομένα που χαρακτηρίζουν το φαινόμενο της κατάψυξης.

Η κατάψυξη είναι η φυσική εκείνη διεργασία που τα τρόφιμα αποκτούν τόσο χαμηλή θερμοκρασία, ώστε το νερό τους να στερεοποιείται, σχημα-

τίζοντας μικρούς κρυστάλλους πάγου. Η μεταβολή αυτή είναι πολύ πιο σύνθετη από ό,τι στην περίπτωση της πήξης του καθαρού νερού, διότι το νερό μέσα στα τρόφιμα είναι μίγμα αλάτων και σακχάρων, γεγονός που σημαίνει πως το σημείο πήξης του είναι αρκετά κάτω από τους 0°C . Η κρυστάλλωση αρχίζει ουσιαστικά μεταξύ $-0,5^{\circ}$ και -3°C ανάλογα με το είδος των τροφίμων. Όσο όμως εξαπλώνεται το “μέτωπο” των κρυστάλλων, τόσο αυξάνει η περιεκτικότητα του υπόλοιπου νερού σε διάφορες ουσίες, επειδή μειώνεται η ποσότητα του νερού και κατά συνέπεια πέφτει το σημείο πήξης του νέου μίγματος. Συνήθως, στους -5°C έχει γίνει πάγος το 75-85% του περιεχόμενου νερού. Βέβαια, ακόμη και στην περιοχή μεταξύ -35° και -40°C παραμένει μη κρυσταλλωμένο ένα 5% περίπου του αρχικού νερού. Η κατάψυξη ενός τεμαχίου (π.χ. κρέατος) αρχίζει από την επιφάνειά του και προχωρεί προς το κέντρο του υπό μορφήν ενός “μετώπου” κρυστάλλωσης, το οποίο κινείται με μια ορισμένη ταχύτητα που ονομάζεται ταχύτητα κατάψυξης. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα κατάψυξης, τόσο καλύτερη θα είναι η τελική ποιότητα του προϊόντος.



Περιγραφή

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Κορμί. | 27. Τραβέρσες στήριξης ψυγείου |
| 2. Στήριξη περσίδας (3) | 28. Βάση συμπίεστή |
| 3. Πόρτα αριστερή (4) | 29. Συμπίεστής |
| 4. Πόρτα δεξιά (5) | 30. Συμπυκνωτής |
| 5. Ελατήριο επαναφοράς (6) | 31. Ανεμιστήρας συμπίεστή |
| 6. Ραουλόδρομος ινοχ | 32. Λεκάνη αποχέτευσης |
| 7. Ράουλα με ρουλμάν | 33. Φίλτρο (αφυγραντήρας) |
| 8. Ελαστικά στεγανότητας και θερμομόνωσης | 34. Καλύπτρα εσωτερικών σωληνώσεων |
| 9. Τζάμι | 35. Χούφτα αποχέτευσης |
| 10. Χερούλι | 36. Ατμοποιητής |
| 11. Τυφλό μάτι περσίδας | 37. Ανεμιστήρας ατμοποιητή |
| 12. Μάτι οργάνων περσίδας | 38. Λεκάνη απόψυξης ατμοποιητή |
| 13. Διακόπτης φωτισμού | 39. Κάλυμμα ανεμιστήρα |
| 14. Θερμόμετρο | 40. Θερμοστάτης |
| 15. Πάνω περσίδα | 41. Θερμικό προστασίας |
| 16. Κάτω περσίδα | 42. Ηλεκτρονόμος (ρελέ) |
| 17. Μπουάτ | 43. Πυκνωτής |
| 18. Μετασχηματιστής | 44. Ηλεκτρολογικό κουτί |
| 19. Εκκινητής (στάρερ) | 45. Σκαλιέρες |
| 20. Βάση εκκινητή | 46. Γάντζος σκάρας |
| 21. Ρευματοδότης λάμπας | 47. Σχάρα ορόφου |
| 22. Λάμπα | 48. Σχάρα συμπίεστή |
| 23. Κάλυμμα λάμπας | 49. Βάση φωτεινής επιγραφής |
| 24. Καλώδιο παροχής και φως | 50. Συγκρατητής λάμπας |
| 25. Ρυθμιστές θέσης ψυγείου (ρεγουλατόροι) | 51. Βάση εκκινητή φωτεινής επιγραφής |
| 26. Ρόδες σταθερής κατεύθυνσης | 52. Συγκρατητής πάνω περσίδας |
| | 53. Κάλυμμα επιγραφής |
| | 54. Κολώνα στήριξης σχαρών ορόφου |
| | 55. Βάνα αναρρόφησης. |

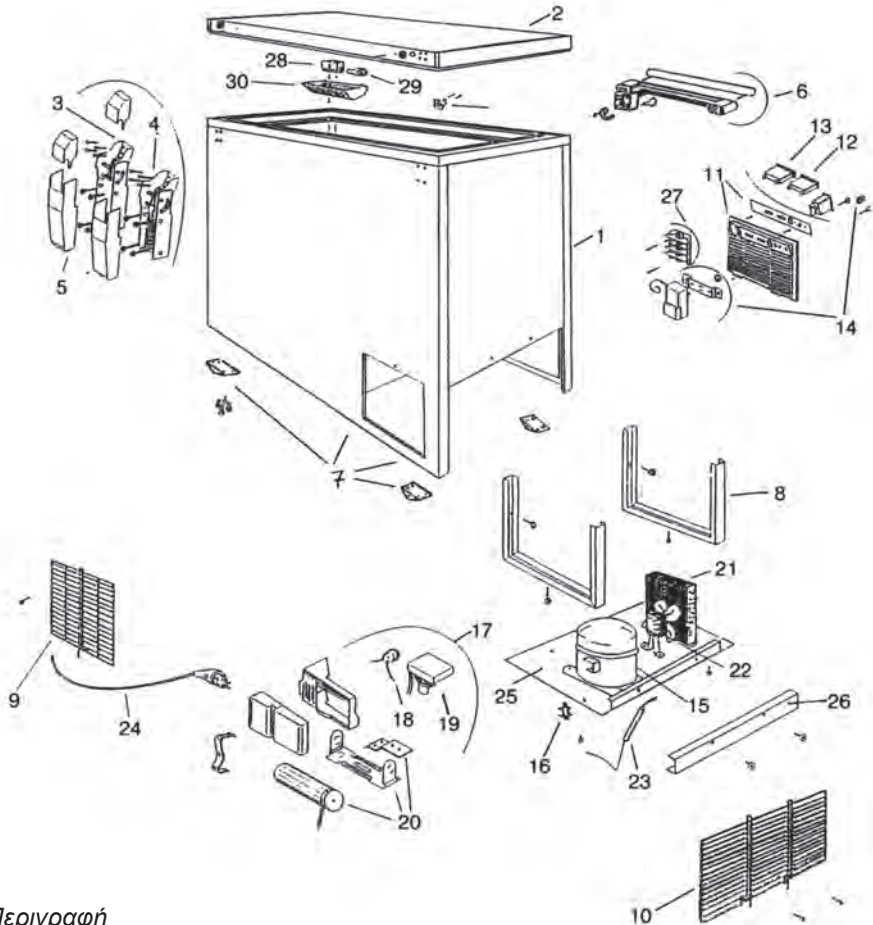
Σχήμα 2.2.3 Επαγγελματικό ψυγείο

Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοσθεί, διότι διαπιστώθηκε ότι οι μικροοργανισμοί σταματούν να αναπτύσσονται και οι βιοχημικές αντιδράσεις επιβραδύνονται δραστικά, όταν η θερμοκρασία των τροφίμων πέσει κάτω από -10°C περίπου. Επομένως, η κατάψυξη προσφέρεται για πιο μακροχρόνια διατήρηση των τροφίμων (π.χ. για πολλές εβδομάδες) και έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι τα τρόφιμα δε χάνουν το νερό τους, εφόσον όμως έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα και κυρίως έχει γίνει αεροστεγής συσκευασία, ώστε το περιεχόμενο νερό (υγρασία) των τροφίμων να μην μπορεί να διατηρηθεί στον ψυχρό αέρα. Διαφορετικά, τα τρόφιμα παθαίνουν αφύγρανση και ξηραίνονται με αποτέλεσμα να αποκτούν αλλοιωμένη γεύση και να μην έχουν ελκυστική εμφάνιση.

Σύμφωνα λοιπόν με τα προηγούμενα καταλαβαίνουμε, ότι οι θερμοκρασίες που επικρατούν μέσα στον καταψύκτη είναι πολύ χαμηλότερες απ' αυτές που επικρατούν στο θάλαμο συντήρησης ενός οικιακού ψυγείου, δηλ. κυμαίνονται από τουλάχιστον -18°C μέχρι και -24°C . Για να πραγματοποιηθούν αυτές οι τόσο χαμηλές θερμοκρασίες πρέπει ο καταψύκτης να έχει τη δική του ιδιαίτερη δομή, η οποία φαίνεται στο σχήμα 2.3.2 που δείχνει έναν οριζόντιο καταψύκτη σε αποσυναρμολόγηση.



Σχήμα 2.3.1 Μικρός επαγγελματικός καταψύκτης



Περιγραφή

- | | |
|---|--|
| 1. Κορμί. | 15. Συμπιεστής |
| 2. Καπάκι | 16. Σινεμπλόκ |
| 3. Μεντεσές απλός | 17. Ηλεκτρολογικό κουτί |
| 4. Μεντεσές με ελατήριο | 18. Θερμικό προστασίας |
| 5. Πλαστικά καλύμματα μεντεσέ | 19. Ηλεκτρονόμος (ρελέ) |
| 6. Χερούλι (χειρολαβή) | 20. Πυκνωτής |
| 7. Ρόδα μονής ροής | 21. Συμπυκνωτής |
| 8. Ενίσχυση βάσης συμπιεστή | 22. Ανεμιστήρας συμπιεστή |
| 9. Σχάρα επικάλυψης μικρή. | 23. Φίλτρο (αφυγραντήρας) |
| 10. Σχάρα επικάλυψης μεγάλη. | 24. Καλώδιο παροχής και φως |
| 11. Πλαστικός πίνακας οργάνων. | 25. Βάση συμπιεστή. |
| 12. Ενδεικτική κόκκινη λυχνία και διακόπτης ταχείας ψύξης | 26. Κάλυμμα βάσης συμπιεστή. |
| 13. Ενδεικτική πράσινη λυχνία | 27. Κλέμμα πίνακα ηλεκτρολογικού κουτιού |
| 14. Θερμοστάτης | 28. Ντουί διακόπτη λάμπας |
| | 29. Λάμπα πυράκτωσης |
| | 30. Πλαστικό κάλυμμα λάμπας |

Σχήμα 2.3.2 Επιμέρους τμήματα μικρού επαγγελματικού καταψύκτη

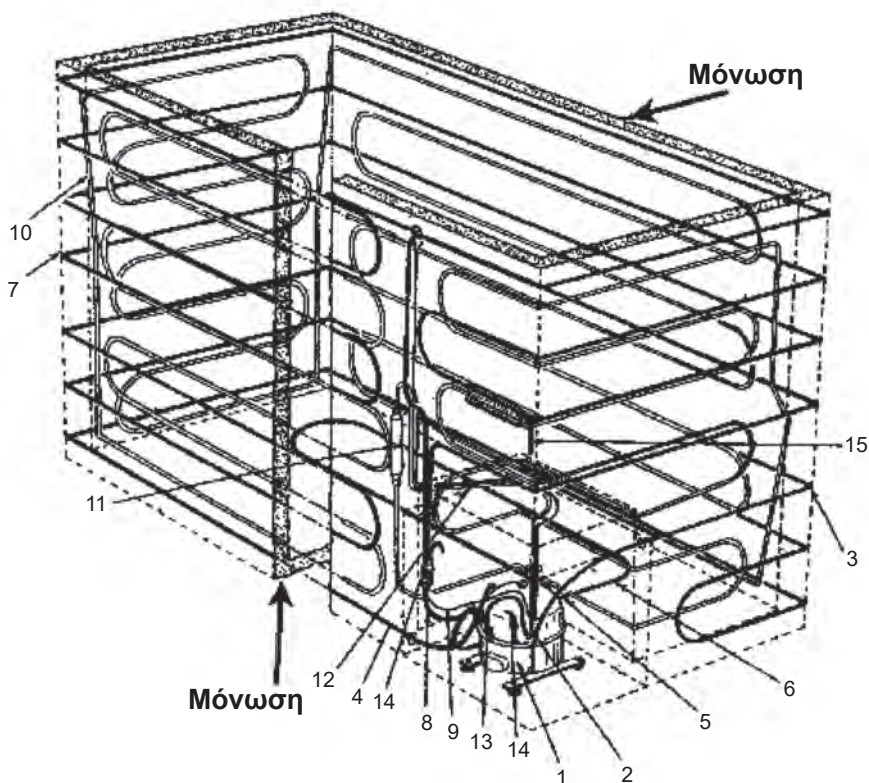
Όπως φαίνεται από το σχήμα 2.3.2, ο καταψύκτης αποτελείται από το θάλαμο ή κιβώτιο (1), το οποίο ονομάζεται και κορμί του καταψύκτη και το οποίο εδώ είναι οριζόντιο. Φυσικά, υπάρχουν και κατακόρυφοι θάλαμοι, οι οποίοι καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο χώρο και γι' αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως στις οικιακές κουζίνες. Τα προς κατάψυξη τρόφιμα, πρέπει να τοποθετούνται με τάξη, διότι λόγω της κατασκευής του θαλάμου είναι δύσκολο να βρεθούν τα τρόφιμα που βρίσκονται στον πυθμένα του, τα οποία θα πρέπει να αναγράφουν την ημερομηνία λήξεως. Για το λόγο αυτό πολλοί θάλαμοι διαθέτουν καλάθια, τα οποία στηρίζονται στα πλευρικά τοιχώματα του θαλάμου, ώστε να διευκολύνουν την πρόσβαση στα προϊόντα. Επίσης, ο καταψύκτης περιλαμβάνει το καπάκι (2), το οποίο κλείνει αεροστεγώς το θάλαμο, συνδέεται με τους μεντεσέδες (3,4,5) και φέρει το χερούλι (6). Ακόμη, μέσα στο θάλαμο υπάρχει ο πλήρης θερμοστάτης (14), ο οποίος περιλαμβάνει τον πλαστικό πίνακα οργάνων (11), την ενδεικτική κόκκινη λυχνία προστασίας (12), και την ενδεικτική πράσινη λυχνία λειτουργίας (13) έτσι, ώστε να ελέγχει τη θερμοκρασία του θαλάμου και να στέλνει τις κατάλληλες εντολές προς το συμπιεστή, για να διακόπτει ή να ξεκινά τη λειτουργία του. Στο Κεφάλαιο 5, παράγραφος (1) περιγράψουμε διεξοδικότερα το σύστημα θάλαμος-καπάκι.

Στο κάτω δεξιό τμήμα του κιβωτίου έχει διαμορφωθεί μια κατάλληλη κοιλότητα, η οποία περικλείεται από τη βάση (25) από λαμαρίνα, τις δύο μικρές σχάρες επικάλυψης (9) και τη μεγάλη σχάρα επικάλυψης (10). Η βάση (25) διαθέτει περαιτέρω τις ενισχύσεις (8) και το κάλυμμα (26) και έχει τη δυνατότητα να αφαιρείται από την κοιλότητα του κιβωτίου του καταψύκτη. Πάνω στη βάση (25) έχουν τοποθετηθεί ο συμπιεστής (15), ο συμπυκνωτής (21) και ο ανεμιστήρας (22), ο οποίος είναι πλήρης, δηλ. διαθέτει ηλεκτροκινητήρα. Ο συμπιεστής περιλαμβάνει απαραίτητα το πλήρες ηλεκτρολογικό κουτί του (17), το οποίο αποτελείται από το θερμικό προστασίας (18), τον ηλεκτρονόμο ή ρελέ (19) και τον πυκνωτή (20). Για περαιτέρω ανάλυση του συστήματος συμπιεστή-συμπυκνωτή βλέπε το Κεφάλαιο 5. Τέλος, στο εσωτερικό μέρος του κιβωτίου (θαλάμου) και συγκεκριμένα πάνω από την κοιλότητα του τοποθετείται η συσκευή ψύξης του αέρα, δηλ. ο εξαμιστής (δε φαίνεται στο Σχήμα). Αυτός, στην περίπτωση του οριζόντιου καταψύκτη, αποτελείται από μια σωλήνωση που έχει τη μορφή σερπαντίνας μέσα από την οποία περνά με ταχύτητα ο αέρας με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα, ο οποίος είναι τοποθετημένος πίσω από τον

εξατμιστή. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για εξατμιστή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα. Ωστόσο, στους κατακόρυφους καταψύκτες, ο εξατμιστής μπορεί επίσης να έχει τη μορφή πλάκας ή πλακών, οι οποίες είτε αποτελούν οι ίδιες τα ράφια του καταψύκτη ή είναι εντοιχισμένες στα τοιχώματα του θαλάμου, οπότε μιλάμε για εξατμιστή τύπου φυσικής κυκλοφορίας του αέρα, επειδή ο αέρας ρέει με φυσικό τρόπο (λόγω διαφοράς πυκνοτήτων) και δεν υπάρχει ανεμιστήρας. Ακόμη, οι εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας τύπου ραφιού αποτελούνται από μια χαλύβδινη σωλήνωση, η οποία σχηματίζει σερπαντίνα που στηρίζεται με σχάρα από σύρματα για καλύτερη αντοχή στα τοποθετούμενα τρόφιμα. Για περισσότερα περί εξατμιστών βλέπε το Κεφάλαιο 4, παράγραφος (5).

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε την κατασκευή ενός συναρμολογημένου οριζόντιου καταψύκτη.

Ο καταψύκτης αυτός έχει δύο βασικές διαφορές από αυτόν που φαίνεται στο σχήμα 2.3.2. Κατ' αρχήν ο εξατμιστής ή στοιχείο ατμοποίησης (10) είναι τύπου φυσικής κυκλοφορίας, δηλ. αποτελείται μόνο από σωλήνα σχήματος σερπαντίνας, ο οποίος μάλιστα είναι ενσωματωμένος μέσα στο τοίχωμα του θαλάμου του καταψύκτη, όπου στερεώνεται πάνω στην εσωτερική επένδυση. Επίσης, ο συμπυκνωτής (7) είναι τύπου φυσικής κυκλοφορίας, δηλ. δε διαθέτει ανεμιστήρα για την ψύξη του. Αντίθετα, οι σωληνώσεις του είναι ενσωματωμένες στο πάνω μέρος της εξωτερικής παράπλευρης επιφάνειας του θαλάμου. Με αυτήν την κατασκευή, όπου οι σωλήνες στερεώνονται στην εσωτερική πλευρά του εξωτερικού ελάσματος (λαμαρίνας) του τοιχώματος του θαλάμου και είναι χωμένοι μέσα στη θερμομόνωση, επιτυγχάνεται ταυτόχρονα και ένας άλλος σκοπός, δηλ. αποφεύγεται η συμπύκνωση του υδρατμού του εξωτερικού αέρα πάνω στην εξωτερική μεταλλική επιφάνεια του τοιχώματος, όταν το περιβάλλον είναι υγρό και κρύο. Τέλος, στο κάτω μέρος της εξωτερικής παράπλευρης επιφάνειας του τοιχώματος υπάρχουν οι σωλήνες ατμού του ψυκτικού μέσου (3), οι οποίοι ψύχουν το λάδι λίπανσης του συμπιεστή. Ένα δεύτερο παράλληλο κύκλωμα (5) για την ψύξη του λαδιού έχει τοποθετηθεί στον πυθμένα του καταψύκτη.



Περιγραφή

- | | |
|--|---|
| 1. Συμπιεστής | 9. Τριχοειδής σωλήνας. |
| 2. Εισαγωγή θερμού ατμού ψύξης λαδιού. | 10. Ατμοποιητής. |
| 3. Σωλήνωση ψύξης του ατμού που ψύχει το λάδι λίπανσης | 11. Δοχείο ψυκτικού λαδιού. |
| 4. Επιστροφή ατμού ψύξης λαδιού. | 12. Εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ αναρρόφησης και τριχοειδή. |
| 5. Έξοδος ατμού ψύξης λαδιού. | 13. Σωλήνας αναρρόφησης κρύου ατμού |
| 6. Σπείρα ψύξης ατμού ψύξης λαδιού. | 14. Σωλήνας επέμβασης για ψυκτικό μέσο, λάδι, κενό κ.λπ. |
| 7. Σωλήνες συμπυκνωτή | 15. Σωλήνας ελέγχου ψυκτικού μέσου |
| 8. Φίλτρο (αφυγραντήρας) | |

Σχήμα 2.3.3 Οριζόντιος καταψύκτης



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Το οικιακό ψυγείο αποτελείται κυρίως από τον ψυκτικό θάλαμο, τον εξατμιστή ή ατμοποιητή, το συμπιεστή, το συμπυκνωτή και την εκτονωτική διάταξη (τριχοειδή σωλήνα).
- Ο εξατμιστής του ψυγείου είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που ψύχει τον αέρα του θαλάμου του ψυγείου, ο οποίος έχει απορροφήσει τη θερμότητα και την υγρασία των τροφίμων.
- Όταν ο θάλαμος κατάψυξης επικοινωνεί με το θάλαμο συντήρησης του ψυγείου, τότε χρειάζεται μόνο ένας εξατμιστής στο ψυγείο, ενώ όταν οι δύο θάλαμοι είναι απομονωμένοι, τότε το ψυγείο έχει δύο εξατμιστές που συνδέονται σε σειρά.
- Οι εξατμιστές διακρίνονται σε εξατμιστές φυσικής και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα που διαμορφώνονται με αντίστοιχους τρόπους.
- Ο συμπιεστής αναρροφά τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού από τον εξατμιστή σε χαμηλή πίεση, τους συμπιέζει (τους αυξάνει την πίεση και τη θερμοκρασία) και τους απορρίπτει μέσα στο συμπυκνωτή.
- Οι συμπιεστές των οικιακών ψυγείων είναι ερμητικά στεγανοποιημένοι, είναι παλινδρομικού (συνήθως) ή περιστροφικού τύπου και έχουν ισχύ μικρότερη από ένα ίππο ($1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$).
- Ο συμπυκνωτής μετατρέπει τον θερμό ατμό του ψυκτικού μέσου σε υγρό υπό σταθερή περίπου θερμοκρασία, ώστε να αποβάλλεται ολόκληρη η ενέργεια του ατμού, δηλ. η θερμότητα που πήρε στον εξατμιστή και το μηχανικό έργο που πήρε στον συμπιεστή.
- Ο συμπυκνωτής του ψυγείου μπορεί να ψύχεται με αέρα φυσικής ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Στην πρώτη περίπτωση έχει τη μορφή σχάρας που κρεμιέται στο πίσω μέρος του ψυγείου, ενώ στη δεύτερη έχει τη μορφή σερπαντίνας με πτερύγια που τοποθετείται στο πίσω και κάτω μέρος του ψυγείου.

- Ο τριχοειδής σωλήνας (εκτονωτική διάταξη) ελαττώνει την υψηλή πίεση και θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου που βγαίνει από το συμπυκνωτή σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία και μάλιστα περίπου ίση με αυτή που επικρατεί στην είσοδο του συμπιεστή (αναρρόφηση). Επίσης, ελέγχει τη ροή του ψυκτικού μέσου, ώστε να στέλνει στον εξατμιστή τη σωστή ποσότητα.
- Το μήκος και η διάμετρος του τριχοειδή σωλήνα εξαρτώνται από το είδος του ψυκτικού μέσου και από το θερμικό φορτίο του ψυγείου (ποσότητα τροφίμων, συνθήκες περιβάλλοντος, συχνότητα χρήσης).
- Τα μικρά επαγγελματικά ψυγεία έχουν ποικίλες εφαρμογές και λειτουργούν κάτω από πολύ διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος.
- Η αρχή λειτουργίας του μικρού επαγγελματικού ψυγείου είναι ίδια με αυτή του οικιακού ψυγείου, αλλά η δομή του διαφέρει σημαντικά.
- Ο μικρός επαγγελματικός καταψύκτης έχει σκοπό να καταψύχει τα αποθηκευόμενα προϊόντα, δηλ. να δημιουργεί αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από -18°C) στις οποίες το νερό των προϊόντων σχηματίζει κρυστάλλους πάγου σε μεγάλο ποσοστό, ώστε αυτά να παραμένουν αναλλοίωτα για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Ο μικρός επαγγελματικός καταψύκτης έχει τη δική του ιδιαίτερη δομή, ώστε να μπορεί να δημιουργεί τις συνθήκες κατάψυξης.

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

- 1) Ποιος είναι ο σκοπός του εξατμιστή ενός οικιακού ψυγείου;
- 2) Ποιες μεταβολές παθαίνει ο αέρας του θαλάμου του ψυγείου καθώς περνά πάνω από τον εξατμιστή;
- 3) Πότε το οικιακό ψυγείο χρειάζεται έναν και πότε δύο εξατμιστές;
- 4) Ποιους τύπους κυκλοφορίας αέρα πάνω από τον εξατμιστή γνωρίζετε;
- 5) Να περιγράψετε γενικά τις μορφές των εξατμιστών του οικιακού ψυγείου ανάλογα με τον τύπο του εξατμιστή.
- 6) Πού τοποθετούνται οι διάφοροι τύποι εξατμιστών του ψυγείου;
- 7) Ποιος είναι ο σκοπός του συμπιεστή ενός οικιακού ψυγείου;
- 8) Ποιο είναι το συνηθισμένο εξωτερικό σχήμα του συμπιεστή, ποια είναι η περιοχή ισχύος του και πώς αντλεί το ψυκτικό ρευστό;
- 9) Πού τοποθετείται ο συμπιεστής του οικιακού ψυγείου;
- 10) Με ποιες σωληνώσεις του ψυγείου συνδέεται ο συμπιεστής;
- 11) Πώς μπορούμε να εκτελούμε τις εργασίες εξυπηρέτησης του συμπιεστή;
- 12) Ποιος είναι ο σκοπός του συμπυκνωτή ενός οικιακού ψυγείου;
- 13) Με ποιους τρόπους μπορεί να ψύχεται ο συμπυκνωτής του ψυγείου;
- 14) Που τοποθετείται ο συμπυκνωτής και ποια μορφή έχει ανάλογα με τον τρόπο ψύξης του;

- 15) Τι πρέπει να προσέχουμε κατά την τοποθέτηση του οικιακού ψυγείου;
- 16) Ποιοι είναι οι σκοποί του τριχοειδή σωλήνα του ψυγείου;
- 17) Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν το μήκος και τη διάμετρο του τριχοειδή σωλήνα;
- 18) Πού στηρίζονται τα άκρα του τριχοειδή σωλήνα;
- 19) Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα του τριχοειδή σωλήνα;
- 20) Σε ποιες συνθήκες περιβάλλοντος μπορεί να λειτουργεί το μικρό επαγγελματικό ψυγείο;
- 21) Ποια είναι τα κυριότερα τμήματα ενός μικρού επαγγελματικού ψυγείου και πού τοποθετούνται;
- 22) Ποιες είναι οι συνηθισμένες θερμοκρασίες κατάψυξης;
- 23) Να περιγράψετε τη διεργασία της κατάψυξης.
- 24) Γιατί τα προϊόντα διατηρούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα, όταν έχουν υποστεί κατάψυξη;
- 25) Ποια είναι τα βασικά τμήματα ενός μικρού επαγγελματικού καταψύκτη και πού τοποθετούνται;

ΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΥΓΡΑ (ΜΕΣΑ)

- 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΕΙΔΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΑ ΨΥΓΕΙΑ, ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
- 3.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ
- 3.3 ΤΟ ΚΥΚΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΩΝ



Να γνωρίζει ο μαθητής ποια ρευστά χαρακτηρίζονται ως ψυκτικά ρευστά ή μέσα.

Να γνωρίζει ποιες ιδιότητες πρέπει να έχει ένα ψυκτικό μέσον όσον αφορά τη φυσική και χημική του σύσταση.

Να αναφέρει τις διάφορες ομάδες ψυκτικών ρευστών και τις χρήσεις τους.

Να αναφέρει τις περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται αφαίρεση του ψυκτικού ρευστού.

Να γνωρίζει πώς γίνεται η συλλογή και ανακύκλωση των ψυκτικών ρευστών

Να αναγνωρίζει τις μονάδες συλλογής και ανακύκλωσης και να γνωρίζει τις συνδεσμολογίες τους μέσα στην εγκατάσταση.

Να αναγνωρίζει τις καμπύλες κορεσμένου ατμού - κορεσμένου υγρού στο διάγραμμα $p - h$, τις καμπύλες σταθερής ποιότητας, τις ισοθερμοκρασιακές καμπύλες, τις ισεντροπικές γραμμές και τις καμπύλες σταθερού ειδικού όγκου.

Να μπορεί να περιγράφει τις μεταβολές του απλού ψυκτικού κύκλου κορεσμένου ατμού.

Να γνωρίζει τι είναι ψυκτική ικανότητα και τι ψυκτική ισχύς ενός εξατμιστή.

Να μπορεί να ορίζει το συντελεστή συμπεριφοράς και να γνωρίζει τη σημασία του.

Να μπορεί να περιγράφει τις μεταβολές του ψυκτικού κύκλου με υπερθέρμανση.

Να γνωρίζει τη σημασία της υπερθέρμανσης.

3.1 Εισαγωγή - είδη ψυκτικών υγρών για οικιακά ψυγεία, προστασία περιβάλλοντος

Ψυκτικό μέσον είναι το εργαζόμενο σώμα (ρευστό), των θερμοδυναμικών ψυκτικών κύκλων. Είναι ο φορέας που μεταφέρει τα ποσά θερμότητας από χώρους που βρίσκονται σε χαμηλότερη θερμοκρασιακή στάθμη, όπου είναι ανεπιθύμητα, και τα απορρίπτει σε χώρους που βρίσκονται σε υψηλότερη στάθμη θερμοκρασίας όπου είναι χρήσιμα ή αδιάφορα.

Κατά καιρούς για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν διάφορα υγρά. Στις πρώτες εγκαταστάσεις του προηγούμενου αιώνα και στις αρχές του εικοστού, χρησιμοποιήθηκαν ουσίες όπως το θειικό οξύ (H_2SO_4), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το διοξείδιο του θείου (SO_2) κ.ά. Τα ψυκτικά αυτά μέσα έχουν πλέον εγκαταλειφθεί γιατί δεν πληρούν βασικές προδιαγραφές ασφάλειας, οι οποίες ισχύουν σήμερα, και γιατί προκαλούν ταχεία φθορά στις εγκαταστάσεις.

Τα παλιότερα χρόνια η τεχνολογία υποχρεώθηκε να χρησιμοποιήσει τα υλικά αυτά, γιατί δεν υπήρχαν άλλα καταλληλότερα. Το μόνο ίσως ψυκτικό μέσον που χρησιμοποιήθηκε από πολύ νωρίς και χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία ακόμα και σήμερα, είναι η αμμωνία.

Τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται κυρίως σήμερα κατασκευάστηκαν βιομηχανικά και χρησιμοποιήθηκαν στις Η.Π.Α. στις αρχές της δεκαετίας του 1930. Τα πιο συνηθισμένα από αυτά είναι από χημική άποψη χλωριωμένοι ή φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες οι οποίοι παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα, ενώ ορισμένα από αυτά μέχρι πριν από μερικά χρόνια είχαν θεωρηθεί “τέλεια”.

Ως ψυκτικά μέσα χαρακτηρίζονται εκείνα τα ρευστά των οποίων η θερμοκρασία ατμοποίησης, κάτω από κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και οι άλλες τους ιδιότητες είναι τέτοιες, ώστε να είναι δυνατή η εκμετάλλευση αυτής της ιδιότητας για παραγωγή ψύχους.

Η εκλογή του κατάλληλου ψυκτικού μέσου για μια εγκατάσταση, δε γίνεται μόνο με θερμοδυναμικά κριτήρια. Αποφασιστικό ρόλο παίζουν επίσης και άλλες ιδιότητές του, όπως, η τοξικότητα, η αναφλεξιμότητα, το ιξώδες κ.λπ.

Κανένα ψυκτικό μέσον δεν είναι τέλειο

Το ψυκτικό μέσον πρέπει να έχει κάποιες ιδιότητες όσον αφορά τη φυσική και χημική του σύσταση και συμπεριφορά.

- i. Όσον αφορά τη χημική του σύσταση πρέπει να μην είναι δηλητηριώδες, να παρουσιάζει χημική ευστάθεια και χημική αδράνεια απέναντι στα μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά κατασκευής ψυκτικών εγκαταστάσεων, όπως επίσης και σε σχέση με τα λιπαντικά λάδια, τους υδρατμούς και το οξυγόνο του αέρα. Να μην είναι αναφλέξιμο και να μη δημιουργεί εκρηκτικά μίγματα με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Πρέπει επίσης να έχει τέτοιες φυσικές ιδιότητες (διάγραμμα p-h) που να κάνουν ικανή τη χρήση του και τέλος φυσικά να έχει προσιτή τιμή.
- ii. Ως φυσικές ιδιότητες εννοούνται οι μη υπέρμετρες τιμές της πίεσης συμπίκνωσης για την αποφυγή βαριών κατασκευών και διαρροών ψυκτικού μέσου, καθώς και η πίεση ατμοποίησης, η οποία δεν πρέπει να είναι υπερβολικά χαμηλή για αποφυγή του υψηλού κενού στο στοιχείο ατμοποίησης και για αποφυγή της κατασκευής συμπιεστών με μεγάλες διαστάσεις.

Για την εκλογή του κατάλληλου ψυκτικού μέσου, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο είδος των μετάλλων που χρησιμοποιούνται στην ψυκτική εγκατάσταση.

π.χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Για την εκλογή της αμμωνίας (NH_3), ως ψυκτικού μέσου, η εγκατάσταση πρέπει να έχει μόνο σιδερένια ή χαλύβδινα μέρη. Ο χαλκός, το αλουμίνιο κ.ά. καταστρέφονται σχεδόν αμέσως στην επαφή τους με την αμμωνία.

Σημαντική προσοχή δίνεται στις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν π.χ. στα τοιχώματα των εμβολοφόρων συμπιεστών. Πρέπει το ψυκτικό μέσον να είναι κατάλληλο γι' αυτές και δεν πρέπει να διασπάται, έστω και σε μικρά ίχνη, γιατί υπάρχει πιθανότητα απελευθέρωσης χλωρίου ή φθορίου που προκαλούν πολύ γρήγορη φθορά.

Καθοριστικός επίσης παράγοντας για την εκλογή του ψυκτικού μέσου είναι η συνεργασία του με το λάδι λίπανσης, το οποίο είναι απαραίτητο

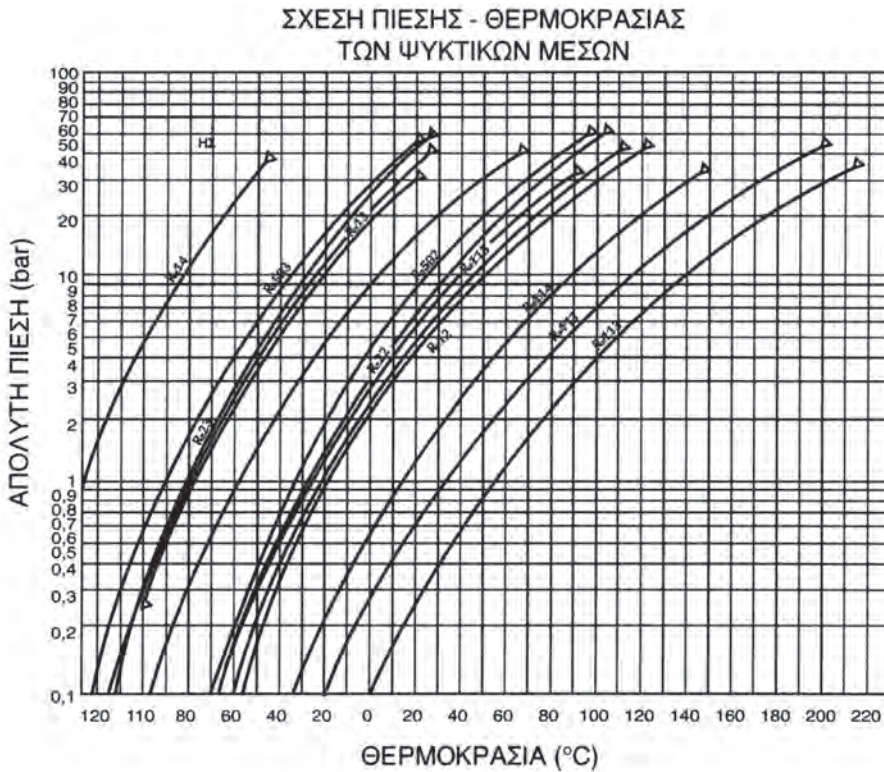
στη λειτουργία των συμπιεστών ψυκτικών μέσων, όπως και σε όλες τις μηχανές. Μέσα στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή ή και σε άλλα μέρη του, το ψυκτικό μέσον έρχεται σε επαφή με το λάδι λίπανσης. Από την επαφή αυτή το ψυκτικό μέσον διαλύεται μέσα στο λάδι και ατμοί ή σταγόνες λαδιού παρασύρονται με το ψυκτικό μέσον προς το συμπυκνωτή. Εκεί αναμιγνύονται με το συμπυκνωμένο ψυκτικό μέσον και στη συνέχεια ίχνη ή μεγαλύτερες ποσότητες λαδιού κυκλοφορούν σε όλη την εγκατάσταση. Το ψυκτικό μέσον πρέπει λοιπόν να έχει την ικανότητα να διαλύει το λάδι σε όλες τις θέσεις της διάταξης.

Επόμενη εξίσου σημαντική ιδιότητα του ψυκτικού μέσου είναι η ικανότητα διάλυσης ποσοτήτων νερού (υγρασίας). Το ψυκτικό μέσον γενικά δε δέχεται νερό, γιατί στις χαμηλές θερμοκρασίες αυτό διαχωρίζεται από το ψυκτικό μέσον και σχηματίζει παγοκρυστάλλους, συνήθως στη θέση της στραγγαλιστικής διάταξης, η οποία με το σχηματισμό πάγου φράσσει εντελώς ύστερα από κάποιο χρόνο λειτουργίας και διακόπτει τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Στο σχήμα 3.1.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα πίεσης - θερμοκρασίας για διάφορα ψυκτικά μέσα, καθώς και τα σημεία τήξης και συμπύκνωσης τους.

Η κρίσιμη θερμοκρασία πρέπει να είναι αρκετά υψηλή, ώστε η συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου στο στοιχείο συμπύκνωσης να είναι δυνατή και κάτω από ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος (περιοχή από 30°C μέχρι 60°C), ενώ η θερμοκρασία πήξης αρκετά χαμηλή και μακριά από την περιοχή λειτουργίας της εγκατάστασης.

Η θερμότητα ατμοποίησης του ψυκτικού μέσου πρέπει να είναι υψηλή, το δε ψυκτικό να εμφανίζει μικρό ειδικό όγκο για αποφυγή ογκωδών συμπιεστών και γενικά εγκαταστάσεων. Σήμερα χρησιμοποιούνται ευρύτατα η αμμωνία (NH_3), το χλωριούχο μεθύλιο (CH_3Cl), το βρωμιούχο λίθιο (LiBr) και οι γνωστές με το εμπορικό όνομα, Freon, Frigen, Arcton κτλ. συνθέσεις, οι οποίες είναι υδρογονάνθρακες στους οποίους μέρος από τα άτομα υδρογόνου έχει αντικατασταθεί με άτομα χλωρίου και φθορίου. Γενικά, συμβολίζονται με το γράμμα R το οποίο ακολουθείται από ένα τριψήφιο ή διψήφιο αριθμό κλειδί που ορίζει την ονομασία τους.



Σχήμα 3.1.1 “Διάγραμμα πίεσης - θερμοκρασίας ψυκτικών μέσων”

Είναι σημαντικό το ψυκτικό μέσον να έχει χαρακτηριστική οσμή, χωρίς να είναι τοξικό, για να προδίδεται τυχόν διαρροή. Το ψυκτικό μέσον πρέπει να μην αυτανάφλεγεται σε συνθήκες περιβάλλοντος. Η αμμωνία έχει χαρακτηριστική οσμή αλλά είναι τοξική και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις κάτω από συνεχή επιτήρηση. Η χρήση της κρίνεται απαραίτητη, γιατί εμφανίζει μεγάλη θερμότητα ατμοποίησης που είναι σημαντική ιδιότητα για ένα ψυκτικό μέσον. Οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις και η εξοικονόμηση ενέργειας οδήγησαν στη μελέτη εγκαταστάσεων χρήσης αμμωνίας με μεγάλους συντελεστές ασφαλείας και χρήση αυτοματισμών ελέγχου σε μικρές εγκαταστάσεις με στόχο τη διάδοσή της σε χρήσεις ευρύτερου ενδιαφέροντος, π.χ. κλιματισμό.

Σημαντικά χαρακτηριστικά των ψυκτικών μέσων είναι επίσης η χημική σταθερότητα, η υψηλή πυκνότητα, το χαμηλό σημείο βρασμού και το χαμηλό ιξώδες. Τα ψυκτικά μέσα για μικρές διατάξεις ήταν το R-12 και το R-22 μέχρι τη συμφωνία για διεθνή απαγόρευση της χρήσης του μεν R-12 από το 2000,

του δε R-22 από το 2005. Η αντικατάστασή τους γίνεται με χλωροφθοράνθρακες κυριότεροι αντιπρόσωποι των οποίων είναι το R-134a και το R-404a. Προτιμούνται, γιατί παρουσιάζουν σχετικά μικρές πιέσεις η καμπύλη υγρού - ατμού στο διάγραμμα p-h βρίσκεται σε ευνοϊκή περιοχή θερμοκρασιών, και γιατί είναι **τοξικά “ακίνδυνα”**. (Το ακίνδυνο έχει απορριφθεί διεθνώς τουλάχιστον ως προς το R-12, που θεωρείται υπεύθυνο για τη δημιουργία της τρύπας του όζοντος της ατμόσφαιρας και για σειρά από παρενέργειες που δημιουργεί στους ανθρώπους). Το R-22 παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα από το R-12 ακόμα και στην επαφή του με τον ατμοσφαιρικό αέρα, με αποτέλεσμα να επιτρέπεται ακόμα η χρησιμοποίησή του, έχοντας και αυτό θέσει χρονοδιάγραμμα απόσυρσης. Η σταθερότητα οφείλεται στη μικρή περιεκτικότητά του σε χλώριο, είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του R-12. Η σταθερότητα σε συνθήκες περιβάλλοντος μπορεί να οδηγήσει στη σκέψη της παρουσίας των χλωροφθορανθράκων για μεγάλο χρόνο στην ατμόσφαιρα, κρύβοντας κινδύνους από την επαφή του με τους ζώντες οργανισμούς. Είναι λοιπόν απαραίτητη η προσεκτική και ασφαλής εφαρμογή των ψυκτικών εγκαταστάσεων και ιδιαίτερη η μέριμνα για την ασφάλιση σε σχέση με τις διαρροές ψυκτικού μέσου προς την ατμόσφαιρα. Παράλληλα, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη και η εφαρμογή αξιόπιστων συστημάτων ελέγχου και προστασίας έναντι των διαφυγών. Παραδείγματα θερμικής σταθερότητας δίνονται στον πίνακα 3.1. Οι τιμές του πίνακα είναι αντιπροσωπευτικές των ψυκτικών εγκαταστάσεων που είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν για πολλά χρόνια και οι συνιστώμενες θερμοκρασίες βασίζονται σε πολυετή πρακτική εφαρμογή και σε εργαστηριακά πειράματα. Η παρουσία υδρογόνου στο R-22 (από αντικατάσταση ατόμου χλωρίου στο R-12) συντελεί στην αύξηση της σταθερότητάς του, όπως προαναφέρθηκε, μέχρι τη θερμοκρασία δημιουργίας υδροχλωρικού οξέος, οπότε έρχεται η αποσύνθεσή του. Στον πίνακα 3.1.1 παρουσιάζονται επίσης και οι τιμές των θερμοκρασιών αποσύνθεσης για διάφορα ψυκτικά μέσα. Το R-12 έχει ήδη αντικατασταθεί από το R-134a και το R-39 το οποίο δεν είναι χλωριωμένος υδρογονάνθρακας (CFC) αλλά υδροφθοράνθρακας (HFC) και παρουσιάζει μεγαλύτερη χημική σταθερότητα από το R-12 και το R-22. Παράλληλα, παρουσιάζει ανάλογη ψυκτική συμπεριφορά με το R-12 σε θερμοκρασίες κοντά στους 0°C, απαιτεί όμως μεγαλύτερες διαφορές πίεσης. Για το νέο αυτό ψυκτικό μέσον δεν υπάρχουν μετρήσεις μακρόχρονες, υπάρχουν όμως σχετικές ανακοινώσεις ερευνητών, οι οποίες υποστηρίζουν τη σχετικά ασφαλή χρησιμοποίησή του ως προς το πρόβλημα της δημιουργίας τρύπας στο όζον της ατμόσφαιρας.

Πίνακας 3.1.1 «Θερμοκρασίες αποσύνθεσης ψυκτικών μέσων»

Ψυκτ. Μέσ.	Θερμική σταθερότητα		Θερμοκρασίες αποσύνθεσης		Ρυθμός διάλυσης στο νερό		
	T _{max} (*) °C	Ρυθμός αποσύνθεσης	Ταπ. °C	1% για κάθε έτος	P=1Kg T=30°C	P _{cor}	
					Μόνο νερό	Με χάλυβα	
R-11	110	2	590	>300	<0.005	Ca, 50**	40
R-113	110	6			<0.005	Ca, 10**	28
R-12	120	<1	760	>430	<0.005	0.8	10
R-114	120	1	590	>375	<0.005	1.4	3
R-22	150		425		<0.01	0.1	
R-502	150				<0.01+	<0.1+	
R-13	>150		840	>535			
R-115			625	>390			

Το R-22 σε σύγκριση με το R-12, έχει μεγαλύτερη ειδική θερμότητα ατμοποίησης (δηλ. απορροφά μεγαλύτερο ποσό θερμότητας ανά μονάδα μάζας) και μικρότερο ειδικό όγκο (δηλ. μεγαλύτερη πυκνότητα) που συνεπάγεται μικρότερο σε όγκο συμπιεστή. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στις κλιματιστικές συσκευές παραθύρου και στις διαιρούμενου τύπου συσκευές (Split units). Το R-12 την εποχή της παντοδυναμίας του ήταν πολύ φθηνότερο, παρουσίαζε λιγότερο ευπαθές κύκλωμα και για το λόγο αυτό είχε προτιμηθεί σε μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις. Τα R-134a και R-22 χρησιμοποιούνται και σε μεγαλύτερης ισχύος διατάξεις, αλλά εκεί έχει μεγαλύτερη εφαρμογή η αμμωνία (NH₃).

Βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος σε ένα ψυκτικό μέσον είναι η ειδική θερμότητα ατμοποίησης (q_g). Όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμότητα ατμοποίησης, τόσο μεγαλύτερη η ψυκτική ικανότητα του. Ψυκτικό μέσον με μεγάλη ψυκτική ικανότητα επιφέρει οικονομία στην παροχή μάζας για δεδομένη ψυκτική ισχύ και κατά συνέπεια μικρότερη σε όγκο εγκατάσταση.

Στα σχήματα 3.1.2, 3.1.3 και 3.1.4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα υγρού - ατμού για τα ψυκτικά μέσα R-12, R-22 και R-134a και στους πίνακες 3.1.3, 3.1.4 και 3.1.5 οι τιμές των χαρακτηριστικών μεγεθών σε καταστάσεις κορεσμού (υγρού και αέριου) των παραπάνω ψυκτικών μέσων.

Οι τιμές των θερμοκρασιών αποσύνθεσης παρουσιάζονται στο δεύτερο μέρος του πίνακα 3.1.1. Τα άλατα μαγνησίου σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη

του 2% καθώς και η παρουσία αλουμινίου δε συνιστώνται στη χρήση R-ψυκτικών μέσων παρουσία νερού. Ο ψευδάργυρος μετά από ανεπιτυχή χρήση με το R-113, λόγω χημικών αντιδράσεων, έχει περιορισμένη χρήση και στην επαφή του με άλλα ψυκτικά μέσα, με αποτέλεσμα να μην έχουν παρατηρηθεί άλλες ανεπιθύμητες αντιδράσεις. Οι περισσότεροι χλωράνθρακες αντιδρούν έντονα με αλκαλικά υλικά Na, K, Ba κ.λπ.

Διάκριση και ταξινόμηση των ψυκτικών ρευστών

Η επιλογή του κατάλληλου για κάθε περίπτωση ψυκτικού ρευστού δεν είναι σχετικά εύκολη απόφαση. Όπως προαναφέραμε, δεν υπάρχει κανένα “ιδανικό ρευστό”. Η επιλογή είναι αποτέλεσμα συμβιβασμών μεταξύ πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του.

Γι’ αυτό το λόγο στην αγορά διατίθεται πλήθος ψυκτικών ρευστών που κατά περίπτωση, μπορούν να κριθούν κατάλληλα ή ακατάλληλα για χρήση.

Ο μεγάλος αριθμός των ψυκτικών ρευστών που χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς, και κυρίως η συνθετότητα των χημικών τύπων τους, οδήγησε στην ταξινόμησή τους με το γράμμα R (Refrigerant-ψυκτικό) σύμφωνα με την ASHRAE (Αμερικανική Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης- Ψύξης-Κλιματισμού) και με ένα χαρακτηριστικό αριθμό για κάθε μέσον.

Τα ψυκτικά ρευστά έχουν ταξινομηθεί κατά τον Εθνικό Κώδικα Ασφαλείας ψυκτικών εγκαταστάσεων των Η.Π.Α σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την ασφάλεια την οποία παρουσιάζουν κατά τη χρήση τους.

1η ΟΜΑΔΑ:

Η 1η ομάδα ψυκτικών ρευστών στην οποία ανήκουν εκείνα τα ψυκτικά ρευστά που παρέχουν τη μέγιστη ασφάλεια. Ακριβώς εξαιτίας αυτής της ιδιότητάς τους, τα ψυκτικά ρευστά αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται περισσότερο απ’ τα άλλα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το R-11, R- 12, R-13, R-22, R-502 κ.ά.

2η ΟΜΑΔΑ:

Η 2η ομάδα ψυκτικών ρευστών περιλαμβάνει εκείνα τα ψυκτικά ρευστά τα οποία είναι τοξικά και μερικές φορές εύφλεκτα.

Σε αυτή την κατηγορία εκτός από την αμμωνία (R-717), η οποία χρησιμοποιείται σε βιομηχανικά συστήματα απορρόφησης με μεγάλη απόδοση,

τα άλλα ψυκτικά ρευστά αυτής της κατηγορίας δε χρησιμοποιούνται πια. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν επίσης τα ακόλουθα ψυκτικά ρευστά:

R-764 (Διοξείδιο του θείου)

R-160 (Χλωριούχο αιθύλιο) κ.ά.

3η ΟΜΑΔΑ

Η 3η ομάδα ψυκτικών ρευστών στην οποία ανήκουν εκείνα τα ψυκτικά ρευστά τα οποία είναι πάρα πολύ εύφλεκτα. Γενικά, τα ψυκτικά ρευστά αυτής της ομάδας δε χρησιμοποιούνται εκτός από ειδικές και ελεγχόμενες εφαρμογές. Όταν τα ψυκτικά ρευστά αυτής της κατηγορίας αναμιχθούν με τον ατμοσφαιρικό αέρα, δημιουργούν τα πιο εύφλεκτα μίγματα τα οποία είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα παρακάτω ψυκτικά ρευστά: R-600 (Βουτάνιο) R-170 (Αιθάνιο) κ.ά.

Τα οικιακά ψυγεία και τα ελαφρά κλιματιστικά συστήματα που προορίζονται για εμπορική χρήση, χρησιμοποιούν συνήθως τρία ψυκτικά ρευστά της πρώτης ομάδας. (Βέβαια, τον τελευταίο καιρό και σύμφωνα με τις οδηγίες για αντικατάσταση των ψυκτικών ρευστών που καταστρέφουν το όζον προστέθηκε ακόμη ένα στα ευρέως χρησιμοποιούμενα ψυκτικά ρευστά της πρώτης ομάδας).

Αυτά είναι:

το R-12 που χρησιμοποιήθηκε για μέση και υψηλή θερμοκρασία.

το R-22 που χρησιμοποιείται κυρίως στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις.

το R-502 που χρησιμοποιήθηκε αρχικά για χαμηλές θερμοκρασίες ψύξης.

το R-134a Χρησιμοποιείται προς αντικατάσταση του R-12, μιας και δεν επιφέρει τις επιβλαβείς συνέπειες που επιφέρει το R-12 στο στρώμα του όζοντος μέσα στην στρατόσφαιρα, η οποία βρίσκεται από τα 11 έως 50 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης.

Τα ψυκτικά ρευστά της 1ης ομάδας είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν ένα ή περισσότερα μόρια άνθρακα (C) και φθορίου (F). Επίσης, μπορεί να περιέχουν και άτομα χλωρίου (Cl), βρώμιου (Br) και υδρογόνου (H).

Είναι προϊόντα μεγάλων χημικών βιομηχανιών (κυρίως της Du Pont των Η.Π.Α) και διακινούνται με πλήθος εμπορικών ονομασιών. Κυριότερη εμπορική ονομασία είναι το Freon της Αμερικανικής εταιρείας Du Pont.

Στα κύρια χαρακτηριστικά φυσικοχημικής συμπεριφοράς που περιλαμ-

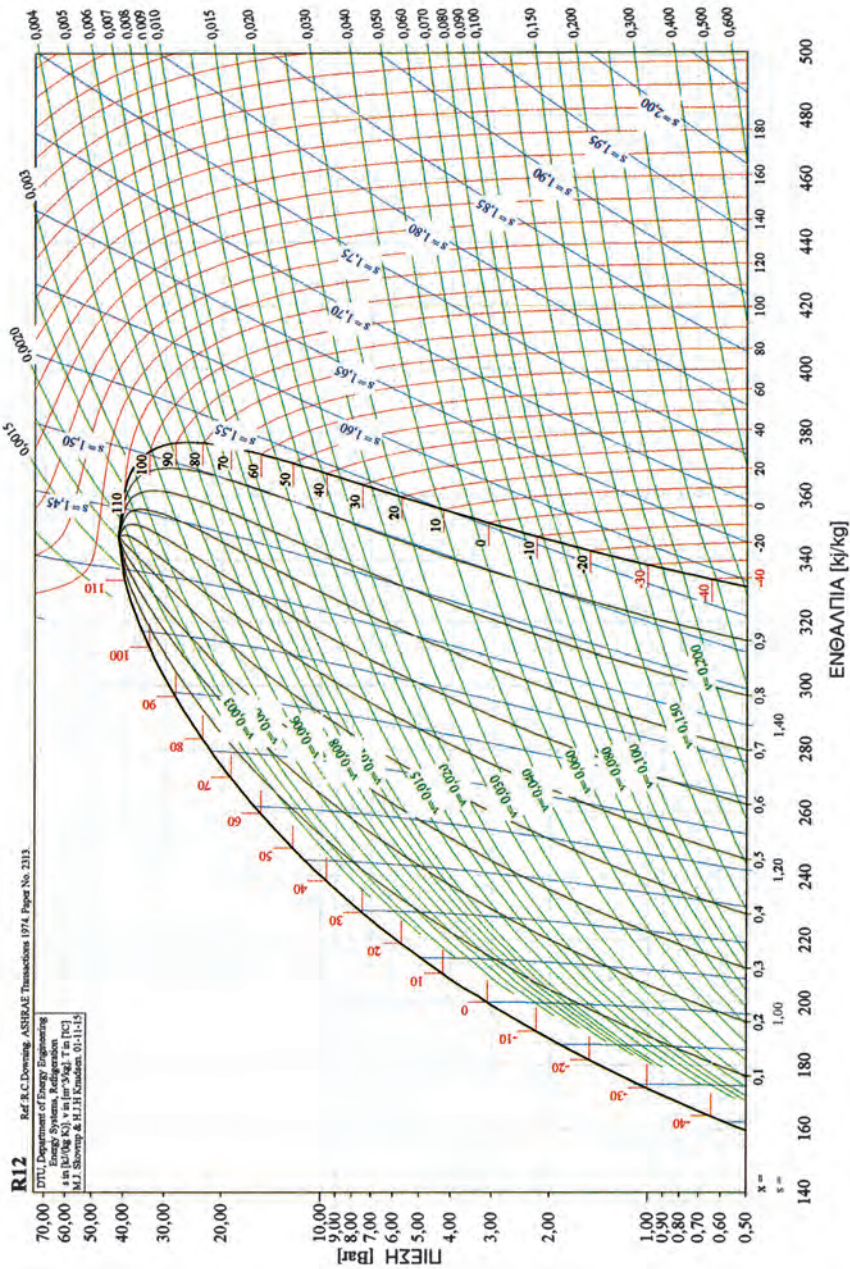
βάνονται στα ψυκτικά ρευστά της 1ης ομάδας είναι η μη αναφλεξιμότητα, η χαμηλή τοξικότητα, η εξαιρετική θερμική και χημική σταθερότητα κ.ά.

Κώδικας, χρώματα δοχείων αποθήκευσης των ψυκτικών ρευστών.

Κάθε τύπος ψυκτικού ρευστού περιέχεται μέσα σε ένα κύλινδρο ο οποίος έχει ένα χαρακτηριστικό χρώμα. Ενδεικτικά στον παρακάτω πίνακα 3.1.2 αναφέρονται τα χρώματα των δοχείων που περιέχουν τα συνηθισμένα ψυκτικά ρευστά.

Πίνακας 3.1.2 Κωδικός χρωματισμός των δοχείων αποθήκευσης ψυκτικών ρευστών.

ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ
Φρέον 11	R-11	Πορτοκαλί
Φρέον 12	R-12	Άσπρο
Φρέον 22	R-22	Πράσινο
Φρέον 502	R-502	Μοβ
	R134-a	Ανοικτό μπλε
Αμμωνία	R-744	Ασημί



Σχήμα 3.1.2 «Διάγραμμα Mollier (πίεσης - ενθαλπίας) για το ψυκτικό μέσον R-12»

Πίνακας 3.1.3 «Χαρακτηριστικά μεγέθη κορεσμού R-12»

T	P	h _{υγρ}	h _{ατμ}	r	V _{ατμ}	T	P	h _{υγρ}	h _{ατμ}	r	v _{st}
°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg	°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg
-50	0.391	155.227	328.939	173.712	0.384	0	3.086	200.000	351.559	151.559	0.055
-49	0.412	156.107	329.401	173.294	0.366	1	3.189	200.925	351.987	151.062	0.054
-48	0.433	156.988	329.863	172.875	0.349	2	3.294	201.851	352.414	150.563	0.052
-47	0.456	157.869	330.325	172.456	0.333	3	3.403	202.779	352.839	150.060	0.050
-46	0.479	158.750	330.787	172.037	0.317	4	3.513	203.709	353.263	149.554	0.049
-45	0.504	159.631	331.249	171.618	0.303	5	3.627	204.641	353.684	149.043	0.047
-44	0.529	160.512	331.711	171.199	0.290	6	3.743	205.575	354.105	148.530	0.046
-43	0.555	161.394	332.174	170.780	0.277	7	3.862	206.510	354.523	148.013	0.045
-42	0.582	162.275	332.636	170.361	0.265	8	3.984	207.447	354.940	147.493	0.043
-41	0.611	163.158	333.098	169.940	0.253	9	4.109	208.387	355.355	146.968	0.042
-40	0.640	164.040	333.560	169.520	0.242	10	4.237	209.328	355.768	146.440	0.041
-39	0.671	164.923	334.022	169.099	0.232	11	4.367	210.271	356.179	145.908	0.040
-38	0.702	165.806	334.483	168.677	0.222	12	4.501	211.216	356.589	145.373	0.039
-37	0.735	166.690	334.945	168.255	0.213	13	4.638	212.164	356.996	144.832	0.038
-36	0.769	167.574	335.406	167.832	0.204	14	4.777	213.113	357.402	144.289	0.036
-35	0.805	168.459	335.867	167.408	0.196	15	4.920	214.065	357.806	143.741	0.035
-34	0.841	169.344	336.327	166.983	0.188	16	5.066	215.018	358.207	143.189	0.034
-33	0.879	170.230	336.788	166.558	0.180	17	5.215	215.974	358.607	142.633	0.033
-32	0.919	171.117	337.247	166.130	0.173	18	5.367	216.932	359.004	142.072	0.033
-31	0.959	172.004	337.707	165.703	0.166	19	5.523	217.893	359.400	141.507	0.032
-30	1.001	172.892	338.166	165.274	0.160	20	5.682	218.855	359.793	140.938	0.031
-29	1.045	173.780	338.625	164.845	0.153	21	5.844	219.820	360.184	140.364	0.030
-28	1.090	174.670	339.082	164.412	0.147	22	6.010	220.788	360.573	139.785	0.029
-27	1.136	175.560	339.540	163.980	0.142	23	6.178	221.758	360.959	139.201	0.028
-26	1.184	176.451	339.997	163.546	0.136	24	6.351	222.730	361.344	138.614	0.028
-25	1.233	177.342	340.453	163.111	0.131	25	6.527	223.704	361.725	138.021	0.027
-24	1.285	178.235	340.909	162.674	0.126	26	6.706	224.681	362.105	137.424	0.026
-23	1.337	179.128	341.364	162.236	0.122	27	6.889	225.661	362.482	136.821	0.025
-22	1.392	180.023	341.818	161.795	0.117	28	7.076	226.643	362.857	136.214	0.025
-21	1.448	180.918	342.271	161.353	0.113	29	7.266	227.628	363.229	135.601	0.024
-20	1.506	181.814	342.724	160.910	0.109	30	7.460	228.615	363.599	134.984	0.024
-19	1.565	182.712	343.176	160.464	0.105	31	7.658	229.605	363.967	134.362	0.023
-18	1.627	183.610	343.627	160.017	0.101	32	7.860	230.598	364.331	133.733	0.022
-17	1.690	184.510	344.077	159.567	0.098	33	8.065	231.593	364.694	133.101	0.022
-16	1.755	185.410	344.526	159.116	0.094	34	8.274	232.591	365.053	132.462	0.021
-15	1.822	186.312	344.974	158.662	0.091	35	8.487	233.592	365.410	131.818	0.021
-14	1.892	187.215	345.421	158.206	0.088	36	8.704	234.596	365.764	131.168	0.020
-13	1.963	188.119	345.868	157.749	0.085	37	8.925	235.602	366.116	130.514	0.020
-12	2.036	189.025	346.313	157.288	0.082	38	9.150	236.611	366.464	129.853	0.019
-11	2.111	189.931	346.757	156.826	0.079	39	9.379	237.624	366.810	129.186	0.019
-10	2.188	190.840	347.200	156.360	0.077	40	9.612	238.639	367.153	128.514	0.018
-9	2.268	191.749	347.641	155.892	0.074	41	9.850	239.657	367.494	127.837	0.018
-8	2.349	192.660	348.082	155.422	0.072	42	10.091	240.678	367.831	127.153	0.017
-7	2.433	193.572	348.521	154.949	0.069	43	10.337	241.702	368.165	126.463	0.017
-6	2.519	194.486	348.959	154.473	0.067	44	10.587	242.730	368.497	125.767	0.016
-5	2.608	195.401	349.396	153.995	0.065	45	10.841	243.760	368.825	125.065	0.016
-4	2.698	196.318	349.831	153.513	0.063	46	11.099	244.793	369.151	124.358	0.016
-3	2.792	197.236	350.265	153.029	0.061	47	11.362	245.830	369.473	123.643	0.015
-2	2.887	198.156	350.698	152.542	0.059	48	11.629	246.870	369.792	122.922	0.015
-1	2.985	199.077	351.129	152.052	0.057	49	11.901	247.913	370.108	122.195	0.015
0	3.086	200.000	351.559	151.559	0.055	50	12.177	248.959	370.421	121.462	0.014

T	P	$h_{υγρ}$	$h_{ατμ}$	r	$v_{ατμ}$	T	P	$h_{υγρ}$	$h_{ατμ}$	r	v_{st}
°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg	°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ / kg
50	12.177	248.959	370.421	121.462	0.014	70	18.688	270.618	375.961	105.343	0.009
51	12.457	250.009	370.731	120.722	0.014	71	19.066	271.740	376.200	104.460	0.009
52	12.742	251.062	371.037	119.975	0.013	72	19.448	272.866	376.434	103.568	0.008
53	13.032	252.118	371.341	119.223	0.013	73	19.837	273.996	376.665	102.669	0.008
54	13.326	253.177	371.640	118.463	0.013	74	20.230	275.130	376.892	101.762	0.008
55	13.625	254.240	371.937	117.697	0.013	75	20.629	276.269	377.114	100.845	0.008
56	13.929	255.307	372.230	116.923	0.012	76	21.033	277.411	377.333	99.922	0.008
57	14.237	256.377	372.520	116.143	0.012	77	21.442	278.557	377.547	98.990	0.007
58	14.550	257.450	372.806	115.356	0.012	78	21.857	279.708	377.758	98.050	0.007
59	14.868	258.527	373.089	114.562	0.011	79	22.277	280.862	377.964	97.102	0.007
60	15.190	259.608	373.368	113.760	0.011	80	22.703	282.021	378.166	96.145	0.007
61	15.518	260.692	373.644	112.952	0.011	81	23.134	283.185	378.364	95.179	0.007
62	15.850	261.780	373.916	112.136	0.011	82	23.570	284.352	378.557	94.205	0.007
63	16.187	262.872	374.185	111.313	0.010	83	24.012	285.524	378.746	93.222	0.006
64	16.529	263.967	374.450	110.483	0.010	84	24.460	286.700	378.931	92.231	0.006
65	16.876	265.066	374.711	109.645	0.010	85	24.913	287.881	379.112	91.231	0.006
66	17.228	266.169	374.969	108.800	0.010	86	25.372	289.066	379.288	90.222	0.006
67	17.586	267.275	375.223	107.948	0.009	87	25.837	290.255	379.460	89.205	0.006
68	17.948	268.386	375.473	107.087	0.009	88	26.307	291.449	379.627	88.178	0.006
69	18.315	269.500	375.719	106.219	0.009	89	26.783	292.647	379.790	87.143	0.005
70	18.688	270.618	375.961	105.343	0.009	90	27.264	293.850	379.948	86.098	0.005

T: Θερμοκρασία

P: Πίεση (απόλυτη)

h: Ειδική ενθαλπία

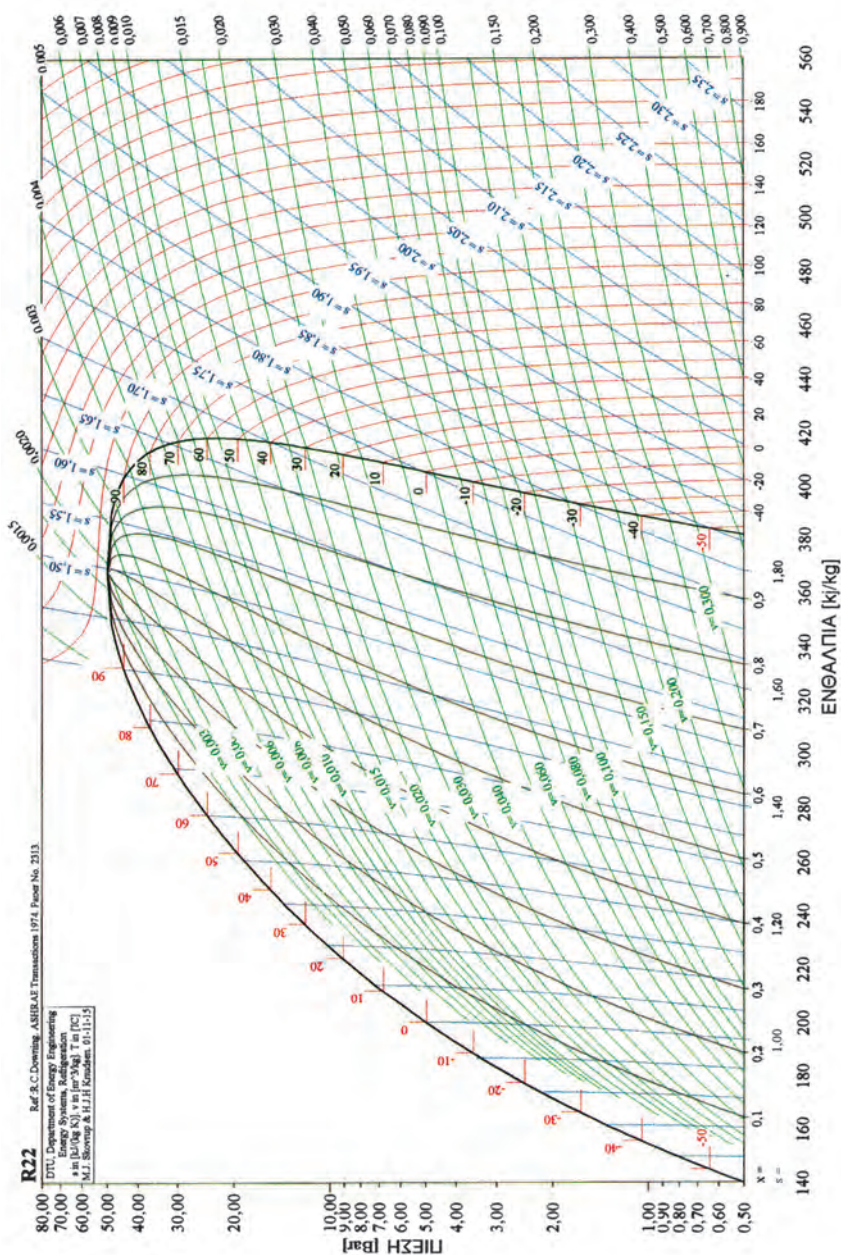
r: Λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης ή συμπύκνωσης

v: Ειδικός όγκος

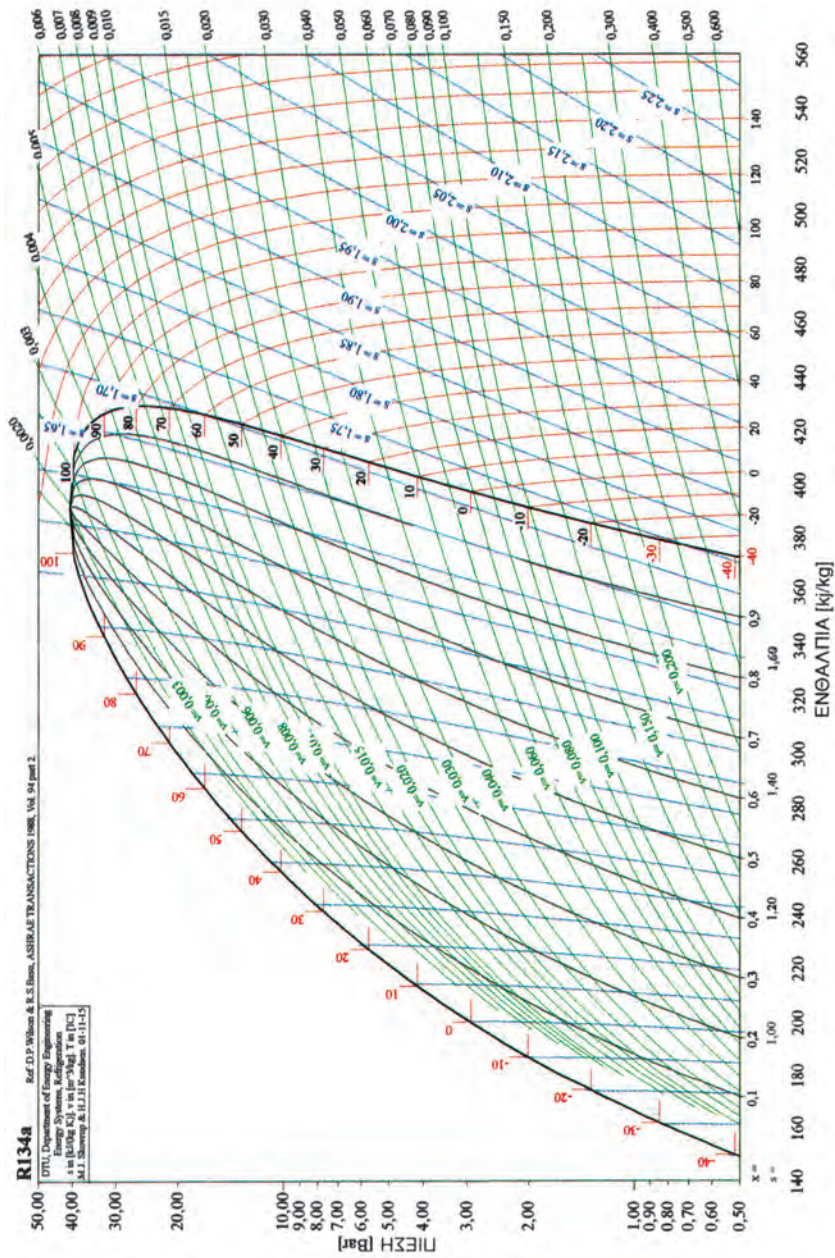
Πίνακας 3.1.4 «Χαρακτηριστικά μεγέθη κορεσμού R-22»

T	P	$h_{\text{υγρ}}$	$h_{\text{ατμ}}$	r	$v_{\text{ατμ}}$	T	P	$h_{\text{υγρ}}$	$h_{\text{ατμ}}$	r	$v_{\text{στ}}$
°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg	°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg
-80	0.106	114.468	370.209	255.741	1.755	-50	0.644	145.040	383.974	238.934	0.325
-79	0.113	115.470	370.651	255.181	1.644	-49	0.677	146.082	384.440	238.358	0.310
-78	0.121	116.473	371.096	254.623	1.541	-48	0.713	147.126	384.905	237.779	0.295
-77	0.130	117.477	371.542	254.065	1.445	-47	0.749	148.172	385.369	237.197	0.282
-76	0.139	118.482	371.990	253.508	1.356	-46	0.787	149.220	385.834	236.614	0.269
-75	0.149	119.488	372.439	252.951	1.274	-45	0.826	150.269	386.297	236.028	0.257
-74	0.159	120.494	372.890	252.396	1.197	-44	0.867	151.321	386.760	235.439	0.246
-73	0.170	121.502	373.343	251.841	1.126	-43	0.910	152.374	387.223	234.849	0.235
-72	0.182	122.511	373.796	251.285	1.060	-42	0.954	153.430	387.685	234.255	0.225
-71	0.194	123.521	374.251	250.730	0.998	-41	1.000	154.487	388.145	233.658	0.215
-70	0.206	124.532	374.707	250.175	0.940	-40	1.048	155.547	388.605	233.058	0.206
-69	0.220	125.544	375.164	249.620	0.887	-39	1.098	156.609	389.065	232.456	0.197
-68	0.234	126.558	375.623	249.065	0.837	-38	1.149	157.673	389.523	231.850	0.189
-67	0.249	127.573	376.082	248.509	0.790	-37	1.202	158.739	389.980	231.241	0.181
-66	0.264	128.588	376.542	247.954	0.747	-36	1.257	159.807	390.436	230.629	0.174
-65	0.281	129.606	377.003	247.397	0.706	-35	1.315	160.878	390.890	230.012	0.166
-64	0.298	130.624	377.465	246.841	0.668	-34	1.374	161.950	391.344	229.394	0.160
-63	0.316	131.644	377.927	246.283	0.632	-33	1.435	163.026	391.796	228.770	0.153
-62	0.335	132.665	378.391	245.726	0.598	-32	1.498	164.103	392.246	228.143	0.147
-61	0.355	133.688	378.854	245.166	0.567	-31	1.564	165.183	392.696	227.513	0.141
-60	0.376	134.712	379.319	244.607	0.538	-30	1.632	166.265	393.143	226.878	0.136
-59	0.397	135.738	379.783	244.045	0.510	-29	1.702	167.350	393.589	226.239	0.131
-58	0.420	136.765	380.249	243.484	0.484	-28	1.774	168.437	394.033	225.596	0.126
-57	0.444	137.794	380.714	242.920	0.460	-27	1.849	169.526	394.476	224.950	0.121
-56	0.469	138.824	381.180	242.356	0.437	-26	1.927	170.618	394.917	224.299	0.116
-55	0.495	139.856	381.645	241.789	0.415	-25	2.006	171.713	395.356	223.643	0.112
-54	0.522	140.889	382.111	241.222	0.395	-24	2.089	172.810	395.792	222.982	0.108
-53	0.551	141.924	382.577	240.653	0.376	-23	2.174	173.910	396.227	222.317	0.104
-52	0.581	142.961	383.043	240.082	0.358	-22	2.261	175.012	396.660	221.648	0.100
-51	0.612	144.000	383.509	239.509	0.341	-21	2.351	176.117	397.091	220.974	0.096
-50	0.644	145.040	383.974	238.934	0.325	-20	2.444	177.225	397.519	220.294	0.093

T	P	$h_{υγρ}$	$h_{ατμ}$	r	$v_{ατμ}$	T	P	$h_{υγρ}$	$h_{ατμ}$	r	v_{st}
°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg	°C	bar	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	m ³ /kg
-20	2.444	177.225	397.519	220.294	0.093	35	13.566	243.255	415.616	172.361	0.017
-19	2.540	178.336	397.945	219.609	0.090	36	13.909	244.565	415.810	171.245	0.017
-18	2.639	179.449	398.368	218.919	0.086	37	14.260	245.879	415.997	170.118	0.016
-17	2.741	180.565	398.790	218.225	0.083	38	14.616	247.199	416.178	168.979	0.016
-16	2.846	181.684	399.208	217.524	0.080	39	14.979	248.522	416.352	167.830	0.016
-15	2.953	182.806	399.624	216.818	0.078	40	15.348	249.850	416.520	166.670	0.015
-14	3.064	183.931	400.038	216.107	0.075	41	15.723	251.183	416.682	165.499	0.015
-13	3.178	185.059	400.449	215.390	0.072	42	16.106	252.521	416.837	164.316	0.014
-12	3.295	186.189	400.856	214.667	0.070	43	16.494	253.863	416.986	163.123	0.014
-11	3.416	187.323	401.262	213.939	0.068	44	16.890	255.210	417.128	161.918	0.014
-10	3.540	188.460	401.664	213.204	0.065	45	17.292	256.562	417.263	160.701	0.013
-9	3.667	189.600	402.063	212.463	0.063	46	17.700	257.919	417.392	159.473	0.013
-8	3.798	190.742	402.459	211.717	0.061	47	18.116	259.280	417.514	158.234	0.013
-7	3.932	191.888	402.852	210.964	0.059	48	18.538	260.646	417.628	156.982	0.012
-6	4.070	193.037	403.242	210.205	0.057	49	18.967	262.018	417.736	155.718	0.012
-5	4.212	194.190	403.628	209.438	0.055	50	19.404	263.394	417.837	154.443	0.012
-4	4.357	195.345	404.011	208.666	0.054	51	19.847	264.775	417.931	153.156	0.011
-3	4.506	196.504	404.391	207.887	0.052	52	20.297	266.161	418.017	151.856	0.011
-2	4.659	197.666	404.767	207.101	0.050	53	20.755	267.552	418.096	150.544	0.011
-1	4.815	198.831	405.140	206.309	0.049	54	21.220	268.948	418.168	149.220	0.011
0	4.976	200.000	405.509	205.509	0.047	55	21.692	270.349	418.233	147.884	0.010
1	5.141	201.172	405.874	204.702	0.046	56	22.171	271.755	418.290	146.535	0.010
2	5.309	202.348	406.236	203.888	0.044	57	22.658	273.167	418.339	145.172	0.010
3	5.482	203.526	406.594	203.068	0.043	58	23.152	274.583	418.381	143.798	0.009
4	5.659	204.709	406.948	202.239	0.042	59	23.653	276.005	418.415	142.410	0.009
5	5.840	205.895	407.298	201.403	0.040	60	24.162	277.432	418.442	141.010	0.009
6	6.026	207.084	407.644	200.560	0.039	61	24.679	278.865	418.460	141.010	0.009
7	6.216	208.277	407.986	199.709	0.038	62	25.203	280.302	418.471	139.595	0.009
8	6.411	209.474	408.323	198.849	0.037	63	25.734	281.745	418.474	138.169	0.008
9	6.609	210.674	408.657	197.983	0.036	64	26.274	283.194	418.469	136.729	0.008
10	6.813	211.878	408.986	197.108	0.035	65	26.821	284.647	418.456	135.275	0.008
11	7.021	213.085	409.311	196.226	0.034	66	27.376	286.106	418.434	133.809	0.008
12	7.234	214.296	409.631	195.335	0.033	67	27.939	287.571	418.405	132.328	0.008
13	7.451	215.511	409.947	194.436	0.032	68	28.510	289.041	418.367	130.834	0.007
14	7.674	216.730	410.258	193.528	0.031	69	29.089	290.517	418.320	129.326	0.007
15	7.901	217.953	410.565	192.612	0.030	70	29.676	291.998	418.266	127.803	0.007
16	8.133	219.179	410.867	191.688	0.029	71	30.271	293.485	418.203	126.268	0.007
17	8.371	220.409	411.164	190.755	0.028	72	30.874	294.977	418.131	124.718	0.007
18	8.613	221.644	411.456	189.812	0.028	73	31.485	296.475	418.050	123.154	0.006
19	8.860	222.882	411.744	188.862	0.027	74	32.105	297.979	417.961	121.575	0.006
20	9.113	224.124	412.026	187.902	0.026	75	32.732	299.488	417.864	119.982	0.006
20	9.113	224.124	412.026	187.902	0.026	76	33.368	301.004	417.757	118.376	0.006
21	9.371	225.370	412.303	186.933	0.025	77	34.012	302.524	417.641	116.753	0.006
22	9.634	226.620	412.576	185.956	0.025	78	34.665	304.051	417.517	115.117	0.006
23	9.902	227.875	412.843	184.968	0.024	79	35.326	305.584	417.383	113.466	0.005
24	10.176	229.133	413.104	183.971	0.023	80	35.996	307.122	417.240	111.799	0.005
25	10.456	230.396	413.361	182.965	0.023	81	36.674	308.667	417.089	110.118	0.005
27	11.031	232.933	413.857	180.924	0.021	82	37.361	310.217	416.927	108.422	0.005
28	11.327	234.208	414.097	179.889	0.021	83	38.056	311.773	416.757	106.710	0.005
29	11.629	235.488	414.332	178.844	0.020	84	38.760	313.336	416.577	104.984	0.005
30	11.937	236.771	414.560	177.789	0.020	85	39.472	314.904	416.388	103.241	0.005
31	12.251	238.059	414.783	176.724	0.019	86	40.194	316.478	416.189	101.484	0.005
32	12.571	239.351	415.001	175.650	0.019	87	40.924	318.059	415.980	99.711	0.004
33	12.896	240.648	415.212	174.564	0.018	88	41.662	319.645	415.762	97.921	0.004
34	13.228	241.949	415.417	173.468	0.018	89	42.410	321.238	415.535	96.117	0.004
35	13.566	243.255	415.616	172.361	0.017	90	43.167	322.837	415.297	94.297	0.004



Σχήμα 3.1.3 «Διάγραμμα Mollier (πίεσης - ενθαλπίας) για το ψυκτικό μέσον R-22»



Σχήμα 3.1.4 «Διάγραμμα Mollier (πίεσης - ενθαλπίας) για το ψυκτικό μέσον R-134a»

Πίνακας 3.1.5 «Χαρακτηριστικά μεγέθη κορεσμού R-134a»

ΘΕΡΜ	ΠΙΕΣΗ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ		ΕΝΘΑΛΠΙΑ			ΕΝΤΡΟΠΙΑ		ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ		ΙΣΩΔΕΣ	ΘΕΡΜ
T	p	ρ'	ρ''	h'	h' - h''	h''	s'	s''	cp'	cp''	σ	T
°C	bar	kg/m ³		kJ/kg			kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		N/m	°C
		υγρό	ατμός	υγρό	λανθάνουσα	ατμός	υγρό	ατμός	υγρό	ατμός		
-49	0.31	1440.1	1.740	137.3	231.3	368.6	0.748	1.780	1.222	0.717	0.0191	-49
-48	0.33	1437.3	1.836	138.5	230.7	369.2	0.754	1.778	1.224	0.720	0.0189	-48
-47	0.35	1434.5	1.936	139.8	230.1	369.9	0.759	1.777	1.226	0.723	0.0188	-47
-46	0.37	1431.6	2.040	141.0	229.5	370.5	0.765	1.775	1.228	0.726	0.0186	-46
-45	0.39	1428.8	2.149	142.2	228.9	371.1	0.770	1.773	1.230	0.729	0.0185	-45
-44	0.41	1426.0	2.263	143.5	228.3	371.8	0.775	1.772	1.232	0.732	0.0183	-44
-43	0.44	1423.2	2.382	144.7	227.7	372.4	0.781	1.770	1.234	0.735	0.0182	-43
-42	0.46	1420.3	2.505	145.9	227.1	373.0	0.786	1.769	1.237	0.738	0.0180	-42
-41	0.49	1417.5	2.633	147.2	226.5	373.7	0.791	1.767	1.239	0.741	0.0178	-41
-40	0.51	1414.6	2.767	148.4	225.9	374.3	0.797	1.766	1.241	0.744	0.0177	-40
-39	0.54	1411.8	2.906	149.6	225.3	374.9	0.802	1.764	1.243	0.747	0.0175	-39
-38	0.57	1408.9	3.050	150.9	224.7	375.5	0.807	1.763	1.245	0.750	0.0174	-38
-37	0.60	1406.0	3.200	152.1	224.0	376.2	0.813	1.761	1.247	0.753	0.0172	-37
-36	0.63	1403.1	3.356	153.4	223.4	376.8	0.818	1.760	1.250	0.756	0.0171	-36
-35	0.66	1400.2	3.518	154.6	222.8	377.4	0.823	1.759	1.252	0.759	0.0169	-35
-34	0.69	1397.4	3.686	155.9	222.2	378.1	0.828	1.757	1.254	0.762	0.0168	-34
-33	0.73	1394.5	3.861	157.1	221.5	378.7	0.834	1.756	1.256	0.766	0.0166	-33
-32	0.77	1391.5	4.042	158.4	220.9	379.3	0.839	1.755	1.259	0.769	0.0165	-32
-31	0.80	1388.6	4.229	159.7	220.3	379.9	0.844	1.754	1.261	0.772	0.0163	-31
-30	0.84	1385.7	4.424	160.9	219.6	380.6	0.849	1.753	1.263	0.775	0.0162	-30
-29	0.88	1382.8	4.625	162.2	219.0	381.2	0.854	1.751	1.265	0.779	0.0160	-29
-28	0.93	1379.8	4.833	163.5	218.3	381.8	0.860	1.750	1.268	0.782	0.0159	-28
-27	0.97	1376.9	5.049	164.7	217.7	382.4	0.865	1.749	1.270	0.785	0.0157	-27
-26	1.02	1373.9	5.273	166.0	217.1	383.1	0.870	1.748	1.272	0.789	0.0156	-26
-25	1.06	1371.0	5.504	167.3	216.4	383.7	0.875	1.747	1.275	0.792	0.0154	-25
-24	1.11	1368.0	5.743	168.6	215.7	384.3	0.880	1.746	1.277	0.796	0.0153	-24
-23	1.16	1365.0	5.991	169.8	215.1	384.9	0.885	1.745	1.279	0.799	0.0151	-23
-22	1.22	1362.0	6.247	171.1	214.4	385.5	0.890	1.744	1.282	0.803	0.0150	-22
-21	1.27	1359.0	6.511	172.4	213.7	386.2	0.895	1.743	1.284	0.806	0.0148	-21
-20	1.33	1356.0	6.784	173.7	213.1	386.8	0.901	1.742	1.287	0.810	0.0147	-20
-19	1.39	1353.0	7.066	175.0	212.4	387.4	0.906	1.741	1.289	0.813	0.0145	-19
-18	1.45	1349.9	7.357	176.3	211.7	388.0	0.911	1.740	1.292	0.817	0.0144	-18
-17	1.51	1346.9	7.658	177.6	211.0	388.6	0.916	1.740	1.294	0.821	0.0142	-17
-16	1.57	1343.8	7.968	178.9	210.4	389.2	0.921	1.739	1.297	0.824	0.0141	-16
-15	1.64	1340.8	8.288	180.2	209.7	389.8	0.926	1.738	1.299	0.828	0.0139	-15
-14	1.71	1337.7	8.618	181.5	209.0	390.4	0.931	1.737	1.302	0.832	0.0138	-14
-13	1.78	1334.6	8.958	182.8	208.3	391.1	0.936	1.736	1.305	0.836	0.0136	-13
-12	1.85	1331.5	9.309	184.1	207.6	391.7	0.941	1.736	1.307	0.839	0.0135	-12
-11	1.93	1328.4	9.671	185.4	206.9	392.3	0.946	1.735	1.310	0.843	0.0133	-11
-10	2.01	1325.3	10.044	186.7	206.2	392.9	0.951	1.734	1.313	0.847	0.0132	-10
-9	2.09	1322.1	10.428	188.0	205.4	393.5	0.956	1.733	1.315	0.851	0.0130	-9
-8	2.17	1319.0	10.823	189.3	204.7	394.1	0.961	1.733	1.318	0.855	0.0129	-8
-7	2.26	1315.8	11.231	190.7	204.0	394.7	0.966	1.732	1.321	0.859	0.0127	-7
-6	2.34	1312.6	11.650	192.0	203.3	395.3	0.971	1.731	1.324	0.863	0.0126	-6
-5	2.43	1309.4	12.082	193.3	202.5	395.9	0.976	1.731	1.326	0.867	0.0125	-5
-4	2.53	1306.2	12.526	194.6	201.8	396.4	0.980	1.730	1.329	0.871	0.0123	-4
-3	2.62	1303.0	12.983	196.0	201.1	397.0	0.985	1.730	1.332	0.875	0.0122	-3
-2	2.72	1299.8	13.454	197.3	200.3	397.6	0.990	1.729	1.335	0.880	0.0120	-2
-1	2.82	1296.5	13.937	198.7	199.6	398.2	0.995	1.728	1.338	0.884	0.0119	-1
0	2.93	1293.3	14.435	200.0	198.8	398.8	1.000	1.728	1.341	0.888	0.0117	0

(συν. Πίνακα R-134a)

ΘΕΡΜ	ΠΙΕΣΗ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ		ΕΝΘΑΛΠΙΑ			ΕΝΤΡΟΠΙΑ		ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ		ΙΞΩΔΕΣ	ΘΕΡΜ
T	p	ρ'	ρ''	h'	h'' - h'	h''	s'	s''	cp'	cp''	σ	T
°C	bar	kg/m ³		kJ/kg			kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		N/m	°C
		υγρό	ατμός	υγρό	λανθάνουσα	ατμός	υγρό	ατμός	υγρό	ατμός		
1	3.04	1290.0	14.946	201.3	198.0	399.4	1.005	1.727	1.344	0.893	0.0116	1
2	3.15	1286.7	15.472	202.7	197.3	400.0	1.010	1.727	1.347	0.897	0.0115	2
3	3.26	1283.4	16.013	204.0	196.5	400.5	1.015	1.726	1.350	0.902	0.0113	3
4	3.38	1280.1	16.569	205.4	195.7	401.1	1.020	1.726	1.353	0.906	0.0112	4
5	3.50	1276.7	17.140	206.8	194.9	401.7	1.024	1.725	1.357	0.911	0.0110	5
6	3.62	1273.4	17.726	208.1	194.2	402.3	1.029	1.725	1.360	0.915	0.0109	6
7	3.75	1270.0	18.329	209.5	193.4	402.8	1.034	1.724	1.363	0.920	0.0107	7
8	3.88	1266.6	18.948	210.8	192.6	403.4	1.039	1.724	1.366	0.925	0.0106	8
9	4.01	1263.2	19.583	212.2	191.8	404.0	1.044	1.723	1.370	0.929	0.0105	9
10	4.15	1259.8	20.236	213.6	190.9	404.5	1.049	1.723	1.373	0.934	0.0103	10
11	4.29	1256.3	20.906	215.0	190.1	405.1	1.053	1.722	1.377	0.939	0.0102	11
12	4.43	1252.9	21.594	216.4	189.3	405.6	1.058	1.722	1.380	0.944	0.0100	12
13	4.58	1249.4	22.301	217.7	188.5	406.2	1.063	1.722	1.384	0.949	0.0099	13
14	4.73	1245.9	23.026	219.1	187.6	406.8	1.068	1.721	1.387	0.954	0.0098	14
15	4.89	1242.3	23.770	220.5	186.8	407.3	1.073	1.721	1.391	0.960	0.0096	15
16	5.05	1238.8	24.533	221.9	185.9	407.8	1.077	1.720	1.395	0.965	0.0095	16
17	5.21	1235.2	25.317	223.3	185.1	408.4	1.082	1.720	1.399	0.970	0.0094	17
18	5.38	1231.6	26.121	224.7	184.2	408.9	1.087	1.720	1.402	0.976	0.0092	18
19	5.55	1228.0	26.945	226.1	183.3	409.5	1.092	1.719	1.406	0.981	0.0091	19
20	5.72	1224.4	27.791	227.5	182.5	410.0	1.096	1.719	1.410	0.987	0.0089	20
21	5.90	1220.7	28.659	228.9	181.6	410.5	1.101	1.719	1.414	0.992	0.0088	21
22	6.08	1217.0	29.549	230.4	180.7	411.0	1.106	1.718	1.418	0.998	0.0087	22
23	6.27	1213.3	30.462	231.8	179.8	411.6	1.111	1.718	1.423	1.004	0.0085	23
24	6.46	1209.6	31.399	233.2	178.9	412.1	1.116	1.718	1.427	1.010	0.0084	24
25	6.66	1205.9	32.359	234.6	178.0	412.6	1.120	1.717	1.431	1.016	0.0083	25
26	6.86	1202.1	33.344	236.1	177.0	413.1	1.125	1.717	1.436	1.022	0.0081	26
27	7.07	1198.3	34.354	237.5	176.1	413.6	1.130	1.717	1.440	1.028	0.0080	27
28	7.28	1194.4	35.389	238.9	175.2	414.1	1.135	1.716	1.445	1.035	0.0079	28
29	7.49	1190.6	36.451	240.4	174.2	414.6	1.139	1.716	1.449	1.041	0.0077	29
30	7.71	1186.7	37.540	241.8	173.3	415.1	1.144	1.716	1.454	1.048	0.0076	30
31	7.93	1182.8	38.657	243.3	172.3	415.6	1.149	1.715	1.459	1.055	0.0075	31
32	8.16	1178.8	39.802	244.8	171.3	416.1	1.153	1.715	1.464	1.062	0.0073	32
33	8.40	1174.9	40.975	246.2	170.3	416.6	1.158	1.715	1.469	1.069	0.0072	33
34	8.64	1170.8	42.179	247.7	169.3	417.0	1.163	1.714	1.474	1.076	0.0071	34
35	8.88	1166.8	43.413	249.2	168.3	417.5	1.168	1.714	1.479	1.084	0.0069	35
36	9.13	1162.7	44.679	250.6	167.3	418.0	1.172	1.714	1.485	1.091	0.0068	36
37	9.38	1158.6	45.977	252.1	166.3	418.4	1.177	1.713	1.490	1.099	0.0067	37
38	9.64	1154.5	47.308	253.6	165.3	418.9	1.182	1.713	1.496	1.107	0.0065	38
39	9.91	1150.3	48.672	255.1	164.2	419.3	1.186	1.713	1.501	1.115	0.0064	39
40	10.18	1146.1	50.072	256.6	163.2	419.8	1.191	1.712	1.507	1.123	0.0063	40
41	10.45	1141.9	51.508	258.1	162.1	420.2	1.196	1.712	1.513	1.132	0.0062	41
42	10.73	1137.6	52.980	259.6	161.0	420.6	1.201	1.712	1.520	1.140	0.0060	42
43	11.02	1133.3	54.490	261.1	159.9	421.1	1.205	1.711	1.526	1.149	0.0059	43
44	11.31	1128.9	56.040	262.7	158.8	421.5	1.210	1.711	1.533	1.159	0.0058	44
45	11.61	1124.5	57.630	264.2	157.7	421.9	1.215	1.711	1.539	1.168	0.0057	45
46	11.91	1120.0	59.261	265.7	156.6	422.3	1.220	1.710	1.546	1.178	0.0055	46
47	12.22	1115.6	60.934	267.3	155.4	422.7	1.224	1.710	1.553	1.188	0.0054	47
48	12.54	1111.0	62.652	268.8	154.3	423.1	1.229	1.709	1.561	1.198	0.0053	48
49	12.86	1106.4	64.415	270.4	153.1	423.5	1.234	1.709	1.568	1.209	0.0052	49
50	13.19	1101.8	66.225	271.9	151.9	423.8	1.238	1.709	1.576	1.220	0.0050	50

(συν. Πίνακα R-134α)

ΘΕΡΜ	ΠΙΕΣΗ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ		ΕΝΘΑΛΠΙΑ			ΕΝΤΡΟΠΙΑ		ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ		ΙΣΩΔΕΣ	ΘΕΡΜ
T	p	ρ'	ρ''	h'	h'' - h'	h''	s'	s''	cp'	cp''	σ	T
°C	bar	kg/m ³		kJ/kg			kJ/(kg·K)		kJ/(kg·K)		N/m	°C
		υγρό	ατμός	υγρό	λανθάνουσα	ατμός	υγρό	ατμός	υγρό	ατμός		
51	13.52	1097.1	68.084	273.5	150.7	424.2	1.243	1.708	1.584	1.232	0.0049	51
52	13.87	1092.4	69.992	275.1	149.5	424.6	1.248	1.708	1.592	1.243	0.0048	52
53	14.21	1087.6	71.952	276.6	148.3	424.9	1.253	1.707	1.601	1.256	0.0047	53
54	14.57	1082.8	73.966	278.2	147.0	425.3	1.257	1.707	1.609	1.268	0.0045	54
55	14.93	1077.9	76.035	279.8	145.8	425.6	1.262	1.706	1.619	1.282	0.0044	55
56	15.29	1072.9	78.162	281.4	144.5	425.9	1.267	1.706	1.628	1.295	0.0043	56
57	15.67	1067.9	80.348	283.0	143.2	426.2	1.272	1.706	1.638	1.310	0.0042	57
58	16.05	1062.8	82.596	284.6	141.9	426.5	1.277	1.705	1.648	1.325	0.0041	58
59	16.43	1057.7	84.908	286.3	140.5	426.8	1.281	1.704	1.659	1.340	0.0039	59
60	16.83	1052.5	87.287	287.9	139.2	427.1	1.286	1.704	1.670	1.356	0.0038	60
61	17.23	1047.2	89.735	289.5	137.8	427.4	1.291	1.703	1.681	1.373	0.0037	61
62	17.64	1041.8	92.255	291.2	136.4	427.6	1.296	1.703	1.693	1.391	0.0036	62
63	18.05	1036.4	94.851	292.9	135.0	427.9	1.301	1.702	1.706	1.410	0.0035	63
64	18.47	1030.9	97.526	294.5	133.6	428.1	1.305	1.702	1.719	1.429	0.0034	64
65	18.91	1025.3	100.283	296.2	132.1	428.3	1.310	1.701	1.732	1.450	0.0032	65
66	19.34	1019.6	103.125	297.9	130.6	428.5	1.315	1.700	1.747	1.471	0.0031	66
67	19.79	1013.8	106.058	299.6	129.1	428.7	1.320	1.700	1.762	1.494	0.0030	67
68	20.24	1008.0	109.085	301.3	127.5	428.8	1.325	1.699	1.778	1.519	0.0029	68
69	20.70	1002.0	112.212	303.0	126.0	429.0	1.330	1.698	1.794	1.544	0.0028	69
70	21.17	995.9	115.442	304.8	124.4	429.1	1.335	1.697	1.812	1.572	0.0027	70
71	21.65	989.7	118.783	306.5	122.7	429.2	1.340	1.696	1.830	1.601	0.0026	71
72	22.14	983.4	122.239	308.3	121.1	429.3	1.345	1.695	1.850	1.632	0.0025	72
73	22.63	977.0	125.818	310.1	119.4	429.4	1.350	1.695	1.871	1.665	0.0024	73
74	23.13	970.4	129.527	311.8	117.6	429.5	1.355	1.694	1.894	1.701	0.0023	74
75	23.64	963.7	133.373	313.7	115.8	429.5	1.360	1.692	1.918	1.739	0.0022	75
76	24.16	956.9	137.366	315.5	114.0	429.5	1.365	1.691	1.943	1.781	0.0021	76
77	24.69	949.9	141.514	317.3	112.2	429.5	1.370	1.690	1.971	1.826	0.0019	77
78	25.23	942.7	145.830	319.2	110.3	429.4	1.375	1.689	2.001	1.875	0.0018	78
79	25.77	935.4	150.324	321.0	108.3	429.3	1.380	1.688	2.033	1.928	0.0017	79
80	26.33	927.8	155.010	322.9	106.3	429.2	1.385	1.686	2.068	1.986	0.0016	80
81	26.89	920.1	159.904	324.9	104.2	429.1	1.391	1.685	2.106	2.051	0.0015	81
82	27.47	912.1	165.022	326.8	102.1	428.9	1.396	1.683	2.148	2.122	0.0015	82
83	28.05	903.9	170.383	328.8	99.9	428.7	1.401	1.682	2.195	2.201	0.0014	83
84	28.65	895.5	176.010	330.7	97.7	428.4	1.407	1.680	2.246	2.290	0.0013	84
85	29.25	886.7	181.929	332.8	95.3	428.1	1.412	1.678	2.304	2.390	0.0012	85
86	29.87	877.6	188.169	334.8	92.9	427.7	1.418	1.676	2.369	2.503	0.0011	86
87	30.49	868.2	194.766	336.9	90.4	427.3	1.423	1.674	2.443	2.633	0.0010	87
88	31.13	858.4	201.761	339.0	87.7	426.8	1.429	1.672	2.528	2.784	0.0009	88
89	31.77	848.1	209.206	341.2	85.0	426.2	1.435	1.669	2.627	2.959	0.0008	89
90	32.43	837.3	217.162	343.4	82.1	425.5	1.441	1.667	2.744	3.167	0.0007	90
91	33.10	826.0	225.706	345.7	79.1	424.8	1.447	1.664	2.884	3.418	0.0006	91
92	33.78	814.0	234.936	348.0	75.9	423.9	1.453	1.661	3.055	3.724	0.0006	92
93	34.47	801.1	244.978	350.4	72.5	422.9	1.459	1.657	3.269	4.108	0.0005	93
94	35.18	787.4	256.005	353.0	68.9	421.8	1.466	1.653	3.546	4.602	0.0004	94
95	35.89	772.3	268.255	355.6	64.9	420.5	1.473	1.649	3.917	5.261	0.0003	95
96	36.63	755.8	282.079	358.4	60.5	418.9	1.480	1.644	4.442	6.184	0.0003	96
97	37.37	737.1	298.029	361.3	55.7	417.0	1.488	1.638	5.241	7.566	0.0002	97
98	38.13	715.4	317.065	364.6	50.0	414.6	1.496	1.631	6.600	9.862	0.0001	98
99	38.91	688.6	341.133	368.4	43.2	411.5	1.506	1.622	9.392	14.406	0.0001	99
100	39.70	651.4	375.503	373.2	33.8	407.0	1.519	1.609	18.008	27.554	0.0000	100

T: Θερμοκρασία

P: Πίεση (απόλυτη)

h: Ειδική ενθαλπία (h' = Ειδική ενθαλπία υγρού, h'' = Ειδική ενθαλπία ατμού)

r: Λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης ή συμπύκνωσης (h'' - h')

s: Ειδική εντροπία (s' = Ειδική εντροπία υγρού, s'' = Ειδική εντροπία ατμού)

ρ: Πυκνότητα (ρ' = Πυκνότητα υγρού, ρ'' = Πυκνότητα ατμού)

σ: Επιφανειακή τάση

c_p: Ειδική θερμότητα (c_p' = Ειδική θερμότητα υγρού, c_p'' = Ειδική θερμότητα ατμού)

3.2 Ανακύκλωση Ψυκτικών Ρευστών

Ο όρος ανακύκλωση μαζί με τους άλλους δύο, συλλογή και βελτίωση θα πρέπει να είναι αρκετά κατανοητοί για τους τεχνικούς που ασχολούνται με τις εγκαταστάσεις ψύξης.

Οι τεχνικοί που ασχολούνται με τις εγκαταστάσεις ψύξης θα πρέπει να περιορίζουν και να συγκρατούν όλα τα ψυκτικά ρευστά έτσι, ώστε αυτά να μην μπορούν να διαφεύγουν ελεύθερα στην ατμόσφαιρα. Οι αρμόδιες υπηρεσίες για την προστασία του περιβάλλοντος έχουν θεσπίσει αυστηρούς κανονισμούς και απαγορεύουν την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα των χλωροφθορανθράκων (CFC).

Βέβαια σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται η αφαίρεση του ψυκτικού υγρού από μια εγκατάσταση. Αυτό συνήθως συμβαίνει όταν:

- Ο ηλεκτροκινητήρας του συμπιεστή είναι καμένος.
- Όταν ένα σύστημα ή ένα εξάρτημα πρέπει να αφαιρεθεί για να αντικατασταθεί.
- Όταν πρέπει να γίνει μια επισκευή σε ένα σύστημα και το ψυκτικό ρευστό που υπάρχει σ' αυτό δεν μπορεί να αντληθεί με τη χρήση του συμπιεστή του συστήματος, ώστε να μπορεί να περιορισθεί είτε στον συμπυκνωτή του συστήματος είτε στον αποδέκτη.

Όταν το ψυκτικό μέσον πρέπει να αφαιρεθεί, οι τεχνίτες ψυκτικοί θα πρέπει να έχουν μελετήσει προσεκτικά το σύστημα, ώστε να καθορίσουν την καλύτερη δυνατή διαδικασία για την αφαίρεση του ψυκτικού ρευστού. Το κάθε σύστημα μπορεί να έχει μερικές διαφοροποιήσεις στις βαλβίδες του, ο συμπιεστής του μπορεί να λειτουργεί ή να μην λειτουργεί κ.λπ.

Οι περιπτώσεις που μπορεί να συναντήσει ένας τεχνίτης - ψυκτικός όταν απαιτείται η αφαίρεση του ψυκτικού ρευστού από ένα σύστημα είναι:

- Ο συμπιεστής να μη λειτουργεί και το σύστημα να μην έχει βαλβίδες σέρβις ή θυρίδες εισόδου, όπως γίνεται όταν μια μονάδα πρόκειται ν' απομακρυνθεί (περίπτωση του οικιακού ψυγείου, του οικιακού καταψύκτη).
- Ο συμπιεστής να μη λειτουργεί και το σύστημα να μην έχει θυρίδες εισόδου, όπως συμβαίνει με κάποια βλάβη από βραχυκύκλωμα σε ένα οικιακό ψυγείο ή σε έναν καταψύκτη.

- Ο συμπιεστής να λειτουργεί και η μονάδα να έχει βαλβίδες σέρβις (τύπου Schraeder) μόνο, όπως γίνεται σε ένα σύστημα κεντρικού κλιματισμού.
- Ο συμπιεστής να μην λειτουργεί και η μονάδα να έχει μόνο βαλβίδες σέρβις (τύπου Schraeder) μόνο όπως γίνεται σ' ένα σύστημα κεντρικού κλιματισμού.
- Ο συμπιεστής να λειτουργεί και το σύστημα να έχει μερικές βαλβίδες σέρβις όπως είναι οι βαλβίδες απομόνωσης της γραμμής υγρού και της γραμμής αναρρόφησης στα οικιακά κλιματιστικά συστήματα.
- Ο συμπιεστής να μη λειτουργεί και το σύστημα να έχει μερικές βαλβίδες σέρβις, όπως είναι οι βαλβίδες απομόνωσης της υγρής γραμμής και της γραμμής αναρρόφησης στα οικιακά συστήματα κλιματισμού.
- Ο συμπιεστής να λειτουργεί και το σύστημα να έχει ένα πλήρες σύνολο βαλβίδων σέρβις.
- Ο συμπιεστής να μη λειτουργεί και το σύστημα να έχει ένα πλήρες σύνολο βαλβίδων σέρβις.
- Μια αντλία θερμότητας με έναν οποιοδήποτε συνδυασμό βαλβίδων σέρβις.

Όταν ο τεχνίτης-ψυκτικός αρχίσει την προσπάθεια συλλογής του ψυκτικού μέσου, με τις προαναφερόμενες προϋποθέσεις, απαιτείται και η σχετική εμπειρία και οι σχετικές γνώσεις γι' αυτήν την διαδικασία.

Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η κατάσταση του ψυκτικού ρευστού που υπάρχει μέσα στο σύστημα, διότι μπορεί αυτό να είναι μολυσμένο με αέρα, ανακατεμένο με άλλο ψυκτικό ρευστό, με άζωτο, με οξύ ή ακόμη (και το πιο πιθανότερο στα *οικιακά ψυγεία* και στους καταψύκτες) με διάφορα απόβλητα της καύσης του ηλεκτροκινητήρα.

Η μεταβίβαση όλων αυτών των επιβλαβών ουσιών σε άλλα συστήματα δεν πρέπει να επιτρέπεται, επειδή μπορεί να προκαλέσουν σημαντική και ίσως και ανεπανόρθωτη ζημιά στο σύστημα στο οποίο θα μεταφερθούν.

Συνεπώς, οι λέξεις συλλογή, ανακύκλωση και βελτίωση για πολλούς τεχνίτες ψυκτικούς, όταν χρησιμοποιούνται, σημαίνουν το ίδιο πράγμα, ενώ στην ουσία όμως πρόκειται για τρεις τελείως διαφορετικές διαδικασίες.

Συλλογή ψυκτικού ρευστού

Συλλογή ψυκτικού ρευστού είναι η διαδικασία της αφαίρεσης του ψυκτικού ρευστού από το σύστημα και η αποθήκευσή του σε ένα εξωτερικό δοχείο. Αυτό βέβαια πρέπει να γίνει, αφού πρώτα προηγηθούν οι αναγκαίοι έλεγχοι και καθορισθεί η πορεία η οποία θα ακολουθηθεί.

Όπως αναφέρθηκε, το ψυκτικό ρευστό μπορεί να είναι μολυσμένο. Γενικά, δεν πρέπει να ξαναχρησιμοποιείται, εκτός αν τα διάφορα μέσα μόλυνσης βρίσκονται σε κάποια συγκεκριμένα όρια που δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.2.1.

Πίνακας 3.2.1 Επιτρεπόμενα όρια μόλυνσης ψυκτικού μέσου

Μέσο μόλυνσης	Επιτρεπόμενα όρια κατά βάρος
Υγρασία	10 ppm
Λάδι	100 ppm
Οξύ	1.0 ppm
Χλώρια	καθόλου

Εάν ο τεχνίτης-ψυκτικός αφαιρέσει το ψυκτικό ρευστό από μια ψυκτική εγκατάσταση και διαπιστώσει ότι αυτό το ψυκτικό ρευστό μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί, τότε μπορεί να επιστραφεί στο σύστημα.

Για παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί ένα ψυκτικό σύστημα το οποίο δεν έχει βαλβίδες σέρβις και παρουσιάζει κάποια διαρροή του ψυκτικού ρευστού που περιέχει. Το ψυκτικό ρευστό, το οποίο θα παραμείνει μέσα στο σύστημα, μπορεί να συγκεντρωθεί και να ξαναχρησιμοποιηθεί αλλά μόνο στο ίδιο ψυκτικό σύστημα.

Αρκετοί ιδιοκτήτες πολλαπλών ψυκτικών συστημάτων συχνά επιθυμούν να ξαναχρησιμοποιήσουν τα συλλεγόμενο ψυκτικό ρευστό της μιας εγκατάστασής τους σε κάποια άλλη. Πολλές φορές αυτό το επιθυμούν μόνο όταν έχει λήξει η εγγύηση του ψυκτικού εξοπλισμού τους.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις ο τεχνίτης-ψυκτικός θα πρέπει να είναι αρκετά προσεκτικός, ώστε κατά τη διαδικασία της συλλογής και επαναχρησιμοποίησης ψυκτικών ρευστών να μην περάσουν επιβλαβείς ουσίες στο σύστημα.

Ανακύκλωση ψυκτικού ρευστού

Ανακύκλωση είναι η διαδικασία κατά την οποία στον καθαρισμό του ψυκτικού ρευστού, για να επαναχρησιμοποιηθεί, αυτό διαχωρίζεται από το λάδι με τη διέλευσή του μια ή και περισσότερες φορές από διάφορους μηχανισμούς, όπως τα φίλτρα αποξήρανσης με αντικαθιστάμενο πυρήνα, τα οποία αφαιρούν την υγρασία, τα οξέα και άλλες επιβλαβείς ουσίες. Τα φίλτρα αποξήρανσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν μόνο για την αφαίρεση των οξέων, της υγρασίας, καθώς και των διαφόρων σωματιδίων από το ψυκτικό ρευστό. Όπως αναφέρθηκε, το ψυκτικό ρευστό ενδέχεται να χρειασθεί να περάσει πολλές φορές από τους ξηραντές μέχρι να καθαριστεί πλήρως. Ο καθαρισμός του αέρα από το σύστημα μπορεί να γίνει μόνο όταν το ψυκτικό ρευστό περιέχεται μέσα σε ένα ξεχωριστό δοχείο ή σε μια μονάδα ανακύκλωσης.

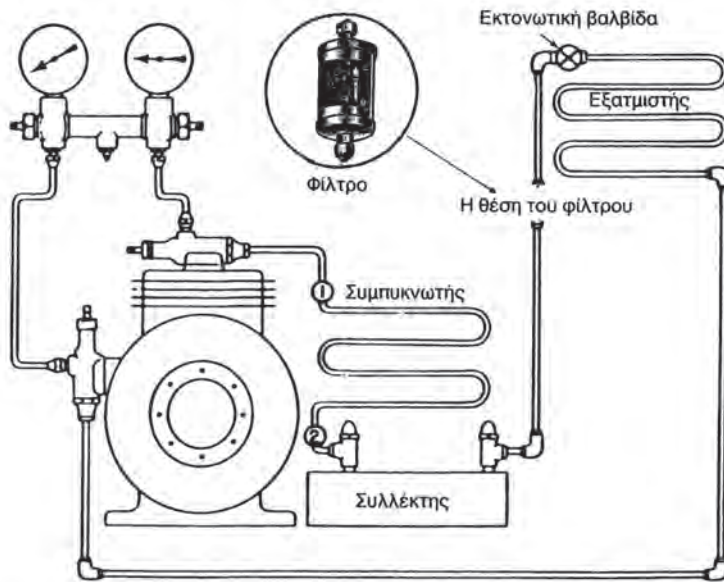
Η διαδικασία της ανακύκλωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που από μια ψυκτική εγκατάσταση έχει καεί ο ηλεκτροκινητήρας και ο συμπιεστής έχει βαλβίδες σέρβις, οι οποίες βρίσκονται σε μπροστινή έδραση. Σε αυτή την περίπτωση αλλάζει μόνο ο συμπιεστής και η μόνη ποσότητα ψυκτικού ρευστού που χάνεται είναι η ατμοποιημένη που βρίσκεται μέσα στο συμπιεστή. Οι ξηραντήρες χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό του ψυκτικού ρευστού, ενώ λειτουργεί ο καινούργιος συμπιεστής του συστήματος.

Συχνά, το σύστημα ξεκινάει και γίνεται άντληση του ψυκτικού ρευστού μέσα στο συμπυκνωτή και στον αποδέκτη, ενώ γίνεται τοποθέτηση επιπρόσθετων φίλτρων ξηραντών στη γραμμή της αναρρόφησης για την αφαίρεση των οξέων, ώστε να υπάρξει μεγαλύτερη προστασία του συμπιεστή (σχ. 3.2.1).

Αυτή η διαδικασία ανακύκλωσης γίνεται μέσα στον εξοπλισμό και αφού αποκατασταθεί η φυσιολογική του λειτουργία.

Μια μονάδα ανακύκλωσης αφαιρεί το ψυκτικό ρευστό μέσα από το σύστημα το καθαρίζει και το επιστρέφει στο σύστημα.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη μετακίνηση του ψυκτικού ρευστού σε ένα κύλινδρο συλλογής ψυκτικού ρευστού. Στη συνέχεια και χρησιμοποιώντας τις δυο βαλβίδες, οι οποίες βρίσκονται πάνω στον κύλινδρο, το ψυκτικό ρευστό κυκλοφορεί μέσα από τη μονάδα ανακύκλωσης και το σύστημα διήθησης. Μερικές μονάδες ανακύκλωσης έχουν ένα μέσον καθαρισμού του αέρα, το οποίο επιτρέπει τον καθαρισμό του αέρα ο οποίος εισέρχεται στο σύστημα, πριν μεταφερθεί το ψυκτικό μέσον στο σύστημα.



Σχήμα 3.2.1 Χρησιμοποίηση φίλτρων ξηραντών μέσα στο σύστημα για την ανακύκλωση του ψυκτικού ρευστού μέσα στο σύστημα

Σήμερα στην αγορά υπάρχουν πολλά μηχανικά συστήματα συλλογής ψυκτικών ρευστών. Αρκετά από αυτά πωλούνται μόνο για τη συλλογή των ψυκτικών ρευστών, ενώ άλλα έχουν σχεδιαστεί για τη συλλογή και την ανακύκλωση των ψυκτικών ρευστών και άλλα έχουν και την ικανότητα βελτίωσης των ψυκτικών ρευστών.

Ο εξοπλισμός συλλογής και ανακύκλωσης για να είναι εύχρηστος πρέπει να είναι ελαφρός (διότι αρκετές φορές ο τεχνίτης ψυκτικός καλείται να ανέβει κλιμακοστάσια ή να ανέβει στις ταράτσες των κτιρίων, εκεί δηλαδή όπου υπάρχουν κλιματιστικά ή ψυκτικά συγκροτήματα) και φορητός. Πολλές μονάδες έχουν τροχούς για να μπορούν να κυλήσουν σε υψηλούς ορόφους κτιρίων.

Ο κύριος σκοπός των μηχανημάτων αυτών είναι η αφαίρεση του ψυκτικού ρευστού από ένα ψυκτικό συγκρότημα. Προσπαθούν δηλαδή να αφαιρέσουν ατμό, υγρό, ή μίγμα ατμού και υγρού, με μια ποσότητα λαδιού που πιθανόν παρακρατείται σε ένα υγρό ψυκτικό μέσον.

Ο πιο γρήγορος τρόπος αφαίρεσης ψυκτικού ρευστού από ένα σύστημα είναι η εξαγωγή του να γίνεται σε υγρή κατάσταση. Εάν το σύστημα είναι αρκετά μεγάλο, πρέπει να έχει έναν αποδέκτη υγρού, στον οποίο να συγκεντρώνεται το περισσότερο ψυκτικό ρευστό.

Η πιο αργή μέθοδος αφαίρεσης ψυκτικού ρευστού από ένα σύστημα είναι η αφαίρεσή του σε ατμοποιημένη κατάσταση. Όταν το ψυκτικό μέσον αφαιρείται σε ατμοποιημένη κατάσταση με την χρήση μονάδας συλλογής και ανακύκλωσης ψυκτικών ρευστών, αυτό αφαιρείται γρηγορότερα εάν οι σωληνώσεις και οι θυρίδες των βαλβίδων δεν είναι φραγμένες και αν μπορεί να δημιουργείται μια μεγάλη διαφορά πίεσης. Το σύστημα είναι θερμότερο όταν ο ατμός είναι θερμότερος και πυκνότερος. Ο συμπιεστής μιας μονάδας συλλογής και ανακύκλωσης μπορεί να αντλεί περισσότερο ψυκτικό ρευστό ανά λεπτό. Όμως, μόλις η πίεση του ατμού μέσα στο σύστημα πέσει, τότε ο ατμός γίνεται λιγότερο πυκνός και απαιτείται περισσότερος χρόνος για την ίδια δουλειά.

Οι μονάδες συλλογής και ανακύκλωσης πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σωστά κάτω από οποιεσδήποτε εξωτερικές συνθήκες, ακόμη και ακραίες. Πολλές φορές η θερμοκρασία περιβάλλοντος μπορεί να είναι και μεγαλύτερη από 37,8°C (100°F). Σε τέτοιες συνθήκες η πίεση του συστήματος μπορεί να γίνει υψηλή (εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος) με συνέπεια να διατηρεί σε υπερφόρτιση τη μονάδα του συμπιεστή. Γι' αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ένας ρυθμιστής πίεσης που είναι εγκατεστημένος στο στροφαλοθάλαμο των μονάδων συλλογής-ανακύκλωσης, για να εμποδίζει την υπερφόρτιση του συμπιεστή, με υψηλή πίεση αναρρόφησης. Η μονάδα συλλογής-ανακύκλωσης θα πρέπει να συμπυκνώνει το ψυκτικό ρευστό με τη χρήση του αέρα περιβάλλοντος που μπορεί να βρίσκεται όπως αναφέρθηκε, σε υψηλή θερμοκρασία και διέρχεται κατά μήκος του συμπυκνωτή της μονάδας. Ο συμπυκνωτής της μονάδας συλλογής-ανακύκλωσης πρέπει να έχει μεγάλη ικανότητα συμπύκνωσης του ψυκτικού μέσου χωρίς να υπερφορτώνει το συμπιεστή της μονάδας.

Οι κατασκευαστές των μονάδων συλλογής-ανακύκλωσης δίνουν τη συνήθη ικανότητα άντλησης της μονάδας. Αυτή η ικανότητα εκφράζει την ικανότητα του εξοπλισμού για την αφαίρεση του ψυκτικού μέσου. Αυτή η ικανότητα είναι γενικά στα 15 gr/sec ή (2lb/min) και είναι πιο σταθερή και ταχύτερη, όταν αφαιρείται ψυκτικό μέσον σε υγρή κατάσταση. Στις περιπτώσεις που γίνεται αφαίρεση ψυκτικού σε αέρια κατάσταση θα πρέπει να ληφθούν υπόψη περισσότεροι παράγοντες. Και όπως προαναφέρθηκε, όσο θα πέφτει η πίεση του συστήματος κατά τη διαδικασία συλλογής ψυκτικού ρευστού σε αέρια κατάσταση, τόσο θα πέφτει και η ικανότητα αφαίρεσης του ψυκτικού ρευστού.

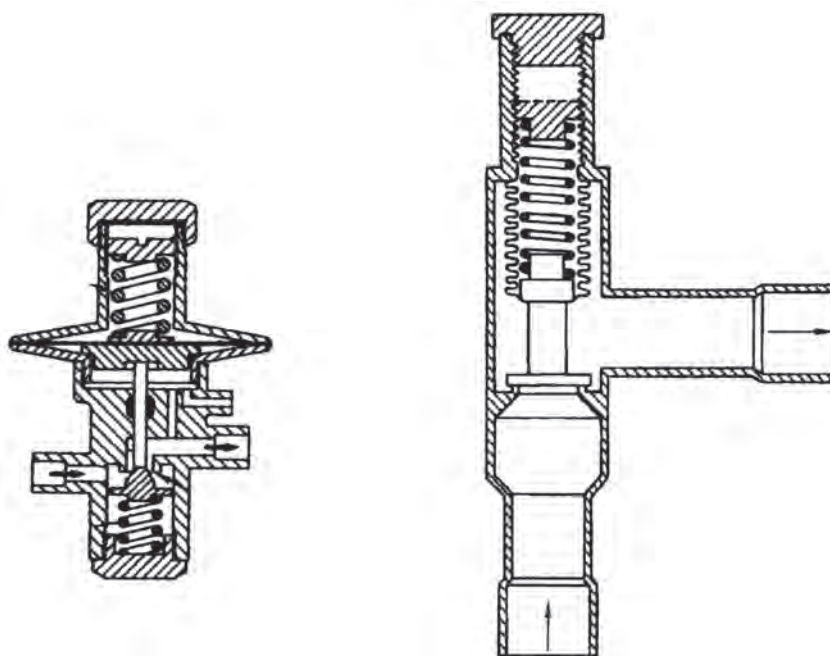
Για παράδειγμα, όταν η πίεση του ατμού στο σύστημα φθάσει στα 1,36 bar και έχουμε ένα μικρό συμπιεστή, τότε η ικανότητα αφαίρεσης θα γίνει πολύ μικρή.

Ο συμπιεστής σε μια μονάδα συλλογής-ανακύκλωσης ουσιαστικά λειτουργεί ως μια αντλία, η οποία θα πρέπει να αναρροφά ψυκτικό ρευστό μόνο σε αέρια κατάσταση. Χρησιμοποιούνται αρκετοί τρόποι για να επιτευχθεί αυτό. Μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν τη μέθοδο της ώσης και της έλξης για την αφαίρεση του ψυκτικού μέσου.

Σύμφωνα με αυτήν τη μέθοδο, η γραμμή υγρού της μονάδας συνδέεται με τη γραμμή υγρού του κυλίνδρου. Έτσι, ολοκληρώνεται μια σύνδεση από τη μονάδα εκφόρτωσης προς στο σύστημα. Όταν η μονάδα ξεκινάει, ο ατμός έλκεται έξω από τον κύλινδρο συλλογής διαμέσου της θυρίδας ατμού και συμπυκνώνεται στην μονάδα συλλογής. Μια μικρή ποσότητα υγρού ωθείται μέσα στο σύστημα, όπου μετατρέπεται αμέσως σε ατμό, ώστε να δημιουργηθεί πίεση για να ωθεί το υγρό μέσα στον κύλινδρο συλλογής. Ένα γυάλινο οφθαλμίδιο χρησιμοποιείται για τον οπτικό έλεγχο του υγρού, ενώ συγχρόνως ο κύλινδρος συλλογής τοποθετείται πάνω σε μια ζυγαριά, ώστε να μην υπερπληρωθεί. Όταν καθορισθεί ότι δεν μπορεί να αφαιρεθεί περισσότερο υγρό, η γραμμή αναρρόφησης από τη μονάδα συλλογής επανασυνδέεται στην πλευρά του ατμού στο σύστημα και η μονάδα εκτονώνεται ταχύτερα στον κύλινδρο του ψυκτικού ρευστού.

Η μονάδα ξεκινάει και ο ατμός ο οποίος απομένει αφαιρείται από το σύστημα και συμπυκνώνεται μέσα στον κύλινδρο. Συχνά τοποθετείται μια βαλβίδα ρύθμισης της πίεσης του στροφαλοθαλάμου στη γραμμή αναρρόφησης του συμπιεστή της μονάδας συλλογής-ανακύκλωσης για να την προστατέψει από την υπερφόρτιση και να προστατέψει επίσης το υγρό ψυκτικό μέσον (σχήμα 3.2.2).

Όταν αφαιρείται ψυκτικό ρευστό από κάποιο ψυκτικό συγκρότημα αυτό περιέχει και λάδι. Το λάδι θα είναι μέσα στο ψυκτικό μέσον μέσα στο κύλινδρο συλλογής. Όταν το ψυκτικό ρευστό επανέλθει στο σύστημα, θα επανέλθει και το λάδι μαζί του. Το λάδι το οποίο μπορεί να μετακινηθεί δια μέσου της μονάδας συλλογής με οποιαδήποτε ποσότητα υγρού θα σταματήσει με το διαχωριστή λαδιού. Οποιοδήποτε λάδι αφαιρείται πρέπει να μετριέται για να συμπληρώνεται με αντίστοιχη ποσότητα το ψυκτικό σύστημα.



Σχήμα 3.2.2 Χρήση βαλβίδας ρύθμισης πίεσης για την προστασία του συμπιεστή.

Η σημασία της ανακύκλωσης των ψυκτικών ρευστών στην προστασία του περιβάλλοντος

Όπως προαναφέρθηκε, τα ψυκτικά ρευστά είναι χημικά προϊόντα τα οποία, όταν περιέχονται μέσα σε ένα ψυκτικό συγκρότημα, δε μολύνουν και γενικότερα δεν είναι επιβλαβή για την ατμόσφαιρα. Όμως, όταν διαρρεύσουν στην ατμόσφαιρα, τότε γίνονται επιβλαβή μιας και καταστρέφουν το όζον.

3.3 Το κυκλικό διάγραμμα της ψύξης με συμπίεση ατμών

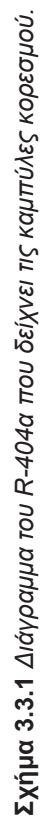
Η καλή γνώση της λειτουργίας μιας ψυκτικής μηχανής, που παράγει ψυκτική ισχύ συμπιέζοντας τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού, προϋποθέτει όχι μόνο την κατανόηση της κάθε διεργασίας που αποτελεί τμήμα του ψυκτικού κύκλου, αλλά ταυτόχρονα να γνωρίζουμε τις σχέσεις ανάμεσα στις διεργασίες του κύκλου, καθώς και τα αποτελέσματα που προκαλεί η αλλαγή σε μια από της διεργασίες του κύκλου.

Αυτό επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση διαγραμμάτων στα οποία μπορεί να απεικονίζεται ολόκληρος ο ψυκτικός κύκλος. Η γραφική αναπαράσταση του ψυκτικού κύκλου μας δίνει τη δυνατότητα να βλέπουμε ταυτόχρονα όλες τις αλλαγές που υφίσταται το ψυκτικό ρευστό κατά τη λειτουργία της μηχανής χωρίς να χρειάζεται να θυμόμαστε όλες τις τιμές των θερμοδυναμικών μεταβλητών.

Το πλέον χρήσιμο και καταλληλότερο για την κατανόηση του ψυκτικού κύκλου διάγραμμα είναι το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας ($p-h$). Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται επίσης διάγραμμα Mollier και με αυτό θα ασχοληθούμε στη συνέχεια.

Το διάγραμμα πίεσης- ενθαλπίας ($p-h$)

Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας για το ψυκτικό υγρό R404a το οποίο είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Η κατάσταση του ψυκτικού προσδιορίζεται με ένα σημείο στο διάγραμμα $p-h$. Το σημείο αυτό ορίζεται, αν είναι γνωστές δύο μόνο από τις θερμοδυναμικές μεταβλητές του ψυκτικού, όπως η πίεση (p) και η θερμοκρασία (T), η θερμοκρασία και ο ειδικός όγκος (v) ή ακόμη η ενθαλπία (h) και η εντροπία (s). Εφόσον προσδιορισθεί το σημείο πάνω στο διάγραμμα, έπειτα είναι εύκολο να βρεθούν οι υπόλοιπες θερμοδυναμικές μεταβλητές για την κάθε φορά κατάσταση του ψυκτικού μέσου.



Σχήμα 3.3.1 Διάγραμμα του R-404a που δείχνει τις καμπύλες κορεσμού.

Καμπύλες κορεσμένου υγρού- κορεσμένου ατμού.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα (σχήμα 3.3.1) υπάρχουν τρεις βασικές περιοχές, οι οποίες χωρίζονται μεταξύ τους με δύο καμπύλες, όπου η αριστερή καμπύλη ονομάζεται καμπύλη κορεσμένου υγρού, ενώ η δεξιά ονομάζεται καμπύλη κορεσμένου ατμού. Σε κάθε σημείο της καμπύλης κορεσμένου υγρού το ψυκτικό είναι έτοιμο να αρχίσει την ατμοποίησή του, δηλ. ένα τμήμα του να αρχίσει να μετατρέπεται σε ατμό. Για κάθε σημείο της καμπύλης κορεσμένου ατμού το ψυκτικό έχει μετατραπεί εξ ολοκλήρου σε ατμό και δεν περιέχει ούτε ίχνος υγρής φάσης. Η περιοχή του διαγράμματος η οποία βρίσκεται αριστερά της καμπύλης κορεσμένου υγρού (περιοχή Α) ονομάζεται περιοχή υπόψυκτου υγρού, διότι σε όλα της τα σημεία το ψυκτικό βρίσκεται στην υγρή φάση και η θερμοκρασία του είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία κορεσμού που αντιστοιχεί στην πίεση του ψυκτικού. Η περιοχή του διαγράμματος η οποία βρίσκεται δεξιά της καμπύλης κορεσμένου ατμού (περιοχή Β) ονομάζεται περιοχή υπέρθερμου ατμού, διότι σε όλα της τα σημεία το ψυκτικό βρίσκεται υπό μορφήν υπέρθερμου ατμού, δηλ. έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ατμοποίησής του στην αντίστοιχη πίεση.

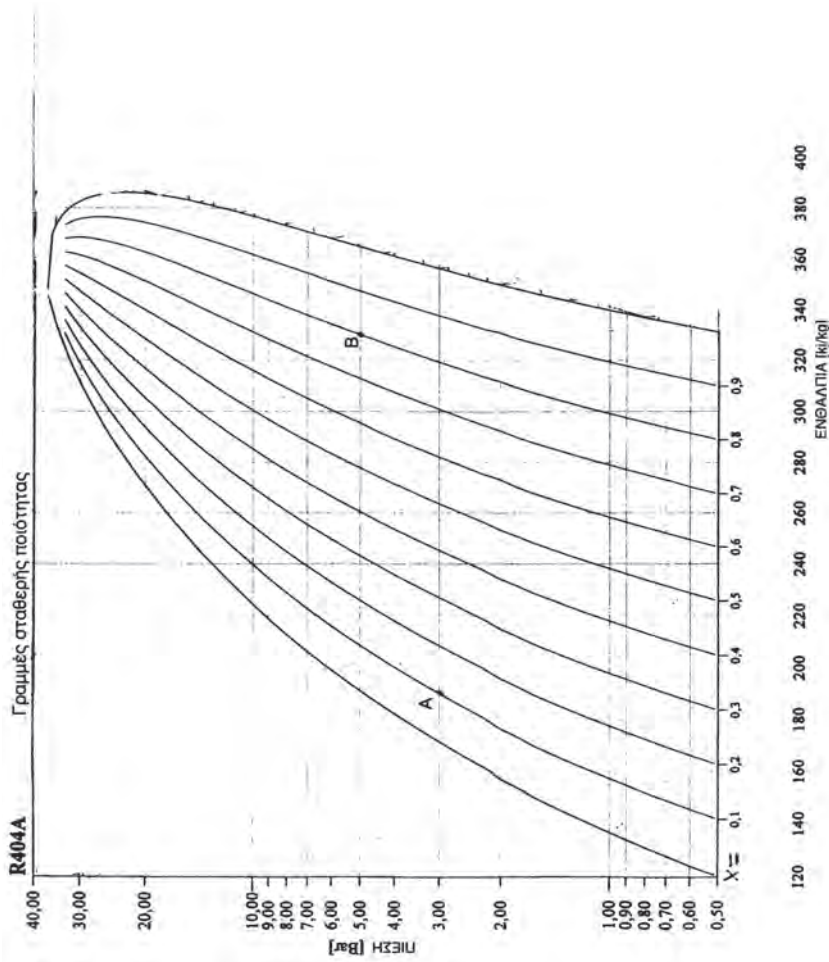
Η περιοχή του διαγράμματος ανάμεσα στις δύο καμπύλες είναι η περιοχή αλλαγής της φάσης του ψυκτικού, δηλ. η περιοχή όπου το υγρό ψυκτικό ατμοποιείται ή συμπυκνώνεται. Επομένως, στην περιοχή αυτή θα υπάρχει μίγμα υγρού και αέριου ψυκτικού. Η ατμοποίηση πραγματοποιείται από αριστερά προς τα δεξιά και συνεπώς όσο πλησιάζουμε την καμπύλη του κορεσμένου ατμού, τόσο αυξάνεται το ποσοστό του ατμού στο μίγμα. Αντίθετα, η συμπύκνωση πραγματοποιείται από δεξιά προς τα αριστερά και επομένως όσο πλησιάζουμε την καμπύλη του κορεσμένου υγρού, τόσο αυξάνεται το ποσοστό του υγρού.

Οι καμπύλες κορεσμένου υγρού και κορεσμένου ατμού δεν είναι παράλληλες μεταξύ τους, διότι τα ποσά θερμότητας για την ατμοποίηση του ψυκτικού (*λανθάνουσα θερμότητα*) μεταβάλλονται σε συνάρτηση με την πίεση. Οι καμπύλες αυτές τέμνονται στο λεγόμενο κρίσιμο σημείο (σημείο Κ), όπου το ψυκτικό έχει τη μέγιστη δυνατή θερμοκρασία και παρ' όλα αυτά μπορεί να συμπυκνώνεται με άσκηση της αντίστοιχης πίεσης.

Οι οριζόντιες γραμμές ανάμεσα στις δύο καμπύλες είναι γραμμές **σταθερής πίεσης**, ενώ οι κατακόρυφες γραμμές στην ίδια περιοχή είναι γραμμές **σταθερής ενθαλπίας**.

Καμπύλες σταθερής ποιότητας.

Όπως αναφέραμε πιο πάνω, ανάμεσα στις καμπύλες κορεσμένου υγρού και κορεσμένου ατμού πραγματοποιείται η ατμοποίηση ή η συμπύκνωση του ψυκτικού. Στο επόμενο σχήμα 3.3.2 απεικονίζονται οι καμπύλες σταθερής ποιότητας, οι οποίες ξεκινούν από το κρίσιμο σημείο και καταλήγουν στον άξονα της ενθαλπίας, όπου προσδιορίζονται με τον αντίστοιχο δεκαδικό αριθμό, π.χ. 0,1, 0,2 κ.λπ. Οι καμπύλες σταθερής ποιότητας μας υποδεικνύουν το ποσοστό του ατμού μέσα στο μίγμα υγρού-ατμού κατά την ατμοποίηση ή τη συμπύκνωση. Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε την πρώτη από αριστερά γραμμή σταθερής ποιότητας. Παρατηρούμε ότι: $x=0,1$, πράγμα που σημαίνει πως το σημείο Α (όπως και όλα τα άλλα σημεία της γραμμής) θα έχει ποσοστό 10% ατμό ψυκτικού μέσου, οπότε το υπόλοιπο 90% θα είναι υγρό. Αντίστοιχα, αν θεωρήσουμε την καμπύλη ποιότητας με $x=0,8$, τότε το σημείο Β (όπως και όλα τα άλλα σημεία της γραμμής) θα έχει ποσοστό 80% ατμό ψυκτικού μέσου, οπότε το υπόλοιπο 20% θα είναι υγρό.



Σχήμα 3.3.2 Καμπύλες σταθερής ποιότητας

Καμπύλες σταθερής θερμοκρασίας (Ισοθερμοκρασιακές).

Στη συνέχεια, αναλύουμε τις *ισοθερμοκρασιακές καμπύλες*. Οι καμπύλες αυτές αποτελούνται από σημεία που έχουν την ίδια θερμοκρασία. Στο επόμενο σχήμα 3.3.3 εξηγούμε τις ισοθερμοκρασιακές καμπύλες αρχίζοντας από την περιοχή του υπόψυκτου υγρού. Στην περιοχή αυτή οι ισοθερμοκρασιακές είναι σχεδόν κατακόρυφες και περίπου παράλληλες με τις γραμμές σταθερής ενθαλπίας. Ακολούθως, στην περιοχή ανάμεσα στην καμπύλη κορεσμένου υγρού και κορεσμένου ατμού, οι ισοθερμοκρασιακές είναι παράλληλες με τον άξονα της ενθαλπίας (ή κάθετες στον άξονα της πίεσης), επειδή το ψυκτικό μέσον αλλάζει κατάσταση υπό σταθερή θερμοκρασία και πίεση. Τέλος, στην περιοχή του υπέρθερμου ατμού οι ισοθερμοκρασιακές αλλάζουν κλίση και πέφτουν απότομα προς τα κάτω. Στη συνέχεια, δίνουμε τρία παραδείγματα ισοθερμοκρασιακών καμπυλών με βάση το σχήμα 3.3.3.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1ο

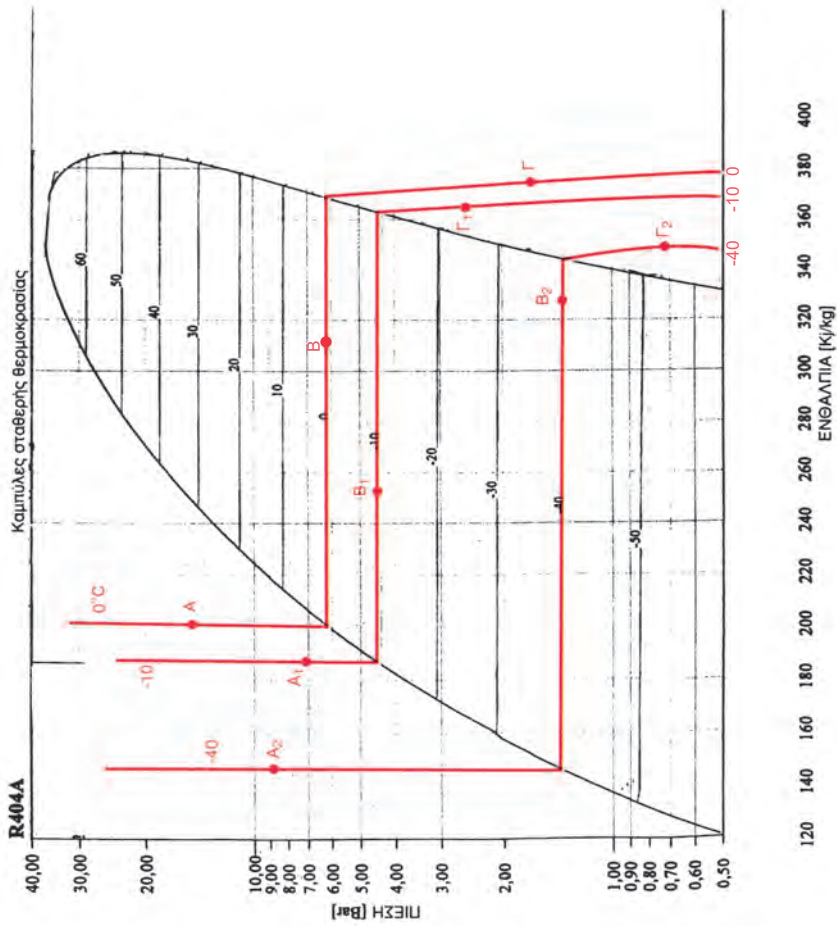
Η γραμμή A, B, Γ είναι ισοθερμοκρασιακή και όλα της τα σημεία έχουν θερμοκρασία ίση με μηδέν (0°C).

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2ο

Η γραμμή A₁, B₁, Γ₁ είναι επίσης ισοθερμοκρασιακή και όλα τα σημεία της έχουν θερμοκρασία -10°C .

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3ο

Η γραμμή A₂, B₂, Γ₂ είναι πάλι ισοθερμοκρασιακή και όλα της τα σημεία έχουν θερμοκρασία -40°C .



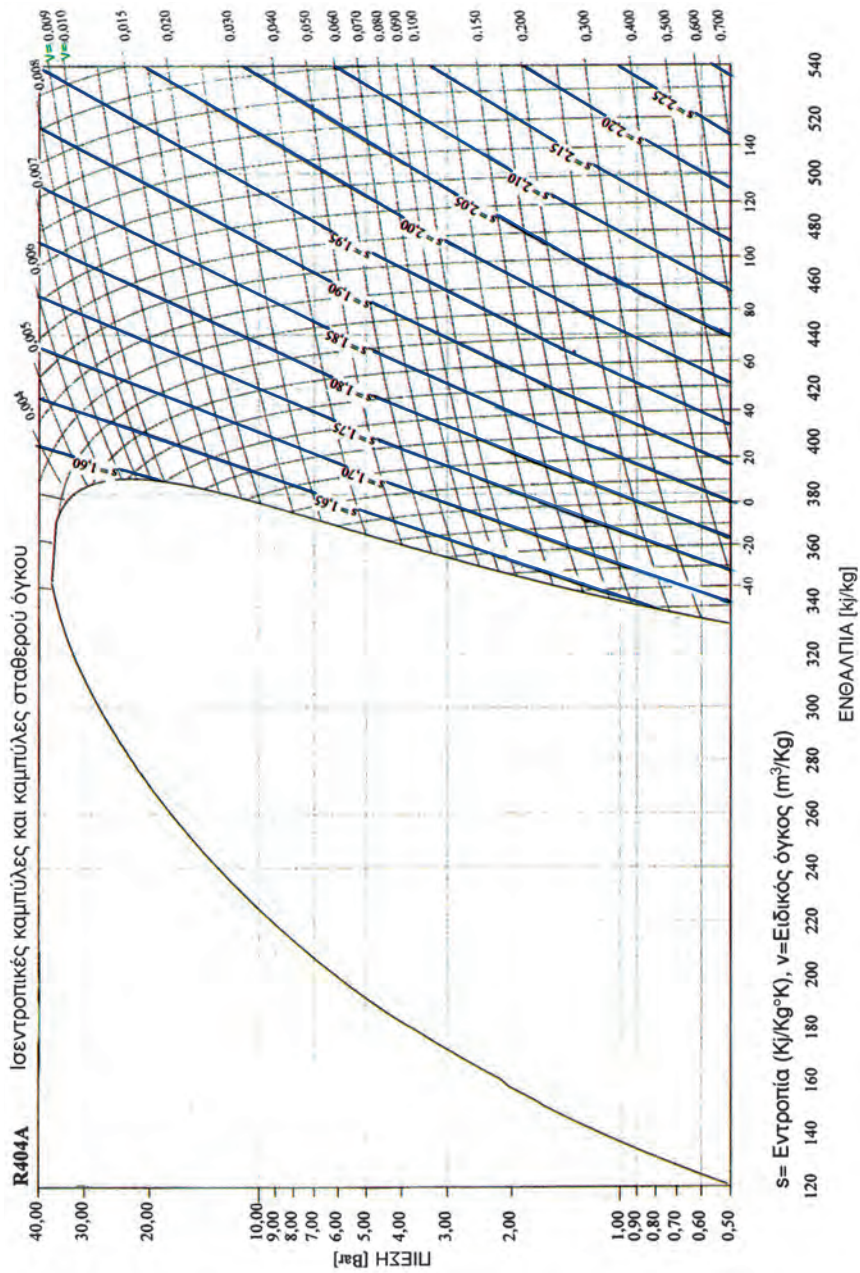
Σχήμα 3.3.3 Καμπύλες σταθερής θερμοκρασίας

Ισεντροπικές γραμμές

Στο διάγραμμα p - h υπάρχουν επίσης οι λεγόμενες *ισεντροπικές γραμμές*. Οι γραμμές αυτές απεικονίζουν τη συμπίεση του ατμού του ψυκτικού μέσου στο συμπιεστή. Για να διευκολύνουμε τη μελέτη του ψυκτικού κύκλου, θεωρούμε ότι η συμπίεση αυτή είναι ισεντροπική, δηλ. πραγματοποιείται με σταθερή εντροπία. Αυτό σημαίνει ότι ο ατμός δεν παίρνει καθόλου θερμότητα κατά τη διάρκεια της συμπίεσης του, πράγμα που δε συμβαίνει στην πράξη, διότι πρακτικά δημιουργούνται πάντοτε τριβές που εκλύουν θερμότητα. Οι ισεντροπικές γραμμές είναι σχεδόν ευθείες και εκτείνονται σε διαγώνια κατεύθυνση μόνο μέσα στην περιοχή του υπέρθερμου ατμού, όπως δείχνει το σχήμα (3.3.4), όπου οι ισεντροπικές φαίνονται με μπλε χρώμα. Εδώ υπενθυμίζουμε ότι η *εντροπία* (ακριβέστερα η ειδική εντροπία) συμβολίζεται με το γράμμα s και μετριέται σε kJ/kgK .

Καμπύλες σταθερού όγκου

Στο ίδιο σχήμα φαίνονται οι καμπύλες σταθερού όγκου οι οποίες είναι σχεδόν οριζόντιες και έχουν μαύρο χρώμα. Κατά μήκος της κάθε καμπύλης ο ειδικός όγκος παραμένει σταθερός. Σημειωτέον ότι οι καμπύλες σταθερού όγκου επεκτείνονται μέσα στην περιοχή της αλλαγής φάσης. Υπενθυμίζουμε εδώ ότι ο *ειδικός όγκος* συμβολίζεται με το γράμμα v , μετριέται σε m^3/kg και είναι μέγεθος αντίστροφο της πυκνότητας.



Σχήμα 3.3.4 Καμπύλες σταθερού όγκου και Ισεντροπικές γραμμές

3.3.1 Απεικόνιση του ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα p-h

A. Ο απλός κύκλος κορεσμένου ατμού

Ο απλός ψυκτικός κύκλος κορεσμένου ατμού είναι ένας θεωρητικός κύκλος στον οποίο θεωρούμε ότι ο ατμός του ψυκτικού μέσου φεύγει από τον εξατμιστή και αναρροφείται από το συμπιεστή ως κορεσμένος ατμός, ενώ το υγρό ψυκτικό μέσον φεύγει από το συμπυκνωτή και εισάγεται στη στραγγαλιστική διάταξη ως κορεσμένο υγρό.

Ο πραγματικός ψυκτικός κύκλος, με βάση τον οποίο λειτουργούν οι ψυκτικές μηχανές (π.χ. τα οικιακά ψυγεία και οι καταψύκτες), είναι βέβαια κάπως διαφορετικός από τον απλό ψυκτικό κύκλο. Ωστόσο, αρχικά πρέπει να γίνει ανάλυση του απλού κύκλου, διότι έτσι καθορίζονται και εξηγούνται πολύ ευκολότερα οι θεμελιώδεις θερμικές διεργασίες που αποτελούν τη βάση για κάθε πραγματικό ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμών.

Στο σχήμα (3.3.5) έχουμε χαράξει τον απλό κύκλο κορεσμένου ατμού για ένα επαγγελματικό καταψύκτη, ο οποίος λειτουργεί με το ψυκτικό μέσον R-134α που έχει τελευταία αντικαταστήσει το R-12 και το R-22, διότι είναι φιλικό προς το περιβάλλον και η χρήση του είναι υποχρεωτική σύμφωνα με τους νέους νόμους. Ο συγκεκριμένος καταψύκτης λειτουργεί σε συνθήκες τέτοιες, ώστε η θερμοκρασία ατμοποίησης μέσα στον εξατμιστή να είναι -30°C , ενώ η θερμοκρασία συμπύκνωσης μέσα στο συμπυκνωτή είναι 0°C . Οι θερμικές διεργασίες του κύκλου ορίζονται με τα σημεία A, B, Γ, Δ, Ε, ενώ στο ίδιο σχήμα φαίνονται οι διεργασίες που πραγματοποιούνται στις αντίστοιχες συσκευές.

A.1 Συμπίεση

Το σημείο A μπορεί να θεωρηθεί πως βρίσκεται στο τέλος του σωλήνα του εξατμιστή, όπου έχει ολοκληρωθεί η ατμοποίηση και το ψυκτικό μέσον είναι κορεσμένος ατμός. Στο σημείο A οι θερμοδυναμικές ιδιότητες του ατμού είναι: $T_a = -30^{\circ}\text{C}$, $p_a = 0,847 \text{ bar}$, $h_a = 379,11$, $s = 1,75$. Στη συνέχεια, ο κορεσμένος ατμός οδηγείται στην αναρρόφηση του συμπιεστή χωρίς καμία άλλη μεταβολή.

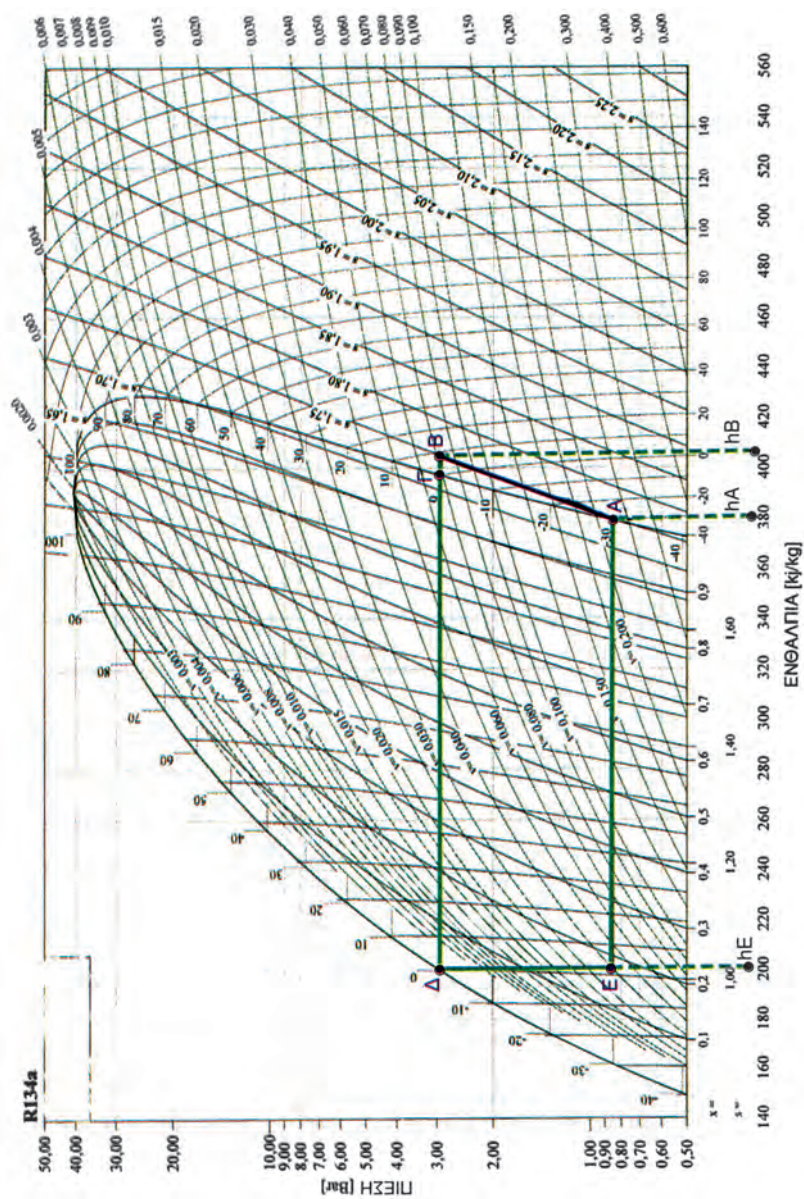
Η διεργασία A, B (συμπίεση) πραγματοποιείται μέσα στο συμπιεστή ως μια ισεντροπική μεταβολή, δηλ. ως μια μεταβολή, κατά την οποία η εντροπία παραμένει σταθερή, ενώ αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία

του ατμού. Για το λόγο αυτό, η μεταβολή A, B ακολουθεί την αντίστοιχη ισεντροπική γραμμή του διαγράμματος p-h, όπου η ειδική εντροπία είναι: $s = 1,75 \text{ kJ/kgK}$. Στο τέλος της μεταβολής A, B ο ατμός έχει πίεση $P_\beta = 2,928 \text{ bar}$ και θερμοκρασία $T_\beta = 0^\circ\text{C}$. Επίσης, η ενθαλπία του ατμού αμέσως μετά τη συμπίεση είναι: $h_\beta = 406 \text{ kJ/kg}$. Το μηχανικό έργο που δίνει ο συμπιεστής (compressor) στον ατμό ανά μονάδα μάζας είναι: $h_\beta - h_\alpha = 406 - 379,11 = 26,89 \text{ kJ/kg}$, επειδή η συμπίεση θεωρείται ισεντροπική.

$$w_t = h_\beta - h_\alpha \quad (3.1)$$

A.2 Συμπύκνωση

Ακολουθεί η διεργασία B, Γ, Δ που πραγματοποιείται μέσα στο συμπυκνωτή, όπως φαίνεται στο σχήμα (3.3.5). Κατά τη διεργασία αυτή ο ατμός αποβάλλει τόσο τη θερμότητα που πήρε κατά την ατμοποίηση, όσο και την ενέργεια (ενθαλπία) που προστέθηκε κατά τη συμπίεση του. Η διεργασία B, Γ, Δ πραγματοποιείται με σταθερή πίεση $p_\beta = p_\gamma = p_\delta = 2,928 \text{ bar}$ και αποτελείται από δύο τμηματικές μεταβολές, δηλ. τη μεταβολή B, Γ και τη μεταβολή Γ, Δ. Η μεταβολή B, Γ πραγματοποιείται στο ανώτερο τμήμα του συμπυκνωτή και αντιπροσωπεύει την ψύξη του συμπιεσμένου ατμού από τη θερμοκρασία $T_\beta = 9^\circ\text{C}$ που έχει στην εξαγωγή του συμπιεστή μέχρι τη θερμοκρασία $T_\gamma = 0^\circ\text{C}$ που αποτελεί τη θερμοκρασία συμπύκνωσης. Κατά τη μεταβολή B, Γ ο ατμός αποβάλλει αισθητή θερμότητα προς τον περιβάλλοντα χώρο. Στο σημείο Γ το ψυκτικό μέσον έχει μετατραπεί σε κορεσμένο ατμό και είναι έτοιμο να αρχίσει τη συμπύκνωση, η οποία πραγματοποιείται μέσα στην περιοχή της αλλαγής φάσης (τμήμα ΓΔ του σχήματος). Επειδή η συμπύκνωση γίνεται με σταθερή πίεση και θερμοκρασία, αυτό συνεπάγεται ότι το τμήμα ΓΔ θα βρίσκεται πάνω στην ισοθερμοκρασιακή των 0°C και στη γραμμή σταθερής πίεσης $p = 2,928 \text{ bar}$. Κατά τη συμπύκνωση, ο ατμός αποβάλλει λανθάνουσα θερμότητα προς το περιβάλλον (αέρα ή ψυκτικό νερό) έτσι, ώστε να μετατραπεί σε κορεσμένο υγρό στο σημείο Δ, όπου έχει τις εξής θερμοδυναμικές ιδιότητες: $p_\delta = 2,928 \text{ bar}$, $T_\delta = 0^\circ\text{C}$, $h_\delta = 200 \text{ kJ/kg}$. Η συνολική θερμότητα που απορρίπτεται μέσα στο συμπυκνωτή είναι: $q_s = h_\beta - h_\Delta = 406 - 200 = 206 \text{ kJ/kg}$.



Σχήμα 3.3.5 Απεικόνιση ψυκτικού κύκλου για το R-134α.

A.3 Στραγγαλισμός (εκτόνωση)

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται ο στραγγαλισμός (ελάττωση της πίεσης) του κορεσμένου υγρού από την πίεση συμπίεσης μέχρι την πίεση της ατμοποίησης. Η μεταβολή αυτή γίνεται στη συσκευή ελέγχου της ροής του ψυκτικού μέσου, η οποία μπορεί να είναι ένας τριχοειδής σωλήνας ή μια θερμοεκτονωτική βαλβίδα. Ο στραγγαλισμός θεωρείται ισενθαλπική μεταβολή, δηλ. μεταβολή κατά την οποία η ενθαλπία παραμένει σταθερή. Επειδή η ενθαλπία παραμένει σταθερή κατά τη διεργασία Δ, Ε, το σημείο Ε προσδιορίζεται ακολουθώντας την ισενθαλπική γραμμή, η οποία αρχίζει από το σημείο Δ και φυσικά είναι κάθετη στον άξονα της ενθαλπίας μέχρι το σημείο τομής με την ισοθερμοκρασιακή (σημείο Ε) που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία ατμοποίησης (δηλ. -30°C). Κατά τον ισενθαλπικό στραγγαλισμό πραγματοποιείται μερική ατμοποίηση του υγρού ψυκτικού, οπότε στο σημείο Ε το ψυκτικό μέσον είναι μίγμα υγρού-ατμού με τις εξής θερμοδυναμικές ιδιότητες: $p_{\epsilon}=0,847 \text{ bar}$, $T_{\epsilon}=-30^{\circ}\text{C}$, $h_{\epsilon}=h_{\delta}=200 \text{ kJ/kg}$.

A.4 Ατμοποίηση

Η διεργασία Ε, Α είναι η ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή. Επειδή η ατμοποίηση πραγματοποιείται με σταθερή πίεση και θερμοκρασία, αυτό σημαίνει ότι το τμήμα ΕΑ βρίσκεται πάνω στην ισοθερμοκρασιακή των -30°C και στη γραμμή σταθερής πίεσης $p_{\epsilon}=0,847 \text{ bar}$ που εδώ ταυτίζονται μεταξύ τους. Στο σημείο Α, το ψυκτικό μέσον έχει μετατραπεί πλήρως σε κορεσμένο ατμό και έχει τις εξής θερμοδυναμικές ιδιότητες: $p_a=0,847 \text{ bar}$, $T_a=-30^{\circ}\text{C}$, $h_a=379,11 \text{ kJ/kg}$. Η ενθαλπία του ψυκτικού αυξάνει κατά τη διεργασία ΕΑ, καθώς ρέει μέσα στον εξατμιστή και απορροφά θερμότητα από τον ψυκτικό θάλαμο.

A.5 Ψυκτική ικανότητα - Ψυκτική ισχύς

Η ψυκτική ικανότητα είναι η ποσότητα θερμότητας που απορροφά ο ατμοποιητής ανά μονάδα μάζας ψυκτικού μέσου και δίνεται από τη σχέση: $q_a=h_a-h_{\epsilon}=379,11-200=179,11 \text{ kJ/kg}$.

Η ψυκτική ικανότητα είναι μικρότερη από τη θερμότητα ατμοποίησης. Πράγματι, η θερμότητα ατμοποίησης ισούται με τη θερμότητα που παίρνει 1 kg υγρού για να γίνει ατμός. Αντίθετα, για την ψυκτική ικανότητα το 1 kg

υγρού έχει ήδη αρχίσει την ατμοποίηση του μέσα στη συσκευή ελέγχου της ροής. Όταν το 1kg εισέρχεται στον ατμοποιητή, το 1kg είναι ήδη μίγμα ατμού και υγρού.

Η ψυκτική ισχύς είναι το βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε ψυκτικής μηχανής και ορίζεται ως το ποσό θερμότητας που η μηχανή (π.χ. το ψυγείο ή ο καταψύκτης) αφαιρεί από το θάλαμο ή το χώρο που ψύχει ανά μονάδα χρόνου. Η ψυκτική ισχύς συμβολίζεται με q_ψ , μετριέται σε kW και για να υπολογισθεί πρέπει να γνωρίζουμε την ψυκτική ικανότητα από τον ψυκτικό κύκλο, βάσει του οποίου λειτουργεί η ψυκτική μηχανή, αλλά και την παροχή μάζας m του ψυκτικού μέσου. Ο τύπος ορισμού της ψυκτικής ισχύος είναι:

$$q_\psi = m \cdot q_a \quad (3.2)$$

όπου η παροχή m μετριέται σε kg/s.

A.6 Συντελεστής συμπεριφοράς (COP)

Σε μια ψυκτική μηχανή όσο περισσότερο διαφέρουν οι θερμοκρασίες (ή οι πιέσεις) ατμοποιήσεως και συμπυκνώσεως, τόσο περισσότερο μηχανικό έργο απαιτείται. Για να υπολογίζεται το μηχανικό έργο που καταναλώνεται για τη λειτουργία της μηχανής και για να συγκρίνονται μεταξύ τους οι ψυκτικοί κύκλοι, έχει καθιερωθεί ένας ειδικός συντελεστής χωρίς διαστάσεις που ονομάζεται συντελεστής συμπεριφοράς ή COP (COP = Ceefficient Of Performance). Ο συντελεστής συμπεριφοράς ορίζεται ως:

$$COP = \frac{q_a}{w_t} \quad (3.3)$$

όπου q_a είναι η στιγμιαία τιμή ψυκτικής ικανότητας της μηχανής και w_t το μηχανικό έργο που παρέχει ο συμπιεστής στον ατμό του ψυκτικού μέσου. Είναι αριθμός πάντοτε θετικός και δείχνει το ποσό θερμότητας που αντλείται από το χώρο χαμηλής θερμοκρασίας της εγκατάστασης για κάθε μονάδα ενέργειας που καταναλώνεται.

Στην περίπτωση του απλού κύκλου κορεσμένου ατμού που εξετάζουμε ο COP θα είναι:

$$COP = \frac{q_a}{w_t} = \frac{h_a - h_\epsilon}{h_\beta - h_a} = \frac{179,11}{26,89} = 6,67$$

Οι τιμές του COP μεταβάλλονται. Όταν η θερμοκρασία ατμοποίησης διαφέρει λίγο από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης, τότε οι τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς είναι αρκετά μεγαλύτερες από τη μονάδα. Όσο όμως οι θερμοκρασίες αυτές απομακρύνονται, τόσο μικραίνει ο συντελεστής συμπεριφοράς. Για παράδειγμα, στις εγκαταστάσεις που γίνεται υγροποίηση του υδρογόνου (-250°C), ο θεωρητικός συντελεστής συμπεριφοράς είναι μικρότερος από 0,1. Αντίθετα, στους ψύκτες νερού για κλιματιστικές εγκαταστάσεις ο COP είναι περίπου 10.

Ο συντελεστής συμπεριφοράς χαρακτηρίζει την ποιότητα μιας ψυκτικής μηχανής. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο καλύτερη είναι η μηχανή, δηλ. τόσο λιγότερη ενέργεια καταναλώνει για το ίδιο ψυκτικό αποτέλεσμα.

Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο **συντελεστής συμπεριφοράς δεν είναι ο βαθμός απόδοσης** κατά την κλασική έννοια, όπως δηλ. είναι ο βαθμός απόδοσης των κινητήριων μηχανών (π.χ. των μηχανών αυτοκινήτου). Αντίθετα, **ο COP είναι συνήθως μεγαλύτερος από τη μονάδα**, αλλά πολλές φορές και μικρότερος της μονάδας.

Ο συντελεστής συμπεριφοράς που ορίσθηκε πιο πάνω είναι ο θεωρητικός συντελεστής. Ο πραγματικός συντελεστής προκύπτει πειραματικά. Ο COP εξαρτάται από το ψυκτικό μέσον, τη θερμοκρασία ατμοποίησης, τη θερμοκρασία συμπύκνωσης και την υπερθέρμανση του ατμού στο τέλος του ατμοποιητή.

B. Ο ψυκτικός κύκλος με υπερθέρμανση του ατμού.

Στον απλό ψυκτικό κύκλο κορεσμένου ατμού υποθέσαμε πως ο ατμός του ψυκτικού μέσου φθάνει στην εισαγωγή (αναρρόφηση) του συμπιεστή ως κορεσμένος ατμός, έχοντας τη θερμοκρασία και την αντίστοιχη πίεση ατμοποίησης. Στην πράξη όμως αυτό σπάνια συμβαίνει, διότι αφού το υγρό ψυκτικό μέσον μετατραπεί εντελώς σε ατμό μέσα στον εξατμιστή, ακολούθως ο ψυχρός ατμός συνεχίζει να απορροφά θερμότητα και επομένως γίνεται υπέρθερμος πριν φθάσει στο συμπιεστή.

Στο σχήμα (3.3.6) χρησιμοποιούμε το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας του ψυκτικού μέσου R-134a, όπου έχουμε σχεδιάσει τον απλό ψυκτικό κύκλο κορεσμένου ατμού σύμφωνα με τα προηγούμενα, καθώς και ένα κύκλο με υπερθέρμανση ατμού, ώστε να γίνει σύγκριση των δύο κύκλων. Ο ατμός υπερθερμαίνεται από τους -30°C στους -13°C , δηλ. πραγματοποιείται υπερθέρμανση: $-13 - (-30) = 17^{\circ}\text{C}$. Τα σημεία A, B, Γ, Δ, Ε ορίζουν

τον απλό κύκλο κορεσμένου ατμού, ενώ τα σημεία Α', Β', Γ, Δ, Ε ορίζουν τον κύκλο με υπερθέρμανση. Η ψυκτική μηχανή που λειτουργεί με βάση τον κύκλο με υπερθέρμανση εξυπηρετεί ένα θάλαμο κατάψυξης.

Αν υποθεθεί ότι η πίεση του ατμού κατά την υπερθέρμανση διατηρείται σταθερή, αυτό σημαίνει ότι η πίεση του ατμού στην αναρρόφηση του συμπιεστή είναι ίση με την πίεση ατμοποίησης που επικρατεί μέσα στον εξατμιστή. Έχοντας αυτό υπόψη, μπορούμε να προσδιορίσουμε το σημείο Α' στο διάγραμμα p-h. Πράγματι, το σημείο Α' βρίσκεται προεκτείνοντας τη γραμμή σταθερής πίεσης ατμοποίησης $p_a = 0,847$ bar μέχρι το σημείο όπου αυτή τέμνει την ισοθερμοκρασιακή των -13°C . Το σημείο Β' βρίσκεται ακολουθώντας την ισεντροπική γραμμή που περνά από το Α' μέχρι τη γραμμή σταθερής πίεσης $p = 2,928$ bar, η οποία είναι η πίεση συμπίκνωσης.

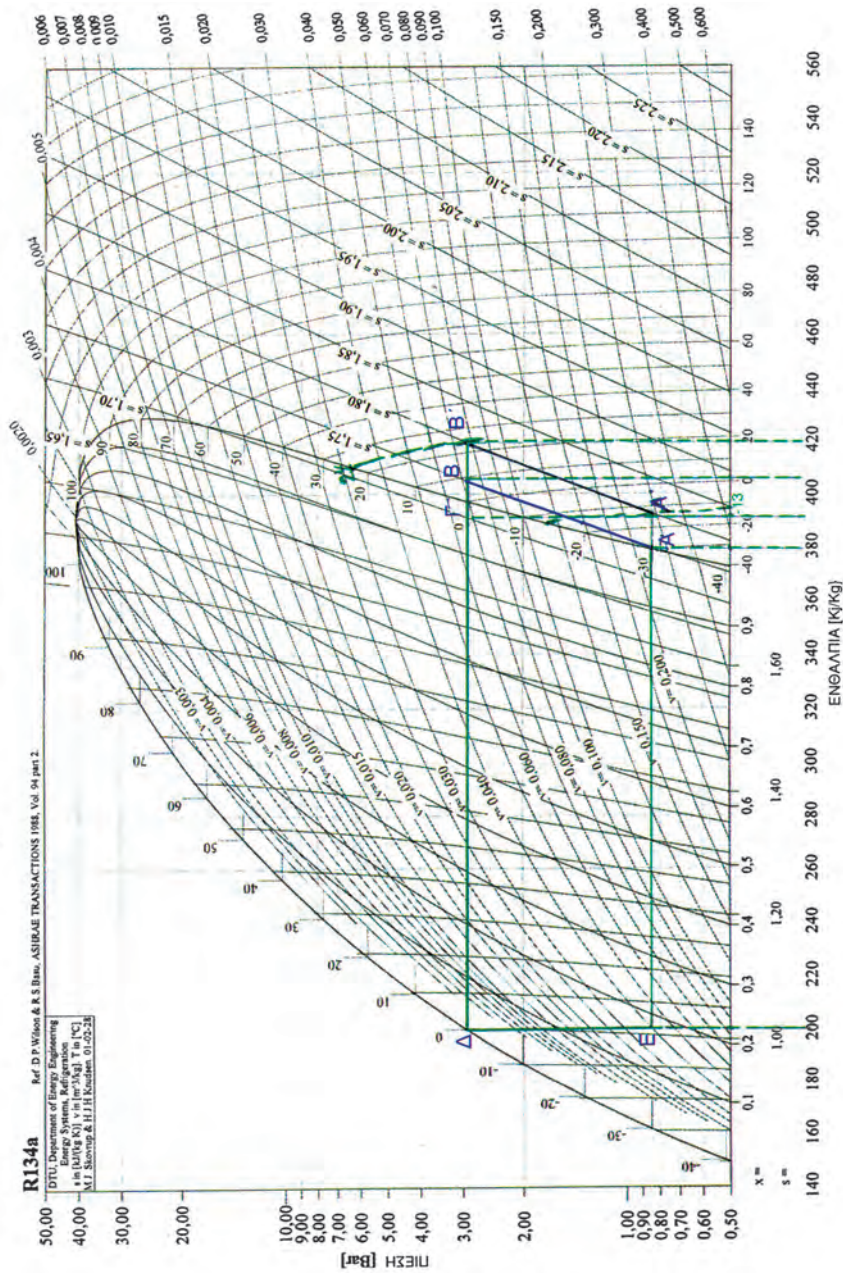
Στο σχήμα (3.3.6), οι θερμοδυναμικές ιδιότητες των σημείων Α' και Β' έχουν ως εξής:

$$\text{Σημείο Α': } p_{A'} = 0,847 \text{ bar, } T_{A'} = -13^\circ\text{C, } s_{A'} = 1,80 \text{ kJ/kg K,} \\ h_{A'} = 392 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Σημείο Β': } p_{B'} = 2,928 \text{ bar, } T_{B'} = 0^\circ\text{C, } s_{B'} = 1,80 \text{ kJ/kg K,} \\ h_{B'} = 420 \text{ kJ/kg}$$

Στο διάγραμμα p-h η διεργασία Α, Α' αντιπροσωπεύει την υπερθέρμανση του ατμού αναρρόφησης από τους -30°C στους -13°C στην πίεση της ατμοποίησης. Στη συνέχεια, παρατηρούμε τις εξής ενδιαφέρουσες μεταβολές:

- 1. Έργο συμπίεσης ανά kg ψυκτικού μέσου:** Το έργο συμπίεσης που καταβάλλει ο συμπιεστής στον κύκλο με υπερθέρμανση είναι λίγο μεγαλύτερο από το αντίστοιχο έργο για τον απλό κύκλο κορεσμένου ατμού. Πράγματι, το έργο εδώ είναι: $w_t' = h_{B'} - h_{A'} = 420 - 392 = 28 \text{ kJ/kg}$, ενώ για τον απλό κύκλο είναι: $w_t = h_B - h_A = 406 - 379,11 = 26,89 \text{ kJ/kg}$
- 2. Θερμοκρασία εξόδου του ατμού από τον συμπιεστή:** Παρότι η θερμοκρασία συμπίκνωσης είναι ίδια για τους δύο κύκλους (0°C), ωστόσο η θερμοκρασία του ατμού στην εξαγωγή του συμπιεστή είναι σημαντικά υψηλότερη για τον υπέρθερμο κύκλο. Έτσι, στην περίπτωση μας, η θερμοκρασία εξόδου του ατμού από τη βαλβίδα εξαγωγής του συμπιεστή είναι 24°C (βλέπε τη διακεκομμένη ισοθερμοκρασιακή πράσινου χρώματος), ενώ στον απλό κύκλο έχουμε αντίστοιχη θερμοκρασία 10°C .



Σχήμα 3.3.6 Απεικόνιση του κύκλου με υπερθέρμανση για το R134α.

3. Θερμότητα συμπύκνωσης: Για τον κύκλο με υπερθέρμανση πρέπει να αποβάλλεται μεγαλύτερο ποσό θερμότητας στο συμπυκνωτή ανά μονάδα μάζας ψυκτικού απ' ό,τι στον κύκλο κορεσμένου ατμού. Έτσι, στην περίπτωση μας θα έχουμε:

$$q_{\Sigma}' = h_B' - h_{\Delta} = 420 - 200 = 220 \text{ kJ/kg και}$$

$$q_{\Sigma} = h_B - h_{\Delta} = 406 - 200 = 206 \text{ kJ/kg}$$

Η πρόσθετη αυτή θερμότητα είναι αποκλειστικά **αισθητή θερμότητα**. Αυτό σημαίνει ότι στον κύκλο με υπερθέρμανση πρέπει να αποβάλλεται μεγαλύτερο ποσό αισθητής θερμότητας στο περιβάλλον μέσω ψύξης του συμπυκνωτή (αέρας, νερό) και ότι χρησιμοποιείται μεγαλύτερο τμήμα του συμπυκνωτή, ώστε ο ατμός να ψύχεται από τη θερμοκρασία εξόδου από το συμπιεστή (24°C) μέχρι τη θερμοκρασία κορεσμού (0°C). Αυτό συνεπάγεται γενικά μεγαλύτερο συμπυκνωτή σε σύγκριση με τον κύκλο κορεσμένου ατμού.

4. Ψυκτική ικανότητα. Στη συνέχεια, συγκρίνονται οι ψυκτικές ικανότητες των δύο κύκλων. Όσον αφορά τον απλό κύκλο κορεσμένου ατμού υπενθυμίζεται, ότι η ψυκτική ικανότητα είναι: $q_a = 179,11 \text{ kJ/kg}$

Για τον κύκλο με υπερθέρμανση πρέπει πρώτα να διευκρινιστεί, ότι η ψυκτική ικανότητα εξαρτάται από το αν η υπερθέρμανση γίνεται μέσα στον ψυκτικό θάλαμο ή έξω από αυτόν. Στην πρώτη περίπτωση, η υπερθέρμανση είναι χρήσιμη και επιθυμητή, ενώ στη δεύτερη είναι ανεπιθύμητη και πρέπει να αποφεύγεται (π.χ. με χρήση θερμομόνωσης). Εφόσον λοιπόν η υπερθέρμανση πραγματοποιείται μέσα στον ψυκτικό θάλαμο, τότε η ψυκτική ικανότητα θα είναι:

$$q_A' = h_A' - h_{\Delta} = 392 - 200 = 192 \text{ kJ/kg}$$

Παρατηρούμε επομένως σαφή αύξηση της ψυκτικής ικανότητας σε σύγκριση με τον κύκλο κορεσμένου ατμού, γεγονός που συνεπάγεται, ότι μειώνεται τόσο ο όγκος του συμπιεζόμενου ατμού, όσο και η ισχύς του συμπιεστή ανά μονάδα ψυκτικής ισχύος. Πέρα από το ποσοστό αύξησης της ψυκτικής ικανότητας, είναι αναπόφευκτο αλλά και επιθυμητό να υπάρχει

μια ορισμένη υπερθέρμανση. Πράγματι, αν δεν πραγματοποιείται η παραμικρή υπερθέρμανση, τότε υπάρχει αυξημένη πιθανότητα να μεταφέρονται σωματίδια υγρού ψυκτικού μαζί με τον ατμό μέσα στον κύλινδρο του συμπιεστή, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά την απόδοσή του. Αν δε αφηθεί να περάσει σημαντική ποσότητα υγρού στον κύλινδρο από τη γραμμή αναρρόφησης, τότε μπορεί να προκληθεί σοβαρή μηχανική βλάβη στο συμπιεστή.

5. Συντελεστής συμπεριφοράς (COP)

Για τον κύκλο με υπερθέρμανση ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι εξ ορισμού:

$$\text{COP} = \frac{\text{ψυκτική ικανότητα}}{\text{μηχανικό έργο}} = \frac{192}{28} = 6,85$$

ενώ στον απλό κύκλο κορεσμένου ατμού ήταν: $\text{COP} = 6,67$

Κατά συνέπεια, η υπερθέρμανση προκαλεί μικρή αύξηση του συντελεστή συμπεριφοράς, δηλ. της απόδοσης της εγκατάστασης. Αυτό όμως, επαναλαμβάνουμε, ισχύει, όταν η υπερθέρμανση πραγματοποιείται εξ ολοκλήρου μέσα στον ψυκτικό θάλαμο, πράγμα που δε συμβαίνει συχνά στην πράξη.

Τέλος, πρέπει να διευκρινιστεί πως η υπερθέρμανση του ατμού αποκλειστικά μέσα στον εξατμιστή είναι αντιοικονομική και πρέπει πάντοτε να περιορίζεται στο βαθμό που είναι απαραίτητος για την κατάλληλη λειτουργία των στραγγαλιστικών διατάξεων του ψυκτικού. Αυτό συμβαίνει, διότι η υπερβολική υπερθέρμανση του ατμού στον εξατμιστή ελαττώνει την απόδοσή του, οπότε απαιτείται είτε να λειτουργεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία ή να έχει μεγαλύτερη επιφάνεια. Για το λόγο αυτό η υπερθέρμανση φθάνει το πολύ στους 20°C , ενώ συνήθως χρησιμοποιείται σωλήνας, ο οποίος αποτελεί συνέχεια του εξατμιστή, και βρίσκεται μέσα στον κάθε φορά ψυκτικό θάλαμο.



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Τα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται κυρίως σήμερα κατασκευάσθηκαν βιομηχανικά στις ΗΠΑ στις αρχές της δεκαετίας του 1930 και από χημική άποψη είναι υδρογονάνθρακες στους οποίους έχει προστεθεί χλώριο ή φθόριο (χλωροφθοράνθρακες) και οι οποίοι παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα.
- Ψυκτικά ρευστά είναι εκείνα που έχουν θερμοκρασία ατμοποίησης μικρότερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος κάτω από τις κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες και έχουν τέτοιες ιδιότητες, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ψύχους.
- Τα ψυκτικά ρευστά πρέπει να μην είναι δηλητηριώδη, να είναι χημικώς ευσταθή και αδρανή ενάντια στα μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά κατασκευής των ψυκτικών εγκαταστάσεων και σε σχέση με τα λιπαντικά λάδια. Επίσης, πρέπει να μη δημιουργούν εκρηκτικά μίγματα με τον ατμοσφαιρικό αέρα.
- Το ψυκτικό ρευστό πρέπει να έχει την ικανότητα να διαλύει το λάδι και την υγρασία (νερό) σε όλες τις θέσεις της ψυκτικής εγκατάστασης.
- Η θερμότητα ατμοποίησης του ψυκτικού μέσου πρέπει να είναι μεγάλη, ενώ ο ειδικός του όγκος μικρός, ώστε να αποφεύγεται η χρήση μεγάλων συμπίεστών.
- Τα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνταν κυρίως μέχρι πρόσφατα ήταν το R 12 και το R 22. Ωστόσο, μετά την παγκόσμια συμφωνία του Μόντρεαλ, το μεν R 12 έχει απαγορευθεί από το 2000, το δε R 22 θα απαγορευθεί από το έτος 2005 επειδή έχει αποδειχθεί, ότι καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος της ατμόσφαιρας. Τα ρευστά αυτά αντικαθίστανται με το R134a και R404a τα οποία απαιτούν σχετικά μικρές πιέσεις, είναι τοξικώς ακίνδυνα και δεν καταστρέφουν το όζον.
- Τα ψυκτικά ρευστά έχουν ταξινομηθεί διεθνώς σε τρεις ομάδες: Την ομάδα μέγιστης ασφάλειας (R11, R12, R22, R502), την ομάδα των τοξικών και εύφλεκτων ψυκτικών (αμμωνία, διοξείδιο του θείου) και την ομάδα των πολύ εύφλεκτων ψυκτικών ρευστών (βουτάνιο, αιθάνιο).
- Στα οικιακά ψυγεία και στις μικρές κλιματιστικές μονάδες (παράθυρο

ή διαιρούμενες) χρησιμοποιούνται τα ψυκτικά ρευστά μέγιστης ασφάλειας, ήτοι το R12, το R22, το R502 και τελευταία το R134a που δεν καταστρέφει το όζον.

- Οι φιάλες αποθήκευσης των ψυκτικών ρευστών έχουν τα εξής χρώματα: R12 – άσπρο, R22 – πράσινο, R502 – μοβ και R134a ανοικτό μπλε.
- Σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται η αφαίρεση του ψυκτικού ρευστού από μια εγκατάσταση, οπότε ο τεχνίτης - ψυκτικός πρέπει να έχει μελετήσει καλά το σύστημα πριν αρχίσει την αφαίρεση.
- Συλλογή ψυκτικού ρευστού είναι η διαδικασία της αφαίρεσής του από την εγκατάσταση και η αποθήκευσή του σε ξεχωριστό δοχείο.
- Ανακύκλωση ψυκτικού ρευστού είναι η διαδικασία κατά την οποία το ψυκτικό ρευστό διαχωρίζεται από το λάδι και την υγρασία με τη χρήση των κατάλληλων μηχανισμών και φίλτρων, ώστε να μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί.
- Σήμερα στην αγορά υπάρχουν μηχανήματα που συλλέγουν και ταυτόχρονα ανακυκλώνουν ή ακόμη βελτιώνουν τα ψυκτικά ρευστά.
- Το ψυκτικό ρευστό αφαιρείται ταχύτερα από την εγκατάσταση, όταν είναι σε υγρή κατάσταση.
- Οι μονάδες συλλογής και ανακύκλωσης πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σωστά, ακόμη και κάτω από ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, και να έχουν μικρό βάρος, ώστε να μεταφέρονται εύκολα σε μεγάλα ύψη.
- Ο συμπιεστής σε μια μονάδα συλλογής-ανακύκλωσης λειτουργεί ουσιαστικά ως μια αντλία η οποία πρέπει να αναρροφά ψυκτικό ρευστό σε αέρια κατάσταση.
- Η θερμοδυναμική κατάσταση ενός ψυκτικού ρευστού προσδιορίζεται με ένα σημείο στο διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας (p-h) ή διάγραμμα Mollier, το οποίο χωρίζεται με τις καμπύλες κορεσμένου υγρού και κορεσμένου ατμού σε τρεις περιοχές: Την περιοχή υπόψυκτου υγρού, την περιοχή υγρού - ατμού και την περιοχή του υπέρθερμου ατμού.
- Το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας περιλαμβάνει τις καμπύλες σταθερής ποιότητας, τις καμπύλες σταθερής θερμοκρασίας (ισοθερμοκρασιακές), τις καμπύλες σταθερής εντροπίας (ισεντροπικές) και τις καμπύλες σταθερού όγκου.

- Ο απλός ψυκτικός κύκλος με μηχανική συμπίεση κορεσμένου ατμού αποτελείται από τέσσερις θερμοδυναμικές μεταβολές (διεργασίες): **α)** *Ατμοποίηση του μίγματος* υγρού - ατμού ψυκτικού με σταθερή θερμοκρασία και χαμηλή πίεση μέσα στον εξατμιστή (ατμοποιητή), ώστε να βγαίνει κορεσμένος ατμός, **β)** *Ισεντροπική συμπίεση* του κορεσμένου ατμού στο συμπιεστή, ώστε να παράγεται υπέρθερμος ατμός υψηλής πίεσης, **γ)** συμπτύκνωση του υπέρθερμου ατμού υψηλής πίεσης στο συμπυκνωτή με σταθερή θερμοκρασία, ώστε να βγαίνει κορεσμένο υγρό και **δ)** *αδιαβατική εκτόνωση* (στραγγαλισμός) του κορεσμένου υγρού στην κατάλληλη εκτονωτική συσκευή, ώστε να προκύπτει μίγμα υγρού - ατμού χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας, το οποίο οδηγείται στον εξατμιστή για να κλείσει ο κύκλος.
- Ως Ψυκτική ικανότητα ορίζεται η ποσότητα θερμότητας που απορροφά ο ατμοποιητής ανά μονάδα μάζας ψυκτικού ρευστού και μετριέται σε kJ/kg.
- Ψυκτική ισχύς μιας μηχανής είναι η ποσότητα θερμότητας που απορροφά η ψυκτική μηχανή ανά μονάδα χρόνου. Μετριέται σε kW και αποτελεί το βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος της μηχανής.
- Συντελεστής συμπεριφοράς (COP) ορίζεται ο λόγος της ψυκτικής ικανότητας του εξατμιστή της μηχανής προς το μηχανικό έργο που καταναλώνει ο συμπιεστής της μηχανής.
- Ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι ένας αδιάστατος αριθμός που μπορεί να παίρνει τιμές από 0,1 (εγκαταστάσεις υδροποίησης του υδρογόνου) μέχρι και 10 (μεγάλοι ψύκτες νερού για κλιματιστικές εγκαταστάσεις) και αποτελεί το μέτρο σύγκρισης μεταξύ των ψυκτικών μηχανών.
- Ο ψυκτικός κύκλος μηχανικής συμπίεσης ατμών με υπερθέρμανση είναι εντελώς παρόμοιος με τον απλό κύκλο κορεσμένου ατμού με τη διαφορά ότι ο ατμός βγαίνει από τον εξατμιστή ως υπέρθερμος ατμός και αναρροφάται από το συμπιεστή.
- Η υπερθέρμανση του ατμού για να είναι ωφέλιμη πρέπει να πραγματοποιείται μέσα στον ψυκτικό θάλαμο και όχι αποκλειστικά στον εξατμιστή ή έξω από τον ψυκτικό θάλαμο.
- Η ψυκτική ικανότητα του ψυκτικού κύκλου με υπερθέρμανση είναι σαφώς μεγαλύτερη από αυτή του ψυκτικού κύκλου κορεσμένου ατμού, γεγονός που προκαλεί αύξηση του συντελεστή συμπεριφοράς της μηχανής που λειτουργεί με υπερθέρμανση, εφόσον αυτή είναι ωφέλιμη.

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

- 1) Ποια ρευστά χαρακτηρίζονται ως ψυκτικά ρευστά;
- 2) Ποιο από τα πρώτα ψυκτικά ρευστά χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία ακόμη και σήμερα;
- 3) Ποια είναι τα συνηθέστερα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται σήμερα στα ψυγεία και στις μικρές κλιματιστικές μονάδες και από ποια χημικά στοιχεία αποτελούνται τα μόρια τους;
- 4) Να αναφέρετε το χρωματισμό των φιαλών αποθήκευσης των συνηθέστερων χλωροφθορανθράκων (φρέον).
- 5) Ποιες χημικές και ποιες φυσικές ιδιότητες πρέπει να έχει ένα ψυκτικό ρευστό;
- 6) Ποια ικανότητα πρέπει να έχει ένα ψυκτικό ρευστό ως προς το λάδι λίπανσης και την υγρασία που υπάρχουν στην ψυκτική εγκατάσταση;
- 7) Τι γνωρίζετε για τον ειδικό όγκο και τη θερμότητα ατμοποίησης των ψυκτικών ρευστών;
- 8) Ποιο ψυκτικό ρευστό έχει απαγορευθεί από το 2000, ποιο προβλέπεται να απαγορευθεί μετά το 2005 και γιατί;
- 9) Να αναφέρετε δύο νέους χλωροφθοράνθρακες που έχουν αρχίσει να αντικαθιστούν τους παλαιούς.
- 10) Να συγκρίνετε το ψυκτικό R12 με το R22.
- 11) Να αναφέρετε τις τρεις ομάδες στις οποίες ταξινομούνται τα ψυκτικά ρευστά καθώς και δύο ρευστά για κάθε ομάδα.
- 12) Να αναφέρετε τρεις περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται αφαίρεση του ψυκτικού ρευστού από την εγκατάσταση.
- 13) Τι πρέπει να έχει υπόψη του ο τεχνίτης ψυκτικός πριν ξεκινήσει την προσπάθεια συλλογής του ψυκτικού ρευστού;
- 14) Τι είναι η συλλογή ενός ψυκτικού ρευστού;

- 15) Πότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ψυκτικό ρευστό εκ νέου στην ίδια εγκατάσταση;
- 16) Τι είναι ανακύκλωση ενός ψυκτικού ρευστού;
- 17) Πού χρησιμοποιούνται τα φίλτρα αποξήρανσης;
- 18) Σε ποια περίπτωση μπορεί να εφαρμοσθεί η διαδικασία της ανακύκλωσης;
- 19) Γιατί ο εξοπλισμός συλλογής και ανακύκλωσης ψυκτικών ρευστών πρέπει να είναι ελαφρός;
- 20) Πότε ένα ψυκτικό ρευστό αφαιρείται ταχύτερα από μια εγκατάσταση;
- 21) Ποιο ρόλο παίζει ο συμπιεστής σε μια μονάδα συλλογής - ανακύκλωσης;
- 22) Να περιγράψετε τη μέθοδο της ώσης και έλξης για την αφαίρεση του ψυκτικού ρευστού.
- 23) Πώς αφαιρείται το λάδι από το ψυκτικό ρευστό;
- 24) Ποια η σημασία της ανακύκλωσης για το περιβάλλον;
- 25) Τι είναι το διάγραμμα πίεσης - ενθαλπίας (p-h);
- 26) Να αναφέρετε τις τρεις περιοχές στις οποίες χωρίζεται το διάγραμμα p-h.
- 27) Τι είναι οι καμπύλες σταθερής ποιότητας, οι ισοθερμοκρασιακές καμπύλες, οι ισεντροπικές γραμμές και οι καμπύλες σταθερού όγκου;
- 28) Να περιγράψετε τον απλό ψυκτικό κύκλο μηχανικής συμπίεσης κορεσμένου ατμού.
- 29) Να ορίσετε την ψυκτική ικανότητα και την ψυκτική ισχύ μιας ψυκτικής μηχανής.
- 30) Να ορίσετε το συντελεστή συμπεριφοράς (COP) μιας ψυκτικής μηχανής.
- 31) Ποιες τιμές μπορεί να παίρνει ο COP, ποιες είναι οι μονάδες μέτρησής του και που χρησιμοποιείται;

- 32) Να περιγράψετε τον ψυκτικό κύκλο μηχανικής συμπίεσης υπέρθερμου ατμού.
- 33) Πως μεταβάλλεται η ψυκτική ικανότητα και ο συντελεστής συμπεριφοράς μεταξύ δύο ψυκτικών μηχανών, όπου η μια λειτουργεί με βάση τον απλό ψυκτικό κύκλο κορεσμένου ατμού και η άλλη με βάση τον κύκλο με υπερθέρμανση;
- 34) Γιατί η υπερθέρμανση των ατμών του ψυκτικού μέσου είναι γενικά επιθυμητή;
- 35) Πότε η υπερθέρμανση θεωρείται χρήσιμη;

κεφάλαιο 4

ΤΑ ΟΙΚΙΑΚΑ ΨΥΓΕΙΑ

- 4.1 Ο ΕΡΜΗΤΙΚΟΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ
- 4.2 ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ
- 4.3 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ
- 4.4 ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ (ΣΤΡΑΓΓΑΛΙΣΤΙΚΕΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ)
- 4.5 Ο ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΗΣ (ΕΞΑΤΜΙΣΤΗΣ)
- 4.6 ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΠΟΨΥΞΗ, ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΑ ΑΠΟΨΥΞΗΣ
- 4.7 ΨΥΞΗ ΤΟΥ ΛΑΔΙΟΥ ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
- 4.8 Ο ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
- 4.9 ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
- 4.10 ΣΩΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ
- 4.11 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
- 4.12 ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ
- 4.13 ΚΥΚΛΟΣ ΑΠΟΨΥΞΗΣ
- 4.14 ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΥΓΡΑΣΙΑΣ
- 4.15 ΦΩΤΙΣΜΟΣ
- 4.16 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΩΝ
- 4.17 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΓΟΥ



Να γνωρίζει ο μαθητής τα τμήματα από τα οποία αποτελείται ο συμπίεστής ενός οικιακού ψυγείου.

Να μπορεί να δώσει τον ορισμό του εκτοπίσματος του εμβόλου του συμπίεστή

Να ορίζει τη θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπίεστή.

Να ορίζει την πραγματική ψυκτική ικανότητα του συμπίεστή.

Να γνωρίζει τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η πραγματική ψυκτική ικανότητα του συμπίεστή

Να γνωρίζει τι είναι ο λόγος συμπίεσης.

Να δίνει τον ορισμό του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης.

Να μπορεί να εξηγή το ρόλο του διακένου μεταξύ εμβόλου - βαλβίδων.

Να μπορεί να εξηγή την επίδραση του στραγγαλισμού του ψυκτικού ρευστού στις βαλβίδες.

Να εξηγή την επίδραση της θέρμανσης του κυλίνδρου.

Να εξηγή την επίδραση των διαρροών του ψυκτικού ρευστού μέσα από τις βαλβίδες και το έμβολο.

Να γνωρίζει τη σχέση μεταξύ ογκομετρικού βαθμού απόδοσης και λόγου συμπίεσης.

Να περιγράφει αναλυτικά τον κύκλο λειτουργίας του συμπίεστή.

Να γνωρίζει τις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας του συμπίεστή.

Να αναφέρει τρία τουλάχιστον άλλα είδη συμπίεστών που χρησιμοποιούνται στα οικιακά και στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία και καταψύκτες.

Να γνωρίζει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των άλλων ειδών συμπιεστών.

Να γνωρίζει ποιοι τύποι συμπυκνωτών χρησιμοποιούνται στα οικιακά ψυγεία, στους μικρούς οικιακούς καταψύκτες και στα μικρά οικιακά ή επαγγελματικά ψυγεία.

Να περιγράφει πώς γίνεται η αποβολή της θερμότητας στο συμπυκνωτή.

Να γνωρίζει πώς γίνεται η κυκλοφορία του αέρα στο συμπυκνωτή.

Να αναφέρει τρία χαρακτηριστικά μεγέθη που καθορίζουν την απόδοση του αερόψυκτου συμπυκνωτή.

Να γνωρίζει τις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας του συμπυκνωτή.

Να αναφέρει τις ψυκτικές εγκαταστάσεις στις οποίες χρησιμοποιείται ο τριχοειδής σωλήνας.

Να γνωρίζει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του τριχοειδή σωλήνα.

Να γνωρίζει τη σχέση μεταξύ διαμέτρου και μήκους του τριχοειδή σωλήνα, όταν το ψυκτικό φορτίο παραμένει σταθερό.

Να αναφέρει το βασικό χαρακτηριστικό αποτέλεσμα που προκαλεί η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα (ΘΕΒ) η διάταξη σε έναν εξατμιστή.

Να αναφέρει τα κύρια μέρη της ΘΕΒ.

Να περιγράφει τη λειτουργία της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας.

Να γνωρίζει τα προβλήματα που δημιουργεί σε μια ΘΕΒ η μεγάλη πίεση πίεσης στους εξατμιστές μεγάλου μήκους.

Να αναφέρει μερικές βλάβες που παρουσιάζονται στις ΘΕΒ.

Να γνωρίζει πού χρησιμοποιούνται οι εξατμιστές (ατμοποιητές) φυσικής κυκλοφορίας αέρα.

Να γνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο ψύχεται ο αέρας στους εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας αέρα των οικιακών ψυγείων.

Να αναφέρει τους τρεις τύπους εξατμιστών φυσικής κυκλοφορίας αέρα.

Να μπορεί να περιγράφει τη μορφή των τριών τύπων εξατμιστών φυσικής κυκλοφορίας αέρα.

Να γνωρίζει τη μορφή και τη θέση όπου τοποθετούνται οι εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα στα οικιακά ψυγεία, στους μικρούς επαγγελματικούς καταψύκτες και στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία.

Να αναφέρει τα προβλήματα που προκύπτουν από τη λανθασμένη εκτίμηση της ταχύτητας του αέρα.

Να ορίζει τη σχέση της απαιτούμενης παροχής αέρα, ώστε ο εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας να λειτουργεί αποδοτικά.

Να αναφέρει μερικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των εξατμιστών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα.

Να αναφέρει τις τρεις βασικές κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται οι εξατμιστές.

Να γνωρίζει τις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας του ατμοποιητή.

Να γνωρίζει πως δημιουργείται ο πάγος στην επιφάνεια του εξατμιστή του οικιακού ψυγείου και τις συνέπειες αυτού του φαινομένου.

Να γνωρίζει τη συχνότητα απόψυξης ή αποπάγωσης στα ψυγεία.

Να αναφέρει τρεις μεθόδους απόψυξης.

Να κατανοεί τα ηλεκτρικά διαγράμματα απόψυξης με ηλεκτρική αντίσταση.

Να περιγράφει τον κύκλο απόψυξης με θερμό ατμό με βάση το αντίστοιχο ηλεκτρικό διάγραμμα.

Να περιγράφει την απόψυξη με χρήση θερμού νερού.

Να γνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο το οικιακό ψυγείο απαλλάσσεται από τα συμπτώματα απόψυξης.

Να γνωρίζει την επίδραση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξατμιστή και αέρα θαλάμου στη σχετική υγρασία των θαλάμων.

Να αναφέρει γιατί είναι απαραίτητη η ψύξη του λαδιού του συμπιεστή καθώς και τους τρόπους λίπανσης.

Να μπορεί να περιγράφει τη δομή του ψυκτικού θαλάμου του οικιακού ψυγείου.

Να γνωρίζει τον τρόπο στεγανοποίησης του ψυκτικού θαλάμου.

Να αναφέρει τις θερμοκρασίες που πρέπει να δημιουργούνται στα διάφορα τμήματα του ψυκτικού θαλάμου.

Να ερμηνεύει το ηλεκτρικό διάγραμμα ενός οικιακού ψυγείου χωρίς αντιστάσεις απόψυξης και να περιγράφει την εκκίνηση του συμπιεστή.

Να ερμηνεύει το πλήρες μονογραμμικό διάγραμμα καλωδιώσεων ενός οικιακού ψυγείου.

Να γνωρίζει τη σωστή θέση τοποθέτησης του ψυγείου.

Να αναφέρει τα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του συμπιεστή και να γνωρίζει τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

Να περιγράφει την εκκίνηση των μικρών μονοφασικών συμπιεστών (μέχρι 550 W) χωρίς πυκνωτή εκκίνησης και με πυκνωτή εκκίνησης.

Να περιγράφει τον κύκλο απόψυξης ενός οικιακού ψυγείου που έχει αντίσταση απόψυξης και θερμοστάτη με βάση το αντίστοιχο ηλεκτρικό διάγραμμα.

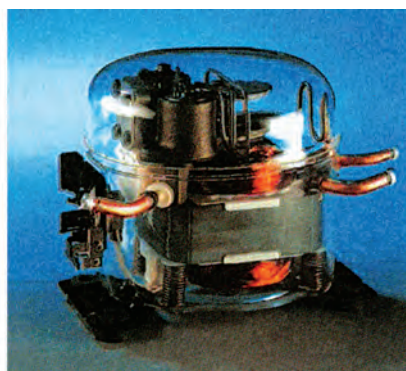
Να αναφέρει τα κύρια χαρακτηριστικά των κινητήρων των ανεμιστήρων και τις θέσεις τους στο οικιακό ψυγείο.

Να μπορεί να περιγράφει το μηχανισμό σχηματισμού πάγου τόσο στα οικιακά, όσο και στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία.

ΤΑ ΟΙΚΙΑΚΑ ΨΥΓΕΙΑ

4.1 Ο ερμητικός παλινδρομικός συμπιεστής

Στα οικιακά ψυγεία χρησιμοποιούνται **οι ερμητικοί εμβολοφόροι συμπιεστές κλασματικής ισχύος**, δηλ. συμπιεστές οι οποίοι έχουν ένα έμβολο που παλινδρομεί και μηχανική ισχύ, η οποία μετρίεται σε κλάσματα του ίππου ($1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$) όπως για παράδειγμα 90 έως 250 W, σχήμα 4.1.1. Οι συμπιεστές των οικιακών ψυγείων τοποθετούνται στο πίσω και κάτω μέρος του ψυγείου έτσι ώστε να στηρίζονται στη βάση του ψυγείου.



Σχήμα 4.1.1 Ερμητικός συμπιεστής οικιακού ψυγείου

Οι ερμητικοί συμπιεστές κινούνται από ενσωματωμένο ηλεκτροκινητήρα και το έμβολό τους εκτελεί σταθερό αριθμό παλινδρομήσεων ανά πρώτο λεπτό επειδή οι στροφές του ηλεκτροκινητήρα είναι σταθερές. Πράγματι, ο αριθμός στροφών του ηλεκτροκινητήρα εξαρτάται από τη συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου (50 Hz) και από τα ζεύγη των πόλων του. Επειδή όμως οι συμπιεστές κλασματικής ισχύος έχουν διπολικούς ηλεκτροκινητήρες (ένα ζεύγος πόλων), αυτό σημαίνει πως περιστρέφονται με 3000 RPM (ονομαστικός αριθμός στροφών).

Στον επόμενο πίνακα δίνονται τα **βασικά εξαρτήματα** ενός ερμητικά κλειστού παλινδρομικού συμπιεστή.

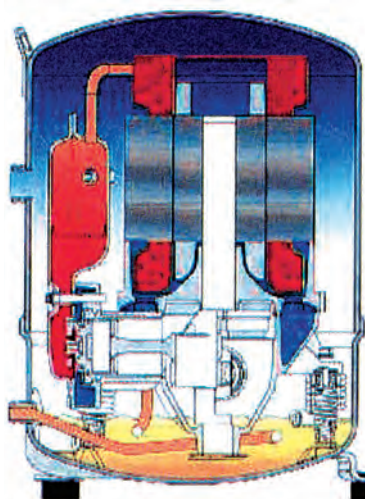
1. Κύλινδρος
2. Έμβολο
3. Διωστήρας

4. Στροφαλοφόρος Άξονας
5. Βαλβίδες (αναρρόφησης και κατάθλιψης)
6. Κεφαλή
7. Βοηθητικά εξαρτήματα

4.1.1 Ο κύλινδρος

Στους μικρούς ερμητικούς συμπιεστές ο κύλινδρος αποτελείται από ενιαίο σώμα, γεγονός που δίνει το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής και της καλής ευθυγράμμισης.

Το υλικό κατασκευής του κυλίνδρου και του στροφαλοθαλάμου είναι συνήθως ο λεπτόκοκκος χυτοσίδηρος, ο οποίος περιέχει νικέλιο. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου υπάρχει ένα χιτώνιο που είναι συνήθως από χρωμιονικελιούχο χάλυβα και έχει αντιτριβικές ιδιότητες. Οι συμπιεστές των οικιακών ψυγείων διαθέτουν έναν κύλινδρο, ο οποίος είναι οριζόντιος (σχήμα 4.1.2).



Σχήμα 4.1.2 Ερμητικός συμπιεστής εσωτερικά μέρη

4.1.2 Έμβολο - διωστήρας

Το έμβολο κατασκευάζεται συνήθως από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα. Στους μικρούς ερμητικούς συμπιεστές το έμβολο έχει διάμετρο από 25 έως 30 mm, ενώ η διαδρομή του κυμαίνεται μόλις από 15 έως 18 mm. Επειδή, οι διαστά-

σεις του εμβόλου είναι τόσο μικρές, πρακτικά ο διωστήρας έχει αντικατασταθεί με μια ειδική διαμόρφωση, η οποία ουσιαστικά είναι μια άρθρωση ολίσθησης, ώστε να μεταδίδεται η κίνηση του στροφαλοφόρου άξονα (σχήμα 4.1.2).

4.1.3 Ο στροφαλοφόρος άξονας

Κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα και στα κομβία εκτελείται επιφανειακή βαφή. Στους συμπιεστές των οικιακών ψυγείων είναι διατεταγμένος κατακόρυφα. Ο στροφαλοφόρος άξονας διατίθεται σε δύο τύπους: Κλασικός τύπος και έκκεντρο. (σχήμα 4.1.2)

Ο κλασικός τύπος στροφαλοφόρου άξονα αποτελείται από τους στροφείς (κομβία) βάσης, τα κομβία των διωστήρων και τα γόνατα. Ο άξονας τύπου έκκεντρο περιλαμβάνει και το έκκεντρο, το οποίο είναι από ορείχαλκο. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται συχνότατα στους μικρούς συμπιεστές, επειδή παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως απλότητα, καλή ζυγοστάθμιση και χαμηλή τιμή.

Τέλος, ο στροφαλοφόρος άξονας του συμπιεστή των οικιακών ψυγείων έχει διαμορφωμένη στο εσωτερικό του μια ειδική αυλάκωση, στην οποία περνά το λάδι για τη λίπανση του στροφαλοφόρου.

4.1.4 Βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης

Οι βαλβίδες έχουν συνήθως σχήμα δίσκου ή δακτυλίου και ειδικότερα στους συμπιεστές των οικιακών ψυγείων έχουν σχήμα εύκαμπτων λεπίδων. Οι βαλβίδες στερεώνονται πάνω σε ειδικές πλάκες, όπου έχουν διαμορφωθεί οι αντίστοιχες έδρες, ενώ η στεγανότητα μεταξύ έδρας και βαλβίδας επιτυγχάνεται με την επαφή των δύο μεταλλικών επιφανειών χωρίς παρέμβυσμα. (σχήμα 4.1.3)

Οι βαλβίδες λειτουργούν είτε με τη βοήθεια ελατηρίων, τα οποία τις ωθούν, ή κατασκευάζονται οι ίδιες από το κατάλληλο μέταλλο (π.χ. χάλυβα ελατηρίων), ώστε να συμπεριφέρονται ως ελατήρια. Η **κίνηση των βαλβίδων** πραγματοποιείται με την **υποπίεση** ή την **υπερπίεση** που δημιουργεί η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου. Οι βαλβίδες πρέπει να εξασφαλίζουν στεγανότητα για αποφυγή διαρροών και κατασκευάζονται από ελαφρό και σκληρό μέταλλο που να μη παραμορφώνεται από πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, ρυθμίζουν τη ροή του ψυκτικού μέσου προς και από τον (τους) κύλινδρο(-ους) του συμπιεστή.

Στους εμβολοφόρους συμπίεστές ψυκτικών μέσων οι βαλβίδες δεν ελέγχονται με κάποιο εξωτερικό μηχανισμό σε αντίθεση με τις βαλβίδες των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Επομένως, οι βαλβίδες πρέπει να είναι κατασκευασμένες με τρόπο τέτοιο, ώστε να “παρακολουθούν” την κίνηση του εμβόλου και να βοηθούν στη δημιουργία της σωστής συμπίεσης, όσο το δυνατόν καλύτερα. Τέλος, οι βαλβίδες πρέπει να λειτουργούν αθόρυβα και αυτόματα.

Κατά συνέπεια, συμπεραίνεται ότι οι βαλβίδες αποτελούν σημαντικότερα εξαρτήματα του συμπιεστή, διότι από την καλή τους κατάσταση εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος ο βαθμός απόδοσής του. Σημειώνουμε δε ότι σε περίπτωση καταστροφής ή ελαττωματικής λειτουργίας μιας από αυτές (αναρρόφησης ή κατάθλιψης) διακόπτεται η ίδια η λειτουργία του συμπιεστή.



Σχήμα 4.1.3 Ερμητικός συμπιεστής Βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης

Παρεμβύσματα (φλάντζες) στεγανοποίησης.

Ιδιότητες υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή παρεμβυσμάτων στεγανοποίησης:

- Να μην προσβάλλεται από το ψυκτικό μέσο και το ψυκτέλαιο (λάδι ψύξης συμπιεστή).
- Να αντέχει στις συνήθεις θερμοκρασίες συμπίεστών
- Να είναι όλκιμα και ελατά για να διαμορφώνονται εξασφαλίζοντας στεγανότητα. Αυτά είναι:

Μόλυβδος

Αλουμίνιο

Χαλκός

Χαρτί εμπλουτισμένο με πλαστικό (πετσόχαρτο)

Ειδικής σύνθεσης ελαστικό

Περμανίτης

Αμίαντος (έχει απαγορευθεί)

Οι ερμητικοί συμπιεστές κινούνται από ενσωματωμένο ηλεκτροκινητήρα και το έμβολό τους εκτελεί σταθερό αριθμό παλινδρομήσεων ανά πρώτο λεπτό, επειδή οι στροφές του ηλεκτροκινητήρα είναι σταθερές. Πράγματι, ο αριθμός στροφών του ηλεκτροκινητήρα εξαρτάται από τη συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου (50 Ηζ) και από τα ζεύγη των πόλων του. Επειδή όμως οι συμπιεστές κλασματικής ισχύος έχουν διπολικούς ηλεκτροκινητήρες (ένα ζεύγος πόλων), αυτό σημαίνει πως περιστρέφονται με 3000 rpm (ονομαστικός αριθμός στροφών).

4.1.5 Το εκτόπισμα του εμβόλου

Το εκτόπισμα του εμβόλου ενός παλινδρομικού συμπιεστή είναι ο συνολικός όγκος που έχει σαρώσει το έμβολο μέσα στον κύλινδρο σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα και εκφράζεται συνήθως σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (lt/s). Για την περίπτωση του οικιακού ψυγείου το εκτόπισμα του συμπιεστή δίνεται με τον επόμενο τύπο:

$$\dot{V}_\epsilon = \frac{0,7854 \cdot D^2 \cdot L \cdot N \cdot n}{1000000} \quad (4.1)$$

όπου:

$\dot{V}_\epsilon$ = το εκτόπισμα του συμπιεστή σε lt/s

D = η διάμετρος του κυλίνδρου σε mm

L = το μήκος της διαδρομής του εμβόλου σε mm

N = ο αριθμός των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα (στρ/s, r/s)

n = ο αριθμός των κυλίνδρων (για τα οικιακά ψυγεία είναι 1)

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.1

Υπολογίσατε το εκτόπισμα του εμβόλου του συμπιεστή ενός ψυγείου του οποίου ο στροφαλοφόρος περιστρέφεται με 1500 στρ/min, αν η διάμετρος του κυλίνδρου είναι 25 mm και το μήκος της διαδρομής είναι 20 mm.

ΛΥΣΗ: Για να εφαρμοσθεί η σχέση (4.1), πρέπει οι μονάδες των δεδομένων να συμφωνούν με τις μονάδες της. Επομένως, πρέπει να μετατρέψουμε τις 1500 στρ/min σε στρ/s: 1500 στρ/s = 1500/60 στρ/s = 25 στρ/s

Αντικαθιστώντας στη σχέση (4.1), προκύπτει:

$$\dot{V}_\epsilon = \frac{0,7854 \cdot (25)^2 \cdot 20 \cdot 25 \cdot 1}{1000 \cdot 1000} = 0,245 \text{ lt / s}$$

4.1.6 Η θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή

Η ψυκτική ικανότητα οποιουδήποτε συμπιεστή εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του ψυγείου και καθορίζεται με το γινόμενο της μάζας του ψυκτικού ανά μονάδα χρόνου επί το ψυκτικό αποτέλεσμα. Η μάζα του ψυκτικού ανά μονάδα χρόνου (παροχή μάζας) ισούται με τη μάζα του ατμού (κορεσμένου ή υπέρθερμου) που αναρροφά ο συμπιεστής ανά μονάδα χρόνου. Αν υποθέσουμε ότι ο συμπιεστής έχει απόδοση 100% και ότι ο κύλινδρός του γεμίζει τελείως με ψυκτικό ατμό από τη γραμμή αναρρόφησης, όταν το έμβολο κινείται προς τα κάτω, τότε ο όγκος του ατμού, που αναρροφείται και συμπιέζεται μέσα στον κύλινδρο που θα αντιστοιχεί, είναι ίσος με το εκτόπισμα του εμβόλου. Η μάζα που αντιστοιχεί σε αυτό τον όγκο ατμού υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το εκτόπισμα του εμβόλου επί την πυκνότητα του ατμού στην αναρρόφηση ή διαιρώντας το εκτόπισμα δια του ειδικού όγκου, δηλ. είναι:

$$\dot{m} = \dot{V}_\epsilon \cdot \rho \quad \quad \quad \text{ή} \quad \quad \quad (4.2)$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}_\epsilon}{u} \quad \quad \quad (4.3)$$

Αφού λοιπόν καθορισθεί η παροχή μάζας, έπειτα μπορούμε να υπολογίσουμε την θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή, πολλαπλασιάζοντας την παροχή του ατμού επί το ψυκτικό αποτέλεσμα (ανά μονάδα μάζας).

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.2

Ο συμπιεστής του παραδείγματος 1 λειτουργεί με το ψυκτικό μέσο R-12, όπου η θερμοκρασία του εξατμιστή (θάλαμος κατάψυξης του ψυγείου) είναι -5°C . Αν υποθέσουμε ότι ο ατμός φθάνει κορεσμένος στην αναρρόφηση του συμπιεστή και αν το υγρό ψυκτικό μέσον φθάνει στον τριχοειδή σωλήνα του ψυγείου με θερμοκρασία 40°C , τότε να υπολογισθούν: α) η παροχή μάζας του ψυκτικού και β) η θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή σε kW

ΛΥΣΗ: Από το παράδειγμα 4.1 έχουμε υπολογίσει ότι το εκτόπισμα του εμβόλου είναι: $V_{\epsilon} = 0,245 \text{ lt/s}$. Επίσης, από τους πίνακες για το R-12 παίρνουμε την πυκνότητα του ατμού για θερμοκρασία ατμοποίησης -5°C , ήτοι: $\rho = 0,01539 \text{ kg/lt}$. Συνεπώς, αν εφαρμόσουμε τη σχέση (4.2) προκύπτει:

$$\dot{m} = \dot{V}_{\epsilon} \cdot \rho = 0,245 \cdot 0,01539 = 0,0038 \text{ kg/s} \quad (\alpha)$$

Εξάλλου, από τους ίδιους πίνακες (R-12) παίρνουμε ότι η ενθαλπία του κορεσμένου ατμού στους -5°C είναι $349,32 \text{ kJ/kg}$, ενώ η ενθαλπία του κορεσμένου υγρού στους 40°C είναι $238,53 \text{ kJ/kg}$. Επομένως, το ψυκτικό αποτέλεσμα (Q_{ψ}) είναι:

$$Q_{\psi} = 349,32 - 238,53 = 110,79 \text{ kJ/kg} \quad (\beta)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (α), (β) βρίσκουμε ότι η θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή $= \dot{m} \cdot Q_{\psi} = 0,0038 \cdot 110,79 = 0,421 \text{ kW}$



ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

$$(\text{kg/s}) * (\text{kJ/kg}) = \text{kW}$$

4.1.7 Η πραγματική ψυκτική ικανότητα συμπιεστή.

Η πραγματική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή του οικιακού ψυγείου είναι πάντοτε μικρότερη από τη θεωρητική που υπολογίσαμε στο προηγούμενο παράδειγμα. Πράγματι, στο παράδειγμα αυτό υποθέσαμε τα εξής: α) σε κάθε κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω, ο κύλινδρος γεμίζει τελείως με ατμό από τη γραμμή αναρρόφησης και β) ότι η πυκνότητα του ψυκτικού ατμού που γεμίζει τον κύλινδρο είναι ίση με την πυκνότητα του ατμού στη γραμμή αναρρόφησης.

Στην πράξη δεν ισχύουν φυσικά οι πιο πάνω προϋποθέσεις. Αντίθετα, ο όγκος του ατμού, που μπαίνει στον κύλινδρο κατά την κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω, είναι πάντοτε μικρότερος από το εκτόπισμα του εμβόλου. Αυτό οφείλεται αφενός στη συμπίεστικότητα του ατμού και αφετέρου στο διάκενο που αφήνεται πάντοτε μεταξύ εμβόλου και πλάκας των

βαλβίδων κατά το σχεδιασμό του συμπιεστή. Επίσης, η πυκνότητα του ατμού που μπαίνει στον κύλινδρο είναι πάντοτε μικρότερη από την πυκνότητα του ατμού στη γραμμή αναρρόφησης κυρίως λόγω της θερμότητας που εκλύεται κατά τη λειτουργία του συμπιεστή (πρακτικά μη αδιαβατική συμπίεση). Για τους λόγους αυτούς, η πραγματική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή είναι πάντοτε μικρότερη από τη θεωρητική.

4.1.8 Ο λόγος συμπίεσης

Ο λόγος της **απόλυτης πίεσης κατάθλιψης** προς την **απόλυτη πίεση αναρρόφησης** ονομάζεται λόγος συμπίεσης, ήτοι:

$$r = \text{απόλυτη πίεση κατάθλιψης} / \text{απόλυτη πίεση αναρρόφησης} \quad (4.4)$$

Υπενθυμίζουμε εδώ ότι η απόλυτη πίεση ισούται με το άθροισμα της μανομετρικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης, δηλ.

$$P_{\text{απ}} = P_{\text{μav}} + P_{\text{ατ}} \quad (4.5)$$

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.3

$$P_{\text{κατ}} = 816,32 \text{ kPa (Μανομετρική)}, P_{\text{av}} = 204,08 \text{ kPa (Μανομετρική)}$$

$$P_{\text{κατ}} = 816,32 + 101,325 = 816,32 + 101,325 = 917,65 \text{ kPa (απόλυτη)}$$

$$P_{\text{av}} = 204,08 + 101,325 = 204,08 + 101,325 = 305,41 \text{ kPa}$$

$$r = \frac{917,65}{305,41} = 3$$

όπου η ατμοσφαιρική πίεση λαμβάνεται ίση με 101,325 kPa.

4.1.9 Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης.

Ο πραγματικός όγκος ατμού, που αφαιρείται από τη γραμμή αναρρόφησης ανά μονάδα χρόνου, αποτελεί το πραγματικό εκτόπισμα του συμπιεστή. Ο λόγος αυτού προς το εκτόπισμα του εμβόλου ορίζει τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή, ήτοι:

$$OBA = \frac{V_{\pi}}{V_{\varepsilon}} \cdot 100\% \quad (4.6)$$

όπου:

V_{π} = ο πραγματικός όγκος εισερχόμενου ατμού και

V_{ε} = το εκτόπισμα του εμβόλου.

Όταν είναι γνωστός ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης, τότε υπολογίζεται το πραγματικό εκτόπισμα του συμπιεστή, καθώς και η πραγματική ψυκτική του ικανότητα, ως εξής:

$$V_{\pi} = (OBA) \cdot V_{\varepsilon} \quad (4.7)$$

$$(\text{πραγματική ψυκτική ικανότητα}) = (\text{θεωρητική ψυκτική ικανότητα}) \cdot (OBA) \quad (4.8)$$

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.4

Αν ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης του συμπιεστή από το παράδειγμα (1) είναι 78%, να υπολογίσετε: (α) το πραγματικό εκτόπισμα του συμπιεστή και (β) την πραγματική του ψυκτική ικανότητα

Λύση: Σύμφωνα με το παράδειγμα (4.1), το εκτόπισμα του εμβόλου είναι: 0,245 lt/s. Αν λοιπόν εφαρμόσουμε τον τύπο (4.7) έχουμε:

$$V_{\pi} = (OBA) \cdot V_{\varepsilon} = 0,78 \cdot 0,245 = 0,191 \text{ lt/s}$$

(β) Εξάλλου, στο Παράδειγμα (2) υπολογίσαμε ότι η θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή είναι: 0,421 kW. Επομένως, σύμφωνα με τον τύπο (4.8), η πραγματική ψυκτική ικανότητα θα είναι:

$$0,421 \cdot 0,78 = 0,328 \text{ kW}$$

$$\text{Λόγος συμπίεσης} = \text{Ογκομετρικός βαθμός απόδοσης} = \frac{V_{\pi}}{V_{\varepsilon}} \times 100\%$$

Πίνακας 4.1.1 Σχέση λόγου συμπίεσης και ΟΒΑ

Λόγος Συμπίεσης	Ογκομετρικός βαθμός απόδοσης
2.0	87.3
2.5	83.5
3.0	80.8
3.5	77.2
4.0	74.9
4.5	71.3
5.0	69.0
5.5	65.7
6.0	63.3
6.5	60.2

4.1.10 Παράγοντες που επηρεάζουν τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης είναι αυτοί που περιορίζουν τον όγκο του αναρροφούμενου ατμού, ο οποίος συμπίεζεται σε κάθε κύκλο λειτουργίας του συμπιεστή. Οι παράγοντες αυτοί είναι το **διάκενο εμβόλου-βαλβίδων**, ο **στραγγαλισμός του ψυκτικού στις βαλβίδες**, η **θέρμανση του κυλίνδρου**, οι **διαρροές από βαλβίδες και έμβολο** και ο **λόγος συμπίεσης**.

Η επίδραση του διάκενου μεταξύ εμβόλου - βαλβίδων

Όλοι οι παλινδρομικοί συμπιεστές σχεδιάζονται με ένα μικρό διάκενο ανάμεσα στην κορυφή του εμβόλου και στην πλάκα των βαλβίδων έτσι, ώστε το έμβολο να μην κτυπά πάνω στην πλάκα κατά τη φάση της συμπίεσης. Για να κατανοήσουμε την επίδραση αυτού του διάκενου (χώρου) στον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή, θα πρέπει πρώτα να εξηγήσουμε τη **λειτουργία του** για έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας με βάση το επόμενο θεωρητικό διάγραμμα πίεσης-όγκου (σχήμα 4.1.4).

A. Εξήγηση του ρόλου του διακένου

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, το έμβολο έχει εκτελέσει ένα τμήμα της διαδρομής αναρρόφησης (τμήμα A B) και ο κύλινδρος γεμίζει εν μέρει με το αέριο που είχε εγκλωβισθεί μέσα στο διάκενο (επανεκτόνωση του αερίου) πριν ανοίξει η βαλβίδα αναρρόφησης. Επομένως, ο ατμός που βρίσκεται στη γραμμή αναρρόφησης γεμίζει μόνο το τμήμα εκείνο του κυλίνδρου, το οποίο δεν έχει ήδη γεμίσει με τον εγκλωβισμένο ατμό του διακένου.

Αν αναφερθούμε πάλι στο προηγούμενο σχήμα, παρατηρούμε ότι όταν το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο (K N Σ) τότε ο συνολικός όγκος του κυλίνδρου είναι V_c , ενώ ο όγκος του διακένου είναι V_a και αντιπροσωπεύει τον όγκο που καταλαμβάνει ο ατμός στο τέλος της διαδρομής συμπίεσης. Η διαφορά μεταξύ V_c και V_a αποτελεί επομένως τον όγκο που σαρώνει το έμβολο σε κάθε κύκλο λειτουργίας. Ωστόσο, καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω, ο εγκλωβισμένος ατμός στο διάκενο εκτονώνεται από τον όγκο V_a μέχρι τον όγκο V_b πριν ανοίξει η βαλβίδα αναρρόφησης. Κατά συνέπεια, ο όγκος του κυλίνδρου που πραγματικά γεμίζει με νέο αέριο από τη γραμμή αναρρόφησης είναι η διαφορά μεταξύ V_c και V_b . Ο όγκος αυτός είναι σαφώς μικρότερος από τον όγκο που σαρώνει το έμβολο.

B. Η επίδραση του στραγγαλισμού του ψυκτικού μέσου στις βαλβίδες

Κατ' αρχήν πρέπει να αναφέρουμε ότι στραγγαλισμός είναι η πτώση της πίεσης του ψυκτικού, καθώς περνά από μια στένωση, και ότι αυτή η πτώση πραγματοποιείται χωρίς να παράγεται έργο και χωρίς να εκλύεται θερμότητα.

Για να μπορεί να πραγματοποιείται ροή του ατμού από τη γραμμή αναρρόφησης προς τον κύλινδρο μέσα από τη βαλβίδα αναρρόφησης, πρέπει να υπάρχει αρκετή διαφορά πίεσης στις δύο πλευρές της βαλβίδας έτσι, ώστε ο ατμός να υπερνικά το βάρος και την αδράνεια της βαλβίδας (ή ίσως τη δύναμη των ελατηρίων, αν υπάρχουν). Αυτό σημαίνει ότι ο ατμός υφίσταται στραγγαλισμό μέτριου μεγέθους καθώς μπαίνει στον κύλινδρο. Επομένως, η πίεση του ατμού που γεμίζει τον κύλινδρο είναι πάντοτε μικρότερη από την πίεση του ατμού στη γραμμή αναρρόφησης, γεγονός που συνεπάγεται ότι ο όγκος του ατμού που μπαίνει στον κύλινδρο σε κάθε κύκλο λειτουργίας είναι μικρότερος απ' αυτόν που θα έμπαινε αν ο ατμός δεν πάθαινε στραγγαλισμό.

Κάτι αντίστοιχο, συμβαίνει στη βαλβίδα εξαγωγής. Συγκεκριμένα, ο ατμός πρέπει να συμπιέζεται μέχρι μια πίεση που είναι μεγαλύτερη από την πίεση της κατάθλιψης, ώστε να μπορεί να ρέει μέσα από τη βαλβίδα και να φθάνει στο συμπυκνωτή. Όμως, αυτό σημαίνει ότι στη συνέχεια η επανεκτόνωση του ατμού που παραμένει μέσα στον κύλινδρο θα είναι μεγαλύτερη και επομένως θα μειώνεται ο όγκος του εισερχόμενου ατμού. Ο στραγγαλισμός δεν επηρεάζεται από το λόγο συμπίεσης, αλλά αντίθετα εξαρτάται από την ταχύτητα, με την οποία ρέει ο ατμός μέσα από τις βαλβίδες αναρρόφησης και εξαγωγής.

Γ. Η επίδραση της θέρμανσης του κυλίνδρου

Ένας άλλος παράγοντας που τείνει να μειώσει τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή είναι η θέρμανση που υφίσταται ο αναρροφούμενος ατμός μέσα στον κύλινδρο. Πράγματι, ο ατμός που μπαίνει μέσα στον κύλινδρο θερμαίνεται από τη **θερμότητα** που μεταδίδεται από τα **τοιχώματα του κυλίνδρου** και που εκλύεται **λόγω της τριβής**, η οποία δημιουργείται κατά το στροβιλισμό του αερίου στον κύλινδρο. Η θερμότητα αυτή προκαλεί τη διαστολή του αερίου μόλις αυτό εισάγεται στον κύλινδρο, γεγονός που σημαίνει ότι στον κύλινδρο μπαίνει τελικά **μικρότερη μάζα αερίου** και επομένως ελαττώνεται ακόμη πιο πολύ ο αναρροφούμενος όγκος. Η θέρμανση του κυλίνδρου αυξάνει καθώς αυξάνει ο **λόγος συμπίεσης**.

Δ. Οι διαρροές από βαλβίδες και έμβολο

Η οποιαδήποτε διαρροή αερίου, είτε μέσα από τη βαλβίδα εισαγωγής ή τη βαλβίδα εξαγωγής ή ακόμη και γύρω από τις παρειές του εμβόλου, **ελαττώνει τον όγκο αερίου** που συμπιέζει ο συμπιεστής. Όσον αφορά το έμβολο, επειδή τα τελευταία χρόνια έχουν βελτιωθεί πολύ οι **μηχανουργικές κατεργασίες ακρίβειας**, αυτό συνεπάγεται πως ελάχιστη διαρροή αερίου θα πραγματοποιείται σε ένα σχετικά καινούργιο συμπιεστή. Ωστόσο, επειδή είναι αδύνατον να σχεδιασθούν βαλβίδες, οι οποίες θα **κλείνουν ακαριαία**, υπάρχει πάντοτε ένα μικρό ποσό αερίου που διαρρέει **από το σωλήνα κατάθλιψης προς τον κύλινδρο** μέσω της βαλβίδας εξαγωγής κατά την προς τα κάτω διαδρομή του εμβόλου και ένα άλλο ποσό που διαρρέει από τον **κύλινδρο προς το σωλήνα αναρρόφησης** μέσω της

βαλβίδας εισαγωγής κατά τη διαδρομή της συμπίεσης. Για έναν οποιονδήποτε συμπιεστή η ποσότητα διαρροής αερίου μέσα από τις βαλβίδες είναι συνάρτηση του **λόγου συμπίεσης**. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος συμπίεσης, τόσο μεγαλώνει και η ποσότητα της διαρροής αερίου.

Ε. Ο λόγος συμπίεσης

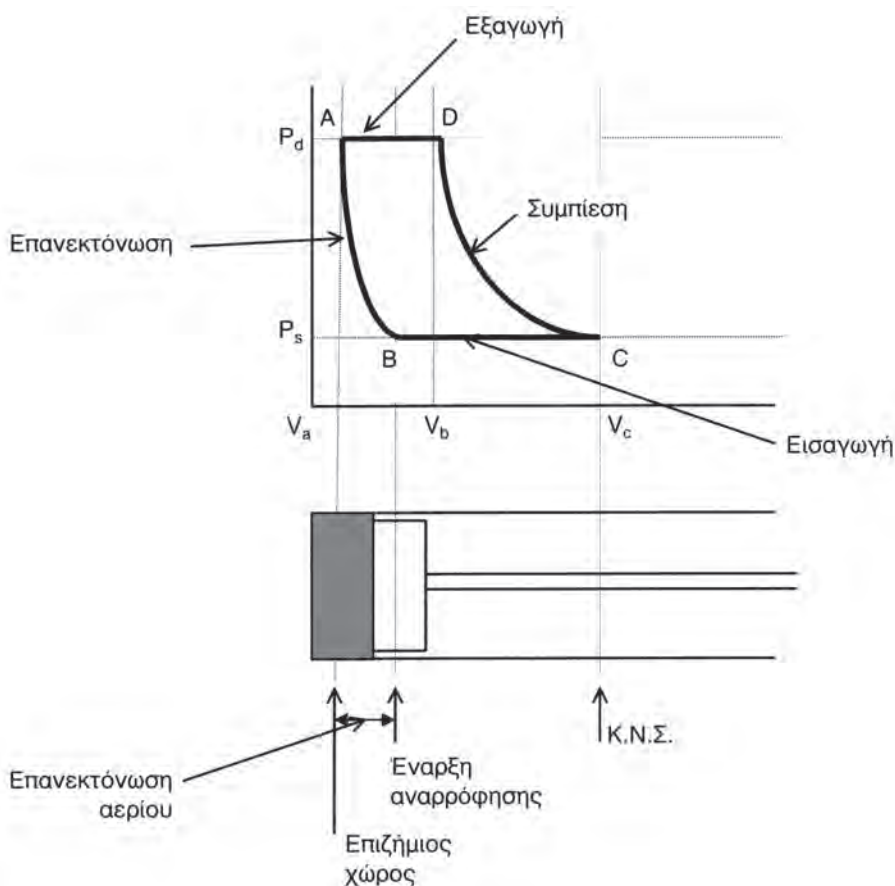
Τα αποτελέσματα πάρα πολλών δοκιμών έχουν αποδείξει ότι ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης ενός οποιουδήποτε συμπιεστή είναι **πρώτα και κύρια συνάρτηση του λόγου συμπίεσης** και ότι για ένα δεδομένο λόγο συμπίεσης θα παραμένει πρακτικά σταθερός ανεξάρτητα από το εύρος λειτουργίας του συμπιεστή.

4.1.11 Ανάλυση του κύκλου λειτουργίας του συμπιεστή

Στο σημείο Α το έμβολο βρίσκεται στην κορυφή της προς τα άνω διαδρομής του που ονομάζεται άνω νεκρό σημείο. Όταν το έμβολο κατέχει αυτή τη θέση, τότε τόσο η βαλβίδα αναρρόφησης, όσο και η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστές.

Καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω (διαδρομή αναρρόφησης), ο ατμός υψηλής πίεσης, που έχει εγκλωβισθεί μέσα στο χώρο του διάκενου, έχει τώρα τη δυνατότητα να εκτονωθεί. Η εκτόνωση αυτή πραγματοποιείται κατά μήκος της γραμμής ΑΒ έτσι, ώστε η πίεση μέσα στον κύλινδρο να μειώνεται, καθώς μεγαλώνει ο όγκος του εγκλωβισμένου ατμού. Η διεργασία αυτή ονομάζεται **επανεκτόνωση** του ατμού.

Μόλις το έμβολο φθάνει στο σημείο Β, τότε η πίεση του ατμού που έχει υποστεί την επανεκτόνωση είναι λίγο μικρότερη από την πίεση του ατμού που βρίσκεται στη γραμμή αναρρόφησης. Επομένως, οι βαλβίδες αναρρόφησης αναγκάζονται να ανοίξουν και ο ατμός της γραμμής αναρρόφησης αρχίζει να ρέει μέσα στον κύλινδρο. Η ροή του ατμού αρχίζει στο σημείο Β, όπου ανοίγει η βαλβίδα αναρρόφησης και συνεχίζεται μέχρι το σημείο C όπου το έμβολο βρίσκεται στο κατώτερο σημείο της προς τα κάτω διαδρομής του (κάτω νεκρό σημείο). Καθώς το έμβολο κινείται στη διαδρομή BC, ο κύλινδρος γεμίζει με ατμό αναρρόφησης, ενώ η πίεση παραμένει σταθερή και ίση με την πίεση αναρρόφησης. Στο σημείο C κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης, συνήθως με τη δύναμη ελατηρίων, και αρχίζει η διαδρομή της συμπίεσης.



Σχήμα 4.1.4 Διάγραμμα πίεσης-όγκου.

Καθώς το έμβολο κινείται προς τα άνω, εκτελώντας τη διαδρομή της συμπίεσης κατά μήκος της γραμμής CD, αυξάνεται η πίεση του ατμού μέσα στον κύλινδρο. Μόλις το έμβολο φθάνει στο σημείο D (λίγο πριν το άνω νεκρό σημείο), η πίεση του ατμού έχει αυξηθεί τόσο, ώστε να ξεπερνά την πίεση στη γραμμή της κατάθλιψης (γραμμή υψηλής πίεσης του ψυγείου), οπότε ανοίγουν οι βαλβίδες εξαγωγής.

Ο κύκλος κλείνει με τη διαδρομή DA του εμβόλου κατά την οποία ο ατμός υψηλής πίεσης του εμβόλου περνά από τον κύλινδρο προς τη θερμή γραμμή της κατάθλιψης μέσα από τις βαλβίδες εξαγωγής, ενώ η πίεση μέσα στον κύλινδρο παραμένει σταθερή και ίση με την πίεση στη γραμμή

της κατάθλιψης. Μόλις το έμβολο φθάσει στο σημείο A, ολοκληρώνεται ο κύκλος λειτουργίας του συμπιεστή και ο στροφαλοφόρος έχει εκτελέσει μια πλήρη περιστροφή.

4.1.12 Παρατηρήσεις επί της συμπεριφοράς των παλινδρομικών συμπιεστών:

Ο επιζήμιος χώρος είναι σταθερός, το αέριο μένει στον επιζήμιο χώρο υπό υψηλή πίεση και μετά εκτονώνεται, αύξηση της πίεσης κατάθλιψης P_d δημιουργεί επανεκτόνωση του ψυκτικού αερίου, αύξηση του όγκου επανεκτόνωσης δημιουργεί μείωση του όγκου εισαγωγής.

Οι επιπτώσεις των παραπάνω είναι ότι η υψηλή πίεση κατάθλιψης επιφέρει την υπερθέρμανση του ηλεκτροκινητήρα (H/K), την καταπόνηση συμπιεστή και επιπλέον κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης (OBA).

Η υψηλή θερμοκρασία κυλίνδρων επιφέρει μείωση ογκομετρικού βαθμού απόδοσης (OBA), λόγω αύξησης του ειδικού όγκου αερίου, μείωση της ψυκτικής ικανότητας, αύξηση του ΔP και συνεπώς αύξηση των διαρροών.

4.1.13 Η ψυκτική ικανότητα των παλινδρομικών συμπιεστών

Μετράται σε kW (BTU/h, Kcal/h) και εξαρτάται από:

- α. Τη θερμοκρασία αναρρόφησης (ατμοποίησης) αν είναι υψηλή, οπότε αναπτύσσεται και υψηλή ψυκτική ικανότητα.
- β. Τη θερμοκρασία κατάθλιψης (συμπύκνωσης) αν είναι υψηλή, οπότε αναπτύσσεται χαμηλή ψυκτική ικανότητα.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.5

Μεταβολή της ψυκτικής ικανότητας του συμπιεστή συναρτήσει της θερμοκρασίας ατμοποίησης.

Υπό σταθερή θερμοκρασία συμπύκνωσης π.χ. 43°C η ονομαστική ψυκτική ικανότητα συμπιεστή είναι 1492 W. Η ισχύς αυτή μεταβάλλεται ως εξής:

1. Για θερμοκρασία ατμοποίησης -35°C γίνεται 1,5 kW
2. Για θερμοκρασία ατμοποίησης -26°C γίνεται 2,63 kW με διαφορά

ψυκτικής ικανότητας από την προηγούμενη ($\Delta\psi$) = 1,13 kW

3. Για θερμοκρασία ατμοποίησης 5°C γίνεται 6,60 kW και η διαφορά ψυκτικής ικανότητας γίνεται $\Delta\psi$ = 5,10 kW

Η απαιτούμενη ισχύς συμπιεστών ψύξης (N) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N = \frac{N_{\theta}}{n} \quad (4.9)$$

όπου: N : Η απαιτούμενη ισχύς (kW)

N_{θ} : Η θεωρητική ισχύς (kW)

n : Ο βαθμός απόδοσης

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.6

Για N_{θ} = 12 kW και n = 80% προκύπτει

$$N = \frac{12}{0,80} = 15 \text{ kW}$$

4.1.14 Η μεταβολή της ισχύος του συμπιεστή συναρτήσει της θερμοκρασίας αναρρόφησης και κατάθλιψης:

1. Η απαιτούμενη ισχύς συμπιεστών ψύξης αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας αναρρόφησης υπό σταθερή θερμοκρασία κατάθλιψης.
2. Η απαιτούμενη ισχύς συμπιεστών ψύξης αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας κατάθλιψης υπό σταθερή θερμοκρασία αναρρόφησης.
3. Υπό σταθερή θερμοκρασία κατάθλιψης η ψυκτική ισχύς αυξάνεται όσο αυξάνεται η πίεση αναρρόφησης P_{av} και η θερμοκρασία αναρρόφησης T_{av} , γιατί αύξηση της P_{av} φέρνει μείωση του ΔP και αύξηση του OBA.

4.1.15 Συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας συμπιεστή.

Ο συμπιεστής αποτελεί το βασικότερο και ακριβότερο μηχάνημα του καταψύκτη και κατά κάποιο τρόπο είναι η “καρδιά” του συγκροτήματος που

αντλεί το ψυκτικό μέσον από τον εξατμιστή προς το συμπυκνωτή. Επομένως, πρέπει να δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να λειτουργεί στις σωστές συνθήκες λειτουργίας. Στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας ο συμπίεστος είναι τόσο **θερμός** που δεν μπορούμε να τον ακουμπήσουμε με γυμνό χέρι. Για την ψύξη του χρησιμοποιούνται συνήθως **εξωτερικά πτερύγια** που είναι κολλημένα στο σώμα του καταψύκτη, εφόσον αυτός είναι **αερόψυκτος**, που είναι και η πιο συνηθισμένη περίπτωση για τους συμπίεστρες των καταψυκτών. Επίσης, είναι δυνατόν ο συμπίεστος να ψύχεται και με το ψυκτικό μέσον, δηλ. τους **ατμούς αναρρόφησης**, οι οποίοι βρίσκονται σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία και στους οποίους μπορεί να υπάρχει το **λιπαντικό λάδι** που συμπαρασύρεται κατά τη λειτουργία του συμπίεστη. Επίσης, ο ερμητικός συμπίεστος πρέπει κανονικά να λειτουργεί **αθόρυβα** και χωρίς κραδασμούς. Αυτό εξασφαλίζεται με τις **ελαστικές βάσεις** του. Αν όμως ο συμπίεστος δημιουργεί θορύβους και κραδασμούς, αυτό σημαίνει είτε πως δεν είναι εντελώς **οριζοντιωμένος** ή ότι μέσα στο συμπίεστη κυκλοφορεί **υγρό ψυκτικό μέσον**, γεγονός που αποδεικνύεται, διότι σχηματίζεται υγρασία στην περιοχή σύνδεσης του σωλήνα αναρρόφησης με το συμπίεστη. Ακόμη, ο συμπίεστος θα πρέπει να **διακόπτει τακτικά τη λειτουργία** του, δηλ. σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να λειτουργεί συνέχεια, διότι τότε καταπονείται ιδιαίτερα και ελαττώνεται ο χρόνος ζωής του. Η συνεχής λειτουργία του συμπίεστη οφείλεται στις μη κανονικές συνθήκες λειτουργίας του καταψύκτη, ήτοι α) στην τοποθέτησή του σε **πολύ θερμό και υγρό χώρο**, γεγονός που συνεπάγεται υψηλή θερμοκρασία και πίεση στον **συμπυκνωτή**, και επομένως **μεγάλο λόγο συμπίεσης**, ώστε να πραγματοποιείται η κατάθλιψη του ψυκτικού μέσου και β) σε **αυξημένο ψυκτικό φορτίο του θαλάμου** που με τη σειρά του οφείλεται σε ελαττωματικό **λάστιχο στεγανοποίησης** ή σε πολύ συχνά **ανοίγματα** της πόρτας. Αν τυχόν όμως ο συμπίεστος δεν ξεκινά καθόλου τη λειτουργία του ή ξεκινά για λίγο και αμέσως μετά διακόπτει, τότε λέμε πως έχει κάποια **βλάβη**, η οποία είναι συνηθέστατα ηλεκτρολογικής φύσης. Τέλος, πρέπει να τονίσουμε ότι επειδή ο συμπίεστος είναι το ακριβότερο μηχανήμα του καταψύκτη πρέπει οπωσδήποτε να γίνεται **διάγνωση της βλάβης** του πριν αυτός αντικατασταθεί με νέο συμπίεστη.

4.2 Άλλα είδη συμπιεστών

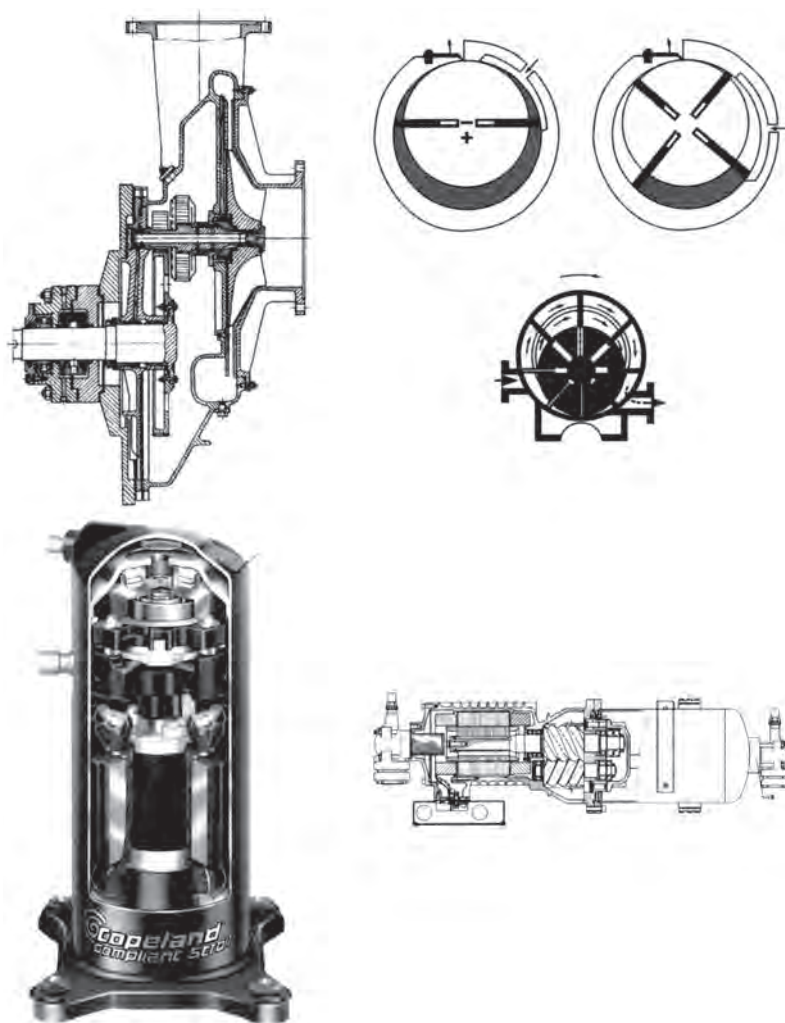
Πέραν των παλινδρομικών συμπιεστών στα επαγγελματικά ψυγεία μεσαίου μεγέθους και σε μεσαία και μικρά κλιματιστικά μηχανήματα χρησιμοποιούνται πλέον και άλλα είδη συμπιεστών όπως:

1. **Φυγοκεντρικοί.** Χρησιμοποιούνται ως κεντρικά συστήματα μεγάλης ισχύος
2. **Περιστροφικοί** (Λεπιδοφόροι). Χρησιμοποιούνται σε θαλάμους συντήρησης νωπών τροφίμων
3. **Κοχλίομορφοι.** Χρησιμοποιούνται σε θαλάμους μεταβλητού φορτίου και σε μικρά ή μεσαία κλιματιστικά.
4. **Scroll Type** (Ελικοειδείς). Χρησιμοποιούνται σε μικρά κλιματιστικά και θαλάμους μικρής ισχύος νωπών λαχανικών.

Στη συνέχεια παραθέτουμε τα σχήματα των διαφόρων ειδών συμπιεστών που χρησιμοποιούνται στα επαγγελματικά ψυγεία.

α. Περιστροφικοί (Rotary) συμπιεστές

Είδη:	Με σταθερή λεπίδα Με κινητή λεπίδα ή λεπίδες
Αποτελείται:	Κύλινδρος Ρότορας Άτρακτος περιστροφής (με έκκεντρο) Στεγανωτική λεπίδα
Μειονεκτήματα:	Δύσκολη επισκευή
Πλεονεκτήματα:	Αθόρυβη λειτουργία Μεγάλος ολικός βαθμός απόδοσης Μικρές διαστάσεις (συγκέντρωση ισχύος) Μεγάλο κόστος κατασκευής
Χρήση:	Για μεγάλο εκτόπισμα σε μέτριες πιέσεις



Σχήμα 4.2.1 Διάφοροι τύποι συμπιεστών

β. Φυγοκεντρικοί

Πλεονεκτήματα:

Λίγα κινούμενα μέρη
Απλό σύστημα λίπανσης
Προσαρμογή σε μεταβολή φορτίου
Μεγάλη περιοχή καλής απόδοσης

Μειονεκτήματα:

Όχι σε μικρές εγκαταστάσεις < 200 kW
Μεγάλες ταχύτητες: Προσοχή σε λίπανση και κραδασμούς

γ. Ελικοειδείς (Scroll)

Πλεονεκτήματα:	Λίγα κινούμενα μέρη Μηδενική επίδραση σταγόνων Αθόρυβη λειτουργία
Μειονεκτήματα:	Μικρά ΔΡ (συμπύεση) & Παροχή

δ. Κοχλιόμορφοι (Κοχλιοειδείς)

Πλεονεκτήματα:	Λίγα κινούμενα μέρη Καλός βαθμός απόδοσης (η%) Μηδενικός επιζήμιος χώρος Αθόρυβη λειτουργία Όχι βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης Μεγάλες πιέσεις κατάθλιψης
Μειονεκτήματα:	Επίδραση βαθμού απόδοσης από μεταβολή στροφών

4.3 Ο Συμπυκνωτής του οικιακού ψυγείου

Ο συμπυκνωτής είναι μια από τις βασικότερες συσκευές των ψυκτικών εγκαταστάσεων. Εισερχόμενο σε αυτόν το υπέρθερμο ψυκτικό αέριο υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης, αποβάλλει θερμότητα προς το μέσον συμπίκνωσης (νερό, αέρας ή και τα δύο) και συμπυκνώνεται. Είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας όπου εναλλάσσεται θερμότητα μεταξύ ψυκτικού αερίου και μέσου συμπίκνωσης. Τη θερμότητα αυτή την εναλλάσσει με το μέσον συμπίκνωσης, αφού κατά τη φάση της συμπίκνωσης το θερμό ψυκτικό αέριο ψύχεται (και υγροποιείται) το δε ψυχρότερο μέσον συμπίκνωσης θερμαίνεται. Η θέση του συμπυκνωτή στα οικιακά ψυγεία είναι στο πίσω και πάνω μέρος του ψυγείου, ώστε να στερεώνεται στην πλάτη του θαλάμου και να διευκολύνεται η ελεύθερη ροή του αέρα. Ο συμπυκνωτής διακρίνεται εύκολα από το σχήμα του που μοιάζει με σχάρα που κρέμεται στο πίσω μέρος του ψυγείου.

Ο συμπυκνωτής που χρησιμοποιείται στους μικρούς οικιακούς ή επαγγελματικούς καταψύκτες είναι βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα τύπου πλάκε με πτερύγια και οριζόντιος (συνήθως).

Στους επαγγελματικούς καταψύκτες και τα μικρά επαγγελματικά ψυγεία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι συμπυκνωτές βεβιασμένης κυκλοφορίας

αέρα που κυκλοφορεί μέσω ανεμιστήρα. Ο αριθμός των σειρών των σωλήνων αερόψυκτου συμπυκνωτή μπορεί να είναι από μια ως οκτώ.

Το ψυκτικό ρευστό κατά τον κύκλο ψύξης απορροφά θερμότητα μέσα στον ατμοποιητή (όταν ατμοποιείται), μέσα στο συμπιεστή (όταν συμπιέζεται) και μέσα στην γραμμή αναρρόφησης (όταν το μήκος της είναι μεγάλο και δεν είναι μονωμένη).

4.3.1 Αποβολή θερμότητας στον συμπυκνωτή

Η αποβολή της θερμότητας σε κάθε συμπυκνωτή γίνεται κατά 3 στάδια:

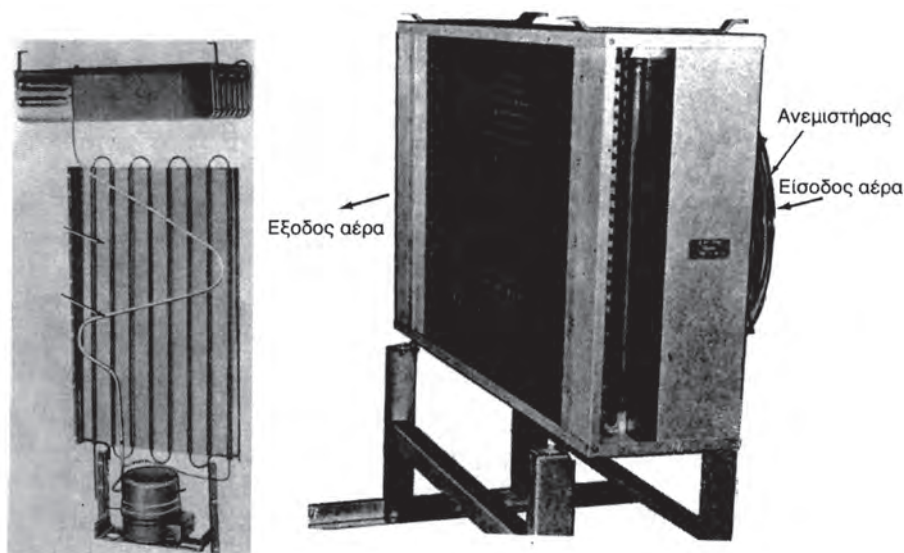
1. Στις πρώτες σωληνώσεις του συμπυκνωτή αποβάλλεται η αισθητή θερμότητα που το ψυκτικό απορρόφησε από το συμπιεστή κατά κύριο λόγο και από την αναρρόφηση.
2. Κατά την κάθοδο του ψυκτικού αερίου στις σωληνώσεις του συμπυκνωτή και την ψύξη του από το μέσον συμπύκνωσης, το ψυκτικό αέριο υγροποιείται, αποβάλλοντας τη θερμότητα, που είχε απορροφήσει εξατμιζόμενο μέσα στον ατμοποιητή (λανθάνουσα θερμότητα).
3. Αν επιτευχθεί πλήρης υγροποίηση του ψυκτικού και συνεχιστεί η ψύξη του, το υγρό αποβάλλει εκ νέου αισθητή θερμότητα και κατεβαίνει η θερμοκρασία του κάτω από το σημείο συμπύκνωσής του, οπότε λέγεται υπόψυκτο υγρό.

Ειδικά για τα οικιακά ψυγεία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι ονομαζόμενοι **αερόψυκτοι συμπυκνωτές** (σχήμα 4.3.1).

Πρόκειται για τους συμπυκνωτές που χρησιμοποιούν ως μέσον συμπύκνωσης τον ατμοσφαιρικό αέρα του περιβάλλοντος.

Χρησιμοποιούνται σε μικρότερες ψυκτικές μονάδες, όπως το οικιακό ψυγείο και σπανίως δε για μεγαλύτερες χωρητικότητες. Είναι εξοπλισμένοι για φυσικό ρεύμα αέρα και δρόσισμα μέσω ανεμιστήρα. Ανάλογα με την κατασκευή διακρίνονται σε απλών σωλήνων, λεπτών σωλήνων, τύπου πλάκας και σειράς η παράλληλου περάσματος. Ο συμβατικός αερόψυκτος συμπυκνωτής αποτελείται από εκτεταμένης επιφάνειας στοιχείο κατά μήκος του οποίου ο ανεμιστήρας ωθεί αέρα. Όταν το θερμό αέριο εισέλθει, υγροποιείται και ρέει σε μια υποδοχή κάτω από το συμπυκνωτή. Οι αερόψυκτοι

συμπυκνωτές πρέπει να τοποθετούνται σε καλά αεριζόμενο μέρος, ώστε ο θερμός αέρας να διαφεύγει και να αντικαθίσταται από δροσερό αέρα. Λόγω απαιτήσεων χώρου, κατασκευάζονται συνήθως με σχετικά μικρή όψη με πολλές σειρές σωληνώσεων σε βάθος. Καθώς ο αέρας εισέρχεται στο συμπυκνωτή, απορροφά θερμότητα και η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται. Συνεπώς, η απόδοση κάθε σειράς μειώνεται, αν και χρησιμοποιούνται συχνά συσκευές με οκτώ σειρές κατά βάθος.



α) Φυσικής κυκλοφορίας αέρα

β) Βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα

Σχήμα 4.3.1 Αερόψυκτοι συμπυκνωτές

4.3.2 Κυκλοφορία αέρα ψύξης

Η κυκλοφορία του αέρα ψύξης γίνεται με δύο τρόπους:

- α) Με φυσική κυκλοφορία όπου ο αέρας ψύξης κυκλοφορεί ελεύθερα λόγω της βαρύτητάς του. Αυτοί οι συμπυκνωτές ονομάζονται ελεύθερης ή φυσικής κυκλοφορίας.
- β) Με βεβιασμένη κυκλοφορία όπου ο αέρας κυκλοφορεί μέσω ανεμιστήρα και η ονομασία τους είναι συμπυκνωτές βεβιασμένης (τεχνικής) κυκλοφορίας. Ο αριθμός των σειρών των σωλήνων αερόψυκτου συμπυκνωτή μπορεί να είναι από μια ως οκτώ. Στις πρώτες σειρές των σωλήνων ο αέρας απορροφά μεγαλύτερη θερμότητα από το ψυκτικό

αέριο, σε σύγκριση με τις τελευταίες σωληνώσεις, όπου απορροφά λιγότερη θερμότητα, επειδή η θερμοκρασία του αέρα έχει ανέβει ήδη στη διαδρομή και επομένως υπάρχει μικρότερο ΔT .

Για την παροχή του απαιτούμενου αέρα ψύξης χρησιμοποιούνται αξονικοί ανεμιστήρες, οι οποίοι ωθούν τον αέρα προς τις σωληνώσεις του συμπυκνωτή και ανεμιστήρες που έλκουν τον αέρα προς την εσωτερική επιφάνεια του συμπυκνωτή.

Οι συμπυκνωτές βεβιασμένης κυκλοφορίας παρουσιάζουν κάποιο θόρυβο, έχουν υψηλότερο κόστος, καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, απαιτούν όμως μικρή επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας και καταλαμβάνουν μικρό χώρο.

Οι ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται για την συντήρηση της απαραίτητης παροχής αέρα στο συμπυκνωτή είναι **ανεμιστήρες κατάθλιψης** και ωθούν αέρα προς τις σωληνώσεις του συμπυκνωτή. Σημαντικό πλεονέκτημα των συμπυκνωτών βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι η αυξομείωση της ικανότητάς τους με αυξομείωση της παροχής αέρα, και η εξοικονόμηση χώρου λόγω μικρής επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας. Μειονέκτημα είναι η θορυβώδης λειτουργία, οι κραδασμοί, το κόστος παραγωγής και λειτουργίας.

4.3.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη απόδοσης συμπυκνωτή

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη που συναρτώνται με την απόδοση του συμπυκνωτή είναι:

1. Θερμοκρασία συμπύκνωσης ψυκτικού μέσου.
2. Θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου αέρα
3. Ταχύτητα αέρα

4.3.4 Προσδιορισμός θερμικής απόδοσης του συμπυκνωτή.

Ο προσδιορισμός θερμικής απόδοσης του συμπυκνωτή $\left(\overset{\circ}{Q}_{\Sigma} \right)$ προκύπτει από τη σχέση:

$$\left(\overset{\circ}{Q}_{\Sigma} \right) = \dot{m}_{\rho, \text{αερ}} \overset{\circ}{C}_{\rho, \text{αερ}} \Delta T_{\text{αερ}} = \dot{V}_{\rho \text{αερ}} \overset{\circ}{C}_{\rho, \text{αερ}} \Delta T_{\text{αερ}} \quad (4.10)$$

όπου:

ή προσεγγιστικά:

$$\dot{Q}_\Sigma = \dot{V} \cdot 0,34 \cdot \Delta T_{\text{αερ}} \quad \text{Watt} \quad (4.11)$$

όπου:

$\dot{V}$: Παροχή όγκου (m^3/h). Απαιτούνται 350-500 m^3/h για κάθε kW
(1 kW = 860 kcal/h)

$\Delta T_{\text{αερ}}$: Θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα (K)

$\rho_{\text{αερ}}$: Πυκνότητα αέρα = 1,2 kg/ m^3 .

$C_{p, \text{αερ}}$: Θερμοχωρητικότητα αέρα 1 kJ/kgK = 0,29 kcal/hkgK.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.7

Να βρεθεί η ικανότητα αερόψυκτου συμπυκνωτή σε (kW), αν μετρήθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία.

α) Ποσό διερχόμενου αέρα 4000 m^3/h

β) Θερμοκρασία εισερχόμενου αέρα (περιβάλλοντος) 30°C

γ) Θερμοκρασία εξερχόμενου αέρα 40°C

Λύση:

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot 0,34 \cdot \Delta T = 4000 \cdot 0,34 \cdot (40 - 30) \Rightarrow \dot{Q} = 13600 \text{ W (13,6 kW)}$$

4.3.5 Επιλογή αερόψυκτων συμπυκνωτών

Η επιλογή των αερόψυκτων συμπυκνωτών εκτελείται λαμβάνοντας υπόψη τα (από πίνακες κατασκευαστών):

1. Ψυκτική ικανότητα συμπυκνωτή
2. Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος
3. Μέγιστη θερμοκρασία συμπύκνωσης
4. Θερμοκρασία ατμοποίησης

4.3.6 Συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας συμπυκνωτή.

Όλοι οι τύποι καταψυκτών έχουν **αερόψυκτους** συμπυκνωτές, όπως είδαμε στην παράγραφο 4.3. Για να πραγματοποιηθεί ικανοποιητική **συμπύκνωση** του ψυκτικού μέσου σε αυτούς τους συμπυκνωτές πρέπει η θερμοκρασία του συμπυκνωτή να είναι από **10°C - 20°C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος**. Κανονικά, ο καταψύκτης τοποθετείται σε χώρους που έχουν θερμοκρασίες άνετης διαβίωσης για το καλοκαίρι, δηλ. θερμοκρασίες που κυμαίνονται από **20°C - 33°C** ή ακόμη καλύτερα από **18°C - 27°C**. Αν αυτό δε συμβαίνει, αν δηλ. ο συμπυκνωτής λειτουργεί σε περιβάλλον με πολύ **δυσμενείς συνθήκες**, π.χ. συνθήκες καύσωνα (38°C - 42°C), τότε για να πραγματοποιείται συμπύκνωση θα πρέπει ο συμπυκνωτής να έχει θερμοκρασία **τουλάχιστον 55°C**. Αυτό σημαίνει πολύ **μεγαλύτερη πίεση κατάθλιψης στο συμπιεστή**, οπότε, αν λάβουμε υπόψη μας και τη χαμηλή θερμοκρασία και συνεπώς χαμηλή πίεση αναρρόφησης, επειδή πρόκειται για καταψύκτη συμπεραίνουμε πως **αυξάνει πολύ ο λόγος συμπίεσης**, με αποτέλεσμα να **ελαττώνεται η απόδοση** του συμπιεστή και επομένως ολόκληρου του καταψύκτη. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι είτε ο θάλαμος του καταψύκτη δεν “πιάνει” τη θερμοκρασία σχεδιασμού που ορίζει ο κατασκευαστής ή ότι ο συμπιεστής πρέπει να λειτουργεί σχεδόν συνέχεια και επομένως να καταπονείται πολύ περισσότερο. Η κατάσταση αυτή επιδεινώνεται, όταν ο συμπυκνωτής είναι **φυσικής κυκλοφορίας αέρα**, οπότε η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ συμπυκνωτή και αέρα περιβάλλοντος πρέπει να είναι **2°- 3°C μεγαλύτερη** απ’ ό,τι στον συμπυκνωτή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Στη συνέχεια, δίνουμε δύο παραδείγματα για να γίνει αντιληπτή η επιβάρυνση του συμπιεστή και συνεπώς ολόκληρου του καταψύκτη, όταν αλλάζουν οι συνθήκες περιβάλλοντος του συμπυκνωτή.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.8

Ένας καταψύκτης με συμπυκνωτή εξαναγκασμένης ροής αέρα λειτουργεί με το ψυκτικό R-22 και ο συμπιεστής του αναρροφά τους ατμούς του ψυκτικού στους -28°C, ενώ ο συμπυκνωτής λειτουργεί σε περιβάλλον θερμοκρασίας 25°C. Ο καταψύκτης αυτός μεταφέρεται σε χώρο με θερμοκρασία 36°C. Να υπολογισθεί ο λόγος συμπίεσης του συμπιεστή για τις δύο

περιπτώσεις λειτουργίας, αν υποθέσουμε, ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ συμπυκνωτή και αέρα περιβάλλοντος πρέπει να είναι 10°C , ώστε ο συμπυκνωτής να λειτουργεί σωστά.

Επίλυση: Στην πρώτη περίπτωση ο συμπυκνωτής θα έχει θερμοκρασία: $T_{\sigma 1} = 25 + 10 = 35^{\circ}\text{C}$, οπότε η πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή θα είναι: $P_{\kappa 1} = 13,566 \text{ bar}$ (από τους θερμοδυναμικούς πίνακες του R-22 που δίνονται στο Κεφ. 3). Επίσης, επειδή η θερμοκρασία αναρρόφησης των ατμών του R-22 από τον εξατμιστή είναι -28°C , παίρνουμε πάλι από τους πίνακες ότι η πίεση αναρρόφησης του συμπιεστή είναι: $P_a = 1,774 \text{ bar}$. Συνεπώς, ο λόγος συμπίεσης θα είναι:

$$r_1 = \frac{P_{\kappa 1}}{P_a} = \frac{13,556}{1,774} = 7,65$$

Αν ο καταψύκτης μεταφερθεί σε χώρο με θερμοκρασία αέρα 36°C , τότε θα λειτουργεί με θερμοκρασία $T_{\sigma 2} = 36 + 10 = 46^{\circ}\text{C}$. Επομένως, η πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή θα είναι: $P_{\kappa 2} = 17,702 \text{ bar}$ (από τους ίδιους πίνακες). Επίσης, η πίεση αναρρόφησης του συμπιεστή θα είναι πάλι: $P_a = 1,776 \text{ bar}$, επειδή δεν αλλάζει η θερμοκρασία αναρρόφησης των ατμών. Επομένως, ο λόγος συμπίεσης γίνεται τώρα:

$$r_2 = \frac{P_{\kappa 2}}{P_a} = \frac{17,700}{1,774} = 9,98$$

Η **ποσοστιαία αύξηση** του λόγου συμπίεσης είναι: $\frac{9,98 - 7,65}{7,65} = 30\%$ δηλ. σημαντικότερη αύξηση με δυσμενή επίδραση στο συμπιεστή και στον καταψύκτη.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.9

Αν υποθέσουμε ότι ο καταψύκτης του προηγούμενου παραδείγματος έχει συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας, ότι οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι ίδιες τόσο για την πρώτη, όσο και για τη δεύτερη θέση του καταψύκτη και ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ συμπυκνωτή και περιβάλλοντα αέρα πρέπει να είναι τώρα αυξημένη κατά 3°C , τότε να υπολογισθούν οι λόγοι συμπίεσης για τις δύο θέσεις του καταψύκτη.

Επίλυση: Στην πρώτη θέση του καταψύκτη, όπου ο αέρας περιβάλλοντος έχει θερμοκρασία 25°C, ο συμπυκνωτής λειτουργεί με θερμοκρασία: $T_{\sigma 1} = 25 + 10 + 3 = 38^\circ\text{C}$, επειδή είναι φυσικής κυκλοφορίας του αέρα. Η θερμοκρασία αυτή αντιστοιχεί (από τους πίνακες για το R-22) σε πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή: $P_{\kappa 1} = 14,616 \text{ bar}$, ενώ η πίεση αναρρόφησης των ατμών ψυκτικού θα είναι πάλι: $P_a = 1,774 \text{ bar}$. Οι τιμές αυτές πιέσεων δίνουν λόγο συμπίεσης στο συμπιεστή:

$$r_1 = \frac{P_{\kappa 1}}{P_a} = \frac{14,616}{1,774} = 8,24$$

Όταν ο καταψύκτης μεταφερθεί σε χώρο με αέρα περιβάλλοντος 36°C (δυσμενείς συνθήκες), τότε ο συμπυκνωτής του θα λειτουργεί με θερμοκρασία: $T_{\sigma 2} = 36 + 10 + 3 = 49^\circ\text{C}$ που σημαίνει ότι η πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή θα είναι: $P_{\kappa 2} = 18,967 \text{ bar}$, ενώ η πίεση αναρρόφησης παραμένει: $P_a = 1,774 \text{ bar}$. Επομένως, ο νέος λόγος συμπίεσης που λειτουργεί ο συμπιεστής θα είναι:

$$r_2 = \frac{P_{\kappa 2}}{P_a} = \frac{18,967}{1,774} = 10,69$$

Η ποσοστιαία αύξηση του λόγου συμπίεσης, όταν ο συμπυκνωτής του καταψύκτη είναι φυσικής κυκλοφορίας, ανέρχεται σε: $\frac{10,69 - 8,24}{8,24} = 30\%$,

δηλ. περίπου ίδια με αυτή του προηγούμενου παραδείγματος. Ωστόσο, ο συμπιεστής του καταψύκτη που έχει συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας λειτουργεί και στις δύο θέσεις με μεγαλύτερους λόγους συμπίεσης απ' ό,τι ο συμπιεστής του καταψύκτη με συμπυκνωτή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές των καταψυκτών θεωρούνται **αποδοτικότεροι**, όταν αποβάλλουν την ίδια θερμότητα συμπύκνωσης με μικρότερη όμως θερμοκρασιακή διαφορά από τον αέρα περιβάλλοντος. Αν, για παράδειγμα, ένας συμπυκνωτής φυσικής κυκλοφορίας λειτουργεί σε θερμοκρασία συμπύκνωσης 50°C και απορρίπτει ίση θερμότητα συμπύκνωσης με έναν άλλο συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας ίδιας επιφάνειας που λειτουργεί σε θερμοκρασία συμπύκνωσης 58°C, τότε ο πρώτος θεωρείται πως έχει καλύτερο βαθμό απόδοσης από το δεύτερο, εφόσον βέβαια οι δύο καταψύκτες βρίσκονται στον ίδιο χώρο ή σε χώρους με κοινή

θερμοκρασία αέρα. Για να λειτουργεί κανονικά ο συμπυκνωτής, πρέπει να εξασφαλίζεται **ομαλή κυκλοφορία** του αέρα περιβάλλοντος, δηλ. ο καταψύκτης πρέπει να τοποθετείται σε ικανοποιητική απόσταση από τους τοίχους και τα έπιπλα της κουζίνας ή των άλλων χώρων και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να τοποθετείται μέσα σε εσοχές ή κοιλότητες.

4.4 Εκτονωτικές διατάξεις (στραγγαλιστικές βαλβίδες)

Εκτονωτική διάταξη είναι αυτή που προορίζεται για να εκτελεί τις βασικότερες λειτουργίες του ψυκτικού συγκροτήματος, όπως:

1. Ελέγχει την ακριβή ποσότητα του διερχόμενου ψυκτικού μέσου, ώστε ο ατμοποιητής να μην παρουσιάζει έλλειψη ή υπερχείλιση ψυκτικού, με αποτέλεσμα η μονάδα να εργάζεται με τη μέγιστη δυνατή απόδοση χωρίς να υπερφορτίζεται.
2. Προκαλεί την ισενθαλπική εκτόνωση από την υψηλή πίεση του συμπυκνωτή στη χαμηλή που λειτουργεί ο ατμοποιητής. Το ψυκτικό εισέρχεται στον ατμοποιητή σε θερμοκρασία και πίεση ατμοποίησης.

Οι διάφορες εκτονωτικές διατάξεις λειτουργούν κατά διάφορο τρόπο και καλύπτουν ειδικές απαιτήσεις η κάθε μια.

Τα είδη των εκτονωτικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται σε οικιακά ψυγεία, μικρούς οικιακούς ή επαγγελματικούς καταψύκτες και επαγγελματικά ψυγεία, είναι:

1. Ο τριχοειδής σωλήνας.
2. Η θερμοστατική εκτονωτική διάταξη.

4.4.1 Ο τριχοειδής σωλήνας

Ο **τριχοειδής σωλήνας** είναι εκτονωτική διάταξη η οποία χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο στις πολύ μικρές και παλιές ψυκτικές διατάξεις, όπως π.χ. οικιακά ψυγεία και κλιματιστικές συσκευές δωματίου (σχήμα 4.4.1). Παλαιότερα εύρισκαν χρήση και σε μικρές επαγγελματικές μονάδες. Ο τριχοειδής σωλήνας τοποθετείται στο τέλος της σχάρας του συμπυκνωτή (κάτω μέρος) και μέσω του μονωτικού υλικού εισέρχεται στο θάλα-

μο κατάψυξης του οικιακού ψυγείου. Μερικές φορές (σε σύγχρονα οικιακά ψυγεία) ο τριχοειδής σωλήνας διέρχεται μέσα από το σωλήνα εξόδου του ατμοποιητή για τη δημιουργία υπερθέρμανσης του ψυκτικού μέσου. Ο σκοπός που εκπληροί σε μια εγκατάσταση οριοθετείται στα:

1. Ελέγχει την ποσότητα του ψυκτικού μέσου.
2. Μεταβάλλει την υψηλή πίεση και θερμοκρασία στα επίπεδα λειτουργίας του ατμοποιητή.

Λόγω της δυσκολίας που παρουσιάζει στην αντιμετώπιση διακύμανσης φορτίου, τόσο από την πλευρά του προς ψύξη χώρου, όσο και από την πλευρά του χώρου απόρριψης της θερμότητας, έχει αρχίσει η σταδιακή απόσυρσή της με τη διαδοχή άλλων πλέον αξιόπιστων διατάξεων.



Σχήμα 4.4.1 Τριχοειδής σωλήνας.

Πλεονεκτήματα:

Μικρό κόστος (1:50),

Εξίσωση πιέσεων κατά τη διακοπή, μικρό ΔΡ εκκίνησης συμπιεστή, μικρή ροπή εκκίνησης,

Έλλειψη φθορών λόγω τριβών, δεν απαιτεί συντήρηση,

Δεν απαιτείται συλλέκτης υγρού, απαιτεί όμως προσεκτική φόρτιση με κρίσιμη ποσότητα ψυκτικού μέσου.

Μειονεκτήματα:

Προσοχή κατά τη φόρτιση στην ποσότητα του ψυκτικού μέσου γιατί

λόγω μικρής διαμέτρου και μεγάλου μήκους παρουσιάζει πιθανότητα φραγής από σωματίδια και υγρασία.

Δε ρυθμίζεται κατά τη λειτουργία, απαιτεί προσεκτική εκλογή.

Η ικανότητα του τριχοειδή καθορίζεται από:

1. Μήκος,
2. Εσωτερική διάμετρο,
3. Αριθμό σπειρών,
4. Θερμοκρασία περιβάλλοντος τριχοειδή.

Πίνακας 4.4.1 Διαστάσεις τριχοειδών σωλήνων

Ισχύς	Διάμετρος (mm)	Τύπος H/M/L, μήκος (m)
1/8	0,8	0,3/1,2/2,7
	0,9	0,6/2,4/5,4
	1,0	1,0/3,9/8,8
1/3	0,8	- / - /0,5
	1,4	-/2,88/10,75

Προσοχή στην επιλογή:

- Αύξηση της διαμέτρου D απαιτεί ανάλογη αύξηση L για σταθερό φορτίο
- Μείωση θερμοκρασίας ατμοποίησης φέρει μείωση D η αύξηση L

Βλάβες: κυρίως φραγή από ξένα σώματα, κερί (παραφίνη), δημιουργία πάγου, τσάκισμα.

4.4.2 Θερμοστατική εκτονωτική διάταξη (σταθερής υπερθέρμανσης ΘΕΒ)

Η θερμοστατική εκτονωτική διάταξη, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει, έχει αντικαταστήσει τις περισσότερες από αυτές που κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί. Το βασικό χαρακτηριστικό της είναι η διατήρηση σταθερής υπερθέρμανσης στον ατμοποιητή ανεξάρτητα από το φορτίο στο οποίο αυτός είναι υποχρεωμένος να ανταποκριθεί. Αποτέλεσμα αυτής της λειτουργίας είναι ότι ο ατμοποιητής τροφοδοτείται πάντα με την ποσότητα του ψυκτικού που απαιτείται από το παρουσιαζόμενο ψυ-

κτικό φορτίο. Η επιθυμητή θερμοκρασία στον ψυκτικό θάλαμο διατηρείται σταθερή χωρίς τη χρησιμοποίηση θερμοστάτη. Η διάταξη αυτή λειτουργεί λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία του ατμοποιητή και όχι την πίεση.

Η θερμοστατική εκτονωτική διάταξη αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη, σχήμα 4.4.2:

- α) Κύριο σώμα ΘΕΒ.
- β) Διάφραγμα (φουσητήρας) ΘΕΒ.
- γ) Βελόνη με την έδρα της ΘΕΒ.
- δ) Ελατήριο υπερθέρμανσης και ρυθμιστικό κοχλία ΘΕΒ.
- ε) Αισθητήριο θερμοκρασίας (Βολβό) ΘΕΒ.

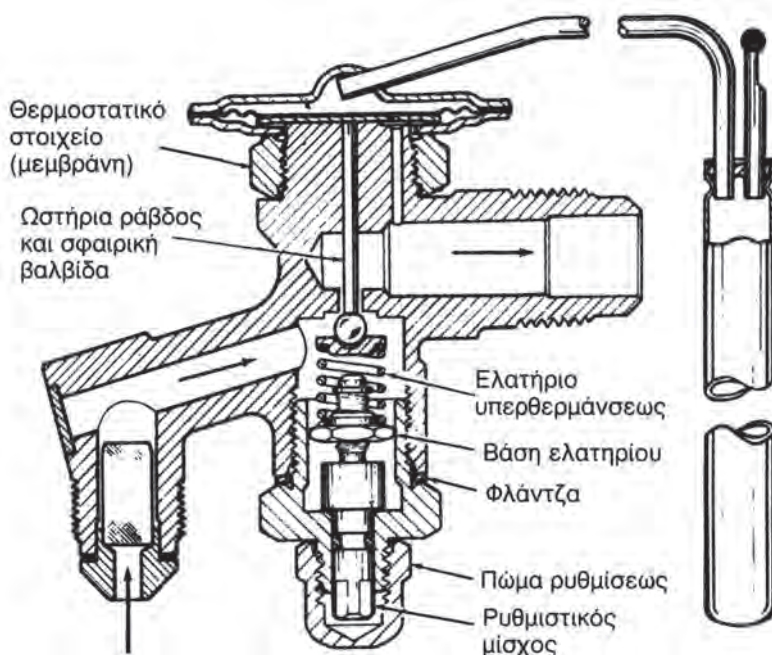
Κύριο χαρακτηριστικό της θερμοστατικής εκτονωτικής διάταξης είναι το αισθητήριο θερμοκρασίας, συνήθως είναι κλειστός χώρος συμπληρωμένος με το αυτό ψυκτικό υγρό που κυκλοφορεί και στην εγκατάσταση. Το αισθητήριο θερμοκρασίας της θερμοστατικής εκτονωτικής διάταξης τοποθετείται στην έξοδο του ατμοποιητή.

Η λειτουργία της θερμοστατικής εκτονωτικής διάταξης παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4.3.

Το ψυκτικό μέσον του αισθητηρίου θερμοκρασίας (ή το πτητικό υγρό,) επηρεαζόμενο από τις αλλαγές θερμοκρασίας του ψυκτικού μέσου στην έξοδο του ατμοποιητή (λόγω των μεταβολών του ψυκτικού φορτίου) διογκώνεται, με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης P_1 , και επομένως την αντίστοιχη αύξηση της δύναμης F_1 που ενεργεί στο φουσητήρα. Οι κινήσεις του φουσητήρα που προκαλούνται από τη μεταβολή της F_1 ανοίγουν με τη βοήθεια βάρου τη βαλβίδα εισόδου του ψυκτικού Β.

Στη ΘΕΒ, επικρατεί ισορροπία δυνάμεων λόγω πιέσεων μέσα από τη σχέση:

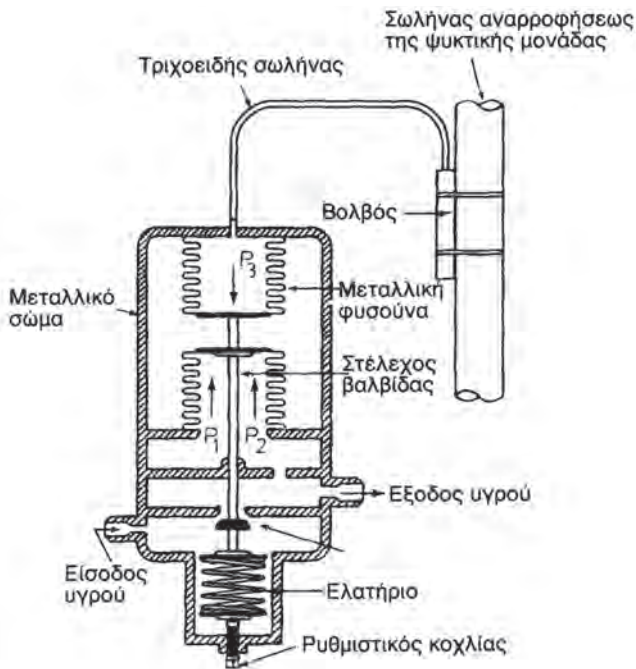
$$F_{\text{patm}} + F_{\text{ρελατ}} = F_{\text{Pβολβ.}} \quad (4.12)$$



Σχήμα 4.4.2 Θερμοστατική εκτονωτική διάταξη

Η υπερθέρμανση ρυθμίζεται σε τιμές μεταξύ 4-6K. Ο έλεγχος της υπερθέρμανσης δύναται να εκτελεσθεί μέσω:

- **Μανομέτρου χαμηλής πίεσης** και θερμομέτρου επαφής. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να ληφθεί υπόψη η πτώση πίεσης στον ατμοποιητή που εκτιμάται σε ύψος περί τα 4 torr.
- **Με χρήση δυο θερμομέτρων** για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ατμοποίησης και της θερμοκρασίας εξόδου από τον ατμοποιητή.



Σχήμα 4.4.3 Λειτουργία της θερμοστατικής εκτονωτικής διάταξης

Στην περίπτωση μέτρησης με θερμόμετρο απαιτείται ιδιαίτερη επιμέλεια και προσοχή στην επαφή των θερμομέτρων για σωστή ένδειξη, καθώς και η χρησιμοποίηση θερμομέτρων με σχετική ευαισθησία για ακρίβεια στη μέτρηση.

Η πτώση πίεσης που παρατηρείται στους ατμοποιητές είναι ανάλογη του μεγέθους (μήκος, επιφάνεια ατμοποιητή). Σε μεγάλου μήκους ατμοποιητές, όπου παρατηρείται πτώση πίεσης της τάξης των 17 torr (1 torr = πίεση που ασκεί στήλη υδραργύρου ύψους 1mm και ισοδυναμεί με: 133,32Pa), η ρύθμιση της ΘΕΒ δεν είναι δυνατή και η λειτουργία της οδηγεί σε πολύ μεγαλύτερη υπερθέρμανση από την επιθυμητή.

Στους ατμοποιητές αυτούς δημιουργήθηκαν δυο προβλήματα:

- α) Σημαντική θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ έναρξης και πέρατος ατμοποίησης, λόγω μεγάλου $\Delta P_{ατμ}$ (σχήμα 4.4.4).
- β) Σημαντική αύξηση της υπερθέρμανσης λόγω της ρύθμισης της ΘΕΒ, η οποία λαμβάνει υπόψη την αρχική πίεση ατμοποίησης και όχι την πτώση πίεσης στον ατμοποιητή (σχήμα 4.4.4)

Τα παραπάνω παρουσιάζουν δυο αρνητικά αποτελέσματα:

- 1ο. Ανισοκατανομή της θερμοκρασίας στο θάλαμο.
- 2ο. Δεν αξιοποιείται ο ατμοποιητής, με μείωση της εκμεταλλεύσιμης επιφάνειας του (όγκου) του.

Γενικά, η πτώση πίεσης πρέπει να κυμαίνεται σε όρια ανάλογα με τη χρήση της συσκευής. Π.χ., σε κλιματιστικά μηχανήματα επιτρέπεται πτώση πίεσης μέχρι 4 torr, σε ψυκτικές εγκαταστάσεις συντήρησης ή κατάψυξης (0 - -18°C) μέχρι 3 torr και σε ψύκτες πολύ χαμηλών θερμοκρασιών (18 - -40°C) μέχρι 1,0 torr.

Σε περίπτωση με διανεμητή υγρού η χρήση του εξωτερικού εξισωτή πίεσης είναι απαραίτητη. Η διάμετρος σύνδεσης του εξωτερικού εξισωτή είναι 6 mm και η θέση σύνδεσής του σε απόσταση 150 - 200 mm από το βολβό ελέγχου υπερθέρμανσης.

Στην περίπτωση που δεν ελέγχεται η πίεση εξόδου παρουσιάζεται μεταβολή της θερμοκρασίας ατμοποίησης κατά μήκος του ατμοποιητή και αξιοποίηση του ατμοποιητή (βελτιστοποίηση του βαθμού εκμετάλλευσης). Με επίδραση της πίεσης και εξισορρόπηση των πιέσεων εισόδου - εξόδου σταθεροποιείται η θερμοκρασία ατμοποίησης με αντίστοιχη μείωση της αξιοποίησης του ατμοποιητή.

Ο βολβός της ΘΕΒ πρέπει να τοποθετείται στη θέση του (συνήθως 150 - 200 mm από το τέλος του ατμοποιητή) με τρόπο ειδικά επιμελημένο, ώστε να εξασφαλίζονται:

- Πολύ καλή επαφή με σωλήνα. Προϋπόθεση ο καλός καθαρισμός και η σύσφιξη με κολάρο.
- Να βρίσκεται σε οριζόντια θέση. Να μονώνεται ο βολβός, όταν προβλέπεται κίνδυνος κακής επαφής και ένδειξης. Ειδική μέριμνα σε εμβαπτιζόμενους ατμοποιητές.

γ) Αύξηση ΔP_{av} και παράλληλη μείωση υπερθέρμανσης ($\Delta T_{υπ}$)

- Μεγάλη εκτονωτική διάταξη,
- Μικρή υπερθέρμανση - κακή ρύθμιση,
- Λανθασμένη θέση βολβού ή κακή επαφή,
- Μικρός συμπιεστής,
- Φραγμένος εξωτερικός εξισωτής.

δ) Αύξηση ΔP_{av} και παράλληλη αύξηση υπερθέρμανσης ($\Delta T_{υπ}$)

- Μικρός συμπιεστής ή μεγάλος ατμοποιητής,
- Διαρροή στη βαλβίδα κατάθλιψης συμπιεστή,
- Απότομη αύξηση του ψυκτικού φορτίου.

4.5 Ο Ατμοποιητής (εξατμιστής)

Ο ατμοποιητής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμεύει για την απορρόφηση θερμότητας από το χώρο που προορίζεται για δημιουργία ψύχους. Είναι το τμήμα εκείνο της ψυκτικής διάταξης στο οποίο το ψυκτικό υγρό μετατρέπεται σε αέριο, αφαιρώντας ποσά από το περιβάλλον του ατμοποιητή.

Ο ατμοποιητής βρίσκεται στον προς ψύξη χώρο στον οποίο τοποθετούνται και τα προς ψύξη προϊόντα. Συγκεκριμένα, περιβάλλει εσωτερικά το χώρο της κατάψυξης και επομένως έχει σχήμα εύκαμπτης πλάκας έτσι, ώστε να τοποθετούνται τα προς κατάψυξη προϊόντα. Έτσι, το ψεκαζόμενο στον ατμοποιητή ψυκτικό υγρό, για να εξατμιστεί, αφαιρεί θερμότητα από το χώρο και έμμεσα από τα προϊόντα που βρίσκονται στον ψυχόμενο χώρο. Αφαιρώντας όμως θερμότητα από το θάλαμο και τα προϊόντα, συντελείται ανάλογη πτώση της θερμοκρασίας, δηλαδή ψύξη. (σχήμα 4.5.1)

Η θερμότητα που προκαλεί την ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου λαμβάνεται από το χώρο και τα ψυχόμενα προϊόντα που περιέχονται σε αυτόν. Αυτή η διαδικασία της απορρόφησης της θερμότητας ολοκληρώνεται με τη διατήρηση της σερπαντίνας ή της επίπεδης πλάκας του ατμοποιητή σε μια χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία του προς ψύξη χώρου.

Ένας πολύ σπουδαίος παράγοντας στην ψύξη είναι η **θερμοκρασία βρασμού** του υγρού ψυκτικού μέσου που καθορίζει τη θερμοκρασία ατμοποίησης.



Σχήμα 4.5.1 Ατμοποιητής

Η απαιτούμενη θερμότητα λαμβάνεται από το χώρο γύρω από τον ατμοποιητή μέσω των μεταλλικών μερών του και απορροφάται από το ψυκτικό για να γίνει η πλήρης ατμοποίησή του. Επομένως ο ατμοποιητής δεν παρέχει ψύξη στο θάλαμο αλλά δημιουργεί πτώση θερμοκρασίας, λόγω αφαίρεσης του αναγκαίου ποσού θερμότητας για την ατμοποίηση του ψυκτικού. Ο ατμοποιητής συναντάται και ως εξαερωτής, ψύκτης, στοιχείο ψύξης ή και απλώς στοιχείο.

4.5.1 Ατμοποιητές οικιακών και μικρών επαγγελματικών ψυγείων.

Στα οικιακά ψυγεία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι ατμοποιητές ψύξης αέρα.

Ατμοποιητές ψύξης αέρα.

Είναι οι ατμοποιητές οι οποίοι ψύχουν τον αέρα ενός κλειστού χώρου και μέσω του αέρα τα προς συντήρηση προϊόντα. Οι ατμοποιητές ψύξης αέρα διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- Φυσικής κυκλοφορίας αέρα
- Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα

Ατμοποιητές φυσικής κυκλοφορίας αέρα

Στους ατμοποιητές φυσικής κυκλοφορίας ο αέρας του θαλάμου ερχόμενος σε επαφή με την ψυχρή επιφάνεια του ατμοποιητή ψύχεται, το ειδικό βάρος του γίνεται μεγαλύτερο και κατέρχεται προς τα κατώτερα στρώματα

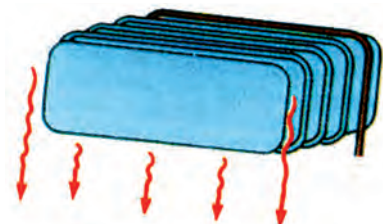
του θαλάμου. Νέος αέρας παίρνει τη θέση του για να ψυχθεί και αυτός, ακολουθώντας την κίνηση του προηγούμενου και δημιουργώντας ένα κύκλο συνεχούς κίνησης αέρα έως ότου επέλθει θερμική ισορροπία εντός του θαλάμου. Η κίνηση του αέρα μέσα στο θάλαμο, γίνεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικής επιφάνειας του ατμοποιητή και του αέρα του θαλάμου. Η ταχύτητα με την οποία κινείται ο αέρας στο θάλαμο εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ατμοποιητή και του αέρα του ψυγείου. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ταχύτητα του αέρα στο ψυγείο. Οι ατμοποιητές φυσικής κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται εκεί που δεν επιτρέπεται μεγάλη αφαίρεση υγρασίας, όπως ψυγεία οικιακής χρήσης, εμπορικά ψυγεία κ.ά. και εκεί όπου η ταχύτητα του αέρα στο θάλαμο ψύξης πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα λόγω της φύσης των συντηρούμενων προϊόντων. Η πλέον κατάλληλη θέση των ατμοποιητών φυσικής κυκλοφορίας αέρα είναι η οροφή του ψυγείου.

Συναντώνται σε πολλές μορφές και σχήματα ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν.

Γενικά, μπορούν να καταταχθούν στους παρακάτω τύπους:

- Ατμοποιητές γυμνών σωλήνων
- Ατμοποιητές με πτερύγια
- Ατμοποιητές τύπου πλάκας

Οι ατμοποιητές γυμνών σωλήνων είναι πάρα πολύ απλοί στην κατασκευή τους. Αποτελούνται από χάλκινους σωλήνες διάφορων διαμέτρων, οι οποίοι διαμορφώνονται σε σχήματα που ταιριάζουν στα ψυγεία που θα τοποθετηθούν. Ως εκτονωτικό μέσον χρησιμοποιείται συνήθως θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, η οποία ρυθμίζεται έτσι, ώστε να είναι ενεργό όλο το μήκος του σωλήνα. Χρησιμοποιούνται σε ψυγεία θερμοκρασιών κάτω του μηδενός και σε περιπτώσεις ψύξης υγρών.



Σχήμα 4.5.2 Ατμοποιητής κοινού οικιακού ψυγείου

Ο δεύτερος τύπος ατμοποιητών φυσικής κυκλοφορίας είναι οι πτερυγιοφόροι. Αποτελούνται από χαλκοσωλήνες διάφορων διαμέτρων επί των οποίων περνιούνται μεταλλικά πτερύγια στα οποία έχουν δημιουργηθεί τρύπες με διάμετρο ανάλογη προς τη διάμετρο των χρησιμοποιούμενων σωλήνων. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η απόδοση του ατμοποιητή.

Οι ατμοποιητές τύπου πλάκας αποτελούνται από οφιοειδείς χάλκινους η αλουμινένιους σωλήνες, οι οποίοι επικαλύπτονται από φύλλα αλουμινίου με κατάλληλη διαμόρφωση προς το σχήμα των σωλήνων. Οι ατμοποιητές αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στα οικιακά ψυγεία λόγω του χαμηλού κόστους κατασκευής τους και τον εύκολο καθαρισμό τους. Δεν αποκλείεται όμως η χρήση τους και σε άλλες ψυκτικές μονάδες χαμηλών θερμοκρασιών.

Η ικανότητα των ατμοποιητών φυσικής κυκλοφορίας αέρα ορίζεται από τη θερμότητα που φτάνει στην εσωτερική επιφάνεια του ατμοποιητή από τον ψυχόμενο χώρο με αγωγή, συναγωγή (μεταφορά) και ακτινοβολία. Από την εξωτερική επιφάνεια του ατμοποιητή η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγή στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα απ' όπου παραλαμβάνεται από το ψυκτικό ρευστό κατά την ατμοποίηση του. Το ποσό της θερμότητας που αφαιρεί ο ατμοποιητής από τον αέρα του ψυκτικού θαλάμου στη μονάδα του χρόνου ονομάζεται ικανότητα του ατμοποιητή και μετράται σε kW.

Ατμοποιητές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Κύριο χαρακτηριστικό των ατμοποιητών εξαναγκασμένης (βεβιασμένης) κυκλοφορίας αέρα είναι η παρουσία ηλεκτρικού ανεμιστήρα ή ανεμιστήρων. Κατά κανόνα είναι ατμοποιητές πτερυγιοφόροι (με λαμάκια) στην επιφάνεια των οποίων ο αέρας εξαναγκάζεται να κινείται με τη βοήθεια των ανεμιστήρων που τοποθετούνται στην οροφή του θαλάμου, ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη κυκλοφορία του αέρα. Η θέση του ατμοποιητή παίζει σπουδαίο ρόλο στη γενική απόδοση της εγκατάστασης. Κακή θέση προκαλεί ανομοιόμορφη ψύξη και αντισοικονομική λειτουργία μονάδας.

Ένας από τους σπουδαιότερους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ατμοποιητών είναι και η ταχύτητα με την οποία κινείται ο αέρας στην επιφάνειά τους. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα του αέρα, τόσο αυξάνεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας και η ικανότητα των ατμοποιητών. Ο έλεγχος της ταχύτητας του αέρα

στους ατμοποιητές φυσικής κυκλοφορίας αέρα είναι σχεδόν αδύνατος και μεταβάλλεται ανάλογα με τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα του θαλάμου και του ψυκτικού υγρού.

Στην περίπτωση των ατμοποιητών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα ο αέρας κατανέμεται ομοιόμορφα και με σταθερή ταχύτητα στην επιφάνεια των ατμοποιητών με τη βοήθεια των ανεμιστήρων. Η ικανότητα των ατμοποιητών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι περίπου σταθερή και μπορεί να αυξάνεται ή να ελαττώνεται, με αύξηση ή ελάττωση της ταχύτητας του αέρα στην επιφάνειά τους. Η αύξηση της ταχύτητας του αέρα στην επιφάνεια των ατμοποιητών δεν είναι απεριόριστη. Από ένα όριο της ταχύτητας του αέρα και πέρα εμφανίζονται προβλήματα που η αντιμετώπιση τους κοστίζει περισσότερο από την αυξημένη απόδοση του ατμοποιητή.

Μερικά από τα **προβλήματα** είναι:

1. Μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τους ανεμιστήρες
2. Αυξάνεται ο αέρας παράκαμψης (by-pass), ο οποίος δεν έρχεται καθόλου σε επαφή με τη μεταλλική επιφάνεια του ατμοποιητή και επομένως δεν ψύχεται.
3. Μερικά είδη προϊόντων που συντηρούνται στους ψυκτικούς θαλάμους δεν επιδέχονται ταχύτητες πέρα ορισμένων ορίων (αλλοιώνεται η εμφάνισή τους ή αχρηστεύονται).

Η **ολική ψυκτική ικανότητα** του ατμοποιητή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι άμεσα συνδεδεμένη με το ποσό του αέρα που κυκλοφορεί στην επιφάνειά του (m^3/h).

Η ποσότητα του αέρα που απαιτείται για δεδομένη ικανότητα του ατμοποιητή εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Από το ολικό ψυκτικό φορτίο που πρέπει να αντιμετωπίσει ο ατμοποιητής (kW)
2. Από το λόγο της αισθητής προς την ολική θερμότητα του αέρα.
3. Από την πτώση της θερμοκρασίας του αέρα που διέρχεται από την επιφάνεια του ατμοποιητή.

Η σχέση που δίνει με αρκετή ακρίβεια την απαιτούμενη ποσότητα αέρα ($\dot{V}$) για την αποδοτική λειτουργία του ατμοποιητή είναι η παρακάτω:

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_T \cdot SHF}{0,34 \cdot \Delta T} \quad (4.13)$$

$\dot{V}$: Η παροχή του όγκου του αέρα (m^3 / h).

$\dot{Q}_T$: το ολικό ψυκτικό φορτίο (αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα) που πρέπει να απορροφήσει ο ατμοποιητής (kW).

SHF: ο συντελεστής αισθητής θερμότητας, ο λόγος της αισθητής προς την ολική θερμότητα που πρέπει να απορροφήσει ο αέρας

Δ_T : η πτώση θερμοκρασίας του αέρα στον ατμοποιητή. Δηλαδή διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εισερχόμενου στον ατμοποιητή αέρα και του εξερχόμενου αέρα (K).

0,34: σταθερός αριθμός που προκύπτει από το γινόμενο της ειδικής θερμότητας και της μέσης ειδικής πυκνότητας του αέρα σε kW/m^3K ($= 0,29kcal/hm^3K$).

Η εκτεταμένη χρήση των ατμοποιητών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα σε όλους τους τομείς της ψύξης, οφείλεται στα σοβαρά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των ατμοποιητών φυσικής κυκλοφορίας αέρα.

Τα σπουδαιότερα **πλεονεκτήματά** τους είναι:

1. Για δεδομένη ισχύ, η απαιτούμενη επιφάνεια είναι κατά πολύ μικρότερη από την επιφάνεια των ατμοποιητών φυσικής κυκλοφορίας αέρα. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος που καταλαμβάνουν οι ατμοποιητές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι κατά πολύ μικρότερος. Έτσι, εξοικονομείται πολύτιμος χώρος ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις είναι πολύ σπουδαίος παράγοντας.
2. Η ικανότητα των ατμοποιητών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα μπορεί να διαφοροποιείται, αλλάζοντας την ταχύτητα και το ποσόν του αέρα στην επιφάνειά τους. Μια τέτοια αλλαγή μπορεί να γίνει με τη ρύθμιση των στροφών του ανεμιστήρα ή με την τοποθέτηση ανεμιστήρων διαφορετικών χαρακτηριστικών λειτουργίας.
3. Η κυκλοφορία του αέρα στον ψυκτικό θάλαμο γίνεται ομοιόμορφα με αποτέλεσμα την καλύτερη συντήρηση των προϊόντων.

Παρ' όλα αυτά δεν πρέπει να αγνοούνται και τα λιγοστά **μειονεκτήμα-
τα** που παρουσιάζουν:

1. Η παραγωγή τους κοστίζει περισσότερο λόγω της παρουσίας του ανεμιστήρα.
2. Το καθημερινό κόστος λειτουργίας είναι μεγαλύτερο λόγω της λειτουργίας του ανεμιστήρα
3. Η λειτουργία τους είναι θορυβώδης.

Η ψυκτική ικανότητα των ατμοποιητών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα

Οι παράγοντες που καθορίζουν την ψυκτική ικανότητα ατμοποιητή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι:

1. Τα κατασκευαστικά στοιχεία (επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας, υλικά κατασκευής κ.λπ.)
2. Το ποσόν του αέρα που εξαναγκάζεται να διέλθει από τις μεταλλικές επιφάνειες του ατμοποιητή.
3. Η διαφορά θερμοκρασίας που διαμορφώνεται μεταξύ της θερμοκρασίας του εισερχόμενου και του εξερχόμενου αέρα.

Η παρακάτω σχέση μπορεί να δώσει με αρκετή ακρίβεια την ψυκτική ικανότητα ($\dot{Q}_T$) του ατμοποιητή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα:

$$\dot{Q}_T = \frac{\dot{V} \cdot 0,34 \cdot \Delta T}{SHF} \quad (4.14)$$

Βάσει των παραπάνω προκαθορισμένων παραμέτρων η μαθηματική έκφραση της απόδοσης ($\dot{Q}$) του εναλλάκτη θερμότητας είναι:

$$\dot{Q} = A \cdot U \cdot \Delta T \quad (4.14\alpha)$$

Όπου,

$\dot{Q}$: το ποσό της θερμότητας που απορροφά το ψυκτικό υγρό μέσα στον ατμοποιητή για να ατμοποιηθεί (W, kcal/h ή BTU/h)

U: ο συντελεστής μετάδοσης της θερμότητας του υλικού κατασκευής των σωλήνων και πτερυγίων του ατμοποιητή (W/m²K για το διεθνές σύστημα μονάδων. Σε παλαιότερα συστήματα συναντιέται και ως kcal/hm²K ή BTU/hFt²°F).

A: η ενεργός επιφάνεια εναλλαγής της θερμότητας του ατμοποιητή σε m² (ή Ft²)

ΔT : η θερμοκρασιακή (μέση λογαριθμική) διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας ατμοποίησης του ψυκτικού υγρού και της θερμοκρασίας του αέρα του ψυχόμενου χώρου σε K (ή °F). Συνήθης τιμή του ΔT είναι οι 8K (15°F).

Η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας θα παρατηρηθεί μεταξύ του εισερχόμενου στο στοιχείο αέρα και του ψυκτικού ρευστού (ΔT_1). Η μικρότερη διαφορά θερμοκρασίας θα σημειωθεί μεταξύ του εξερχόμενου αέρα και του ψυκτικού (ΔT_2).

Η μέση διαφορά θερμοκρασίας (ΔT) με μεγάλη προσέγγιση δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta T = \frac{\Delta T_1 + \Delta T_2}{2} \quad (4.15)$$

όπου:

ΔT_1 η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εισερχόμενου αέρα στον εξατμιστή και ψυκτικού μέσου ($T_{\epsilon\varsigma} - T_{\psi}$) και

ΔT_2 η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξερχόμενου αέρα από τον εξατμιστή και ψυκτικού μέσου ($T_{\epsilon\varsigma} - T_{\psi}$).

Κατά τη διαδικασία της εναλλαγής θερμότητας πάνω στην επιφάνεια του εναλλάκτη, πρέπει να ισχύει το ισοζύγιο των εναλλασσόμενων ποσών θερμότητας, όπου το ψυκτικό μέσον απορροφά ποσό θερμότητας $\dot{Q}_{\alpha\tau}$ το οποίο δίνει ο αέρας του ψυχόμενου χώρου.

Επομένως, η λειτουργική εξίσωση του εναλλάκτη θερμότητας θα είναι:

$$\dot{Q}_{\alpha\tau} = \dot{Q}_{\alpha\epsilon\rho\alpha} \Rightarrow A \cdot U \cdot \Delta T_1 = \dot{m}_{\alpha\epsilon\rho\alpha} \cdot C_{\alpha\epsilon\rho\alpha} \cdot \Delta T_2 \quad (4.16)$$

Όπου:

ΔT_1 : Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμοκρασίας ατμοποίησης και θερμοκρασίας ψυχόμενου αέρα.

ΔT_2 : Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εισόδου και εξόδου του αέρα από τον ατμοποιητή.

Παρατηρώντας την εξίσωση μετάδοσης της θερμότητας, διαπιστώνεται ότι αυξάνοντας την επιφάνεια (A) του εναλλάκτη, με την προσθήκη πτερυγίων, προκύπτει αύξηση της απόδοσής του χωρίς να δημιουργούνται δυσλειτουργίες της εγκατάστασης, όπως θα συνέβαινε αν μεταβαλλόντουσαν οι άλλοι δύο παράγοντες (ΔT και U).

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.10

Να βρεθεί η ψυκτική ικανότητα ατμοποιητή στον οποίο μετρήθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία:

- α. Θερμοκρασία εισερχόμενου αέρα, 4°C
- β. Θερμοκρασία εξερχόμενου αέρα, -2°C
- γ. Παροχή ψυχόμενου αέρα 2000 m³/h
- δ. Συντελεστής αισθητής θερμότητας 0,8

Εφαρμόζοντας τη σχέση:

$$\dot{Q}_T = \frac{V \cdot 0,34 \cdot \Delta T}{SHF}$$

Προκύπτει:

$$\dot{Q}_T = \frac{2000 \cdot 0,34 \cdot 6}{0,8} = 5,100 \text{ W}$$

Η απόδοση του στοιχείου εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα του διερχόμενου αέρα από την επιφάνεια του και από την ταχύτητα αυτού. Η ποσότητα του απαιτούμενου αέρα ($\dot{V}$ σε m³/s) για την ικανοποίηση της ψυκτικής ικανότητας ενός στοιχείου είναι:

$$\dot{V} = \dot{Q}_T \frac{SHF}{\Delta T}$$

όπου:

$\dot{Q}_T$: το ολικό ψυκτικό φορτίο (αισθητό και λανθάνον) σε kW,

SHF = παράγων αισθητής θερμότητας (%). Αντιπροσωπεύει το επί της % αισθητό φορτίο αέρα.

ΔT = Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εισερχόμενου στο στοιχείο αέρα και του εξερχόμενου από αυτό.

Συνήθως, η ταχύτητα του αέρα στην επιφάνεια του ατμοποιητή κυμαίνεται μεταξύ 1,5 και 2,5 m/s.

Η σχέση που δίνει την ταχύτητα του αέρα στην επιφάνεια των πτερυγίων και σωλήνων του ατμοποιητή είναι:

$$u = \frac{\dot{V}}{A_p} \text{ (m/s)} \quad (4.17)$$

Όπου

$\dot{V}$ η ποσότητα του αέρα που διοχετεύεται από τον ανεμιστήρα (m^3/s) και A_μ η ελεύθερη μετωπική επιφάνεια του ατμοποιητή (m^2).

Το ποσόν της θερμότητας, το οποίο δύναται να διέλθει από την εξωτερική επιφάνεια του ατμοποιητή, στην εσωτερική ανά μονάδα χρόνου, καλείται ικανότητα του ατμοποιητή και μετράται σε W (σχέση 4.15).

Εξωτερική επιφάνεια ατμοποιητή ονομάζεται η επιφάνεια η οποία δρα ως μέσον μεταβίβασης της θερμότητας από τον χώρο του θαλάμου, προς το ψυκτικό ρευστό. Η επιφάνειά του υπολογίζεται από την σχέση:

$$A = \pi \cdot d \cdot L \quad (\text{m}^2) \quad (4.18)$$

Όπου

$\pi = 3,14$, d η εξωτερική διάμετρος του σωλήνα (m) και

L το ενεργό μήκος του χρησιμοποιούμενου σωλήνα (m).

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.11

Ατμοποιητής είναι κατασκευασμένος από 6 τεμάχια σωλήνα, εξωτερικής διαμέτρου $D = 16 \text{ mm}$ και μήκους $L = 610 \text{ mm}$ το καθένα. Τα πτερύγιά του είναι από αλουμίνιο και έχουν τις παρακάτω διαστάσεις: Μήκος = 305 mm, πλάτος = 203 mm και πάχος = 0,5 mm. Ο αριθμός πτερυγίων είναι 144. Να βρεθεί η ολική εξωτερική επιφάνεια του ατμοποιητή (A).



Σχήμα 4.5.3

Η εξωτερική επιφάνεια του κάθε σωλήνα είναι:

$$A_1 = \pi \cdot D \cdot L$$

όπου

$$\pi = 3,14, D = 16 \text{ mm, και } L = 610 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow A = 3,14 \times 16 \times 610 = 0,03064 \text{ m}^2$$

Η εξωτερική επιφάνεια και των δύο πλευρών των πτερυγίων είναι:

$$A_3 = W \times L \times 2 \Rightarrow A_3 = 0,123 \text{ m}^2$$

Η ολική επιφάνεια 144 πτερυγίων είναι

$$A_4 = A_3 \times 144 \Rightarrow A_4 = 17,837 \text{ m}^2$$

Η επιφάνεια του σωλήνα που καλύπτεται από το πάχος έκαστης οπής κάθε πτερυγίου είναι:

$$A_5 = \pi \times D \times \text{πάχος πτερυγίου} \Rightarrow$$

$$A_5 = 3,14 \times 16 \times 0,5 \Rightarrow A_5 = 0,000025 \text{ m}^2$$

Η επιφάνεια των σωλήνων που καταλαμβάνεται και από τις 6 οπές κάθε πτερυγίου είναι

$$A_6 = A_5 \times 6 \Rightarrow A_6 = 0,000151 \text{ m}^2$$

Η επιφάνεια των οπών όλων των πτερυγίων (144) που καλύπτουν τους σωλήνες είναι:

$$A_7 = A_6 \times 144 \Rightarrow A_7 = 0,021704 \text{ m}^2$$

Η ολική εξωτερική δρώσα επιφάνεια των σωλήνων Α_{σωλ} είναι:

$$A_{\text{σωλ}} = A_2 - A_7 = 0,1819 - 0,02174 = 0,160195 \text{ m}^2$$

Η επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι οπές κάθε πτερυγίου και από τις δύο πλευρές είναι:

$$A_8 = A = (\pi \cdot d / 4) \times \text{αριθμό οπών} \times 2 \text{ πλευρές} \Rightarrow$$

$$A_8 = [3,14 \times (16)/2/4] \times 6 \times 2 \Rightarrow A_8 = 0,0024152 \text{ m}^2$$

Η επιφάνεια των οπών και των 144 πτερυγίων είναι:

$$A_9 = A_8 \times 144 \Rightarrow A_9 = 0,3473 \text{ m}^2$$

Η πραγματική εξωτερική επιφάνεια των πτερυγίων είναι:

$$A_{\text{πτερ}} = A_4 - A_9 \Rightarrow A_{\text{πτερ}} = 17,49 \text{ m}^2$$

Για την σύνδεση σωλήνων, θα χρειαστούν 5 γωνίες 180° με $d = 16 \text{ mm}$.
 Η επιφάνεια που δίδουν οι συνδετικές γωνίες θα είναι:

$$A_{10} = L \times M \times N$$

Όπου: L: το αναγόμενο μήκος γωνίας 180° ($1/2$ του κύκλου)

M: το μήκος περιφέρειας κύκλου (με $d = 16\text{mm}$) και

N: ο αριθμός γωνιών που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των σωλήνων (στην προκειμένη περίπτωση 5)

$$\text{Άρα } L = \pi \times D \Rightarrow L = 3,14 \times 0,016/2 \Rightarrow L = 0,02512 \text{ m}$$

(D = απόσταση μεταξύ οπών)

Το L διαιρείται δια 2, διότι ο σύνδεσμος 180° είναι το $1/2$ του κύκλου
 οπότε

$$M = \pi \times D \Rightarrow M = 3,14 \times 16 = 0,05 \text{ m}$$

Η επιφάνεια κάθε γωνιακού συνδέσμου θα ισούται με $M \times L$

Η ολική επιφάνεια συνδέσεων είναι:

$$A_{\text{συνδ}} = L \times M \times N = 0,02512 \times 0,05 \times 5 \Rightarrow A_{10} = 0,006 \text{ m}^2$$

Η ολική ενεργός επιφάνεια του ατμοποιητή είναι

$$A_{\text{ολ}} = A_{\text{σωλ}} + A_{\text{πτερ}} + A_{\text{συνδ}} \Rightarrow$$

$$A_{\text{ολ}} = 0,160195 + 17,49 + 0,006 = 17,6562 \text{ m}^2$$

4.5.2 Γενική κατάταξη ατμοποιητών.

Οι ατμοποιητές κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- α. Ανάλογα με τον τρόπο εκτόνωσης του ψυκτικού.
- β. Ανάλογα της μορφής της εξωτερικής επιφάνειάς τους.
- γ. Ανάλογα του μέσου με το οποίο επιτυγχάνεται η ψύξη.

α. Ανάλογα με τον τρόπο εκτόνωσης του ψυκτικού:

Οι ατμοποιητές αυτής της κατηγορίας διακρίνονται σε:

- 1) ατμοποιητές ξηρής εκτόνωσης και

2) ατμοποιητές υγρής εκτόνωσης.

1) Στους ατμοποιητές ξηρής εκτόνωσης η πτώση πίεσης κυμαίνεται μεταξύ 6-34 kPa. Πτώση κάτω της 6 kPa σημαίνει μικρή ταχύτητα ψυκτικού και βέβαια μείωση της απόδοσης του στοιχείου, ενώ πέρα από 34 kPa δημιουργείται αντισυμβατική λειτουργία συμπιεστή και εγκατάστασης. Το εισερχόμενο ψυκτικό στον ατμοποιητή ρυθμίζεται από εκτονωτική βαλβίδα. Οι ατμοποιητές αυτοί συναντώνται πολύ συχνά, ιδιαίτερα σε εφαρμογές εμπορικής ψύξης. Χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις κάτω των 530 kW (150 ψυκτικών τόνων, RT).

2) Στους ατμοποιητές υγρής εκτόνωσης, το χαρακτηριστικό είναι πως εξασφαλίζουν σταθερή στάθμη υγρού χάρη στον πλωτήρα στην πλευρά της υψηλής ή χαμηλής πίεσης. Οι ατμοποιητές με πλωτήρα στη χαμηλή πλευρά χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα και στην οικιακή ψύξη. Στα ψυκτικά στοιχεία με πλωτήρα στην υψηλή πλευρά χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και τριχοειδής σωλήνας. Το μεγάλο πλεονέκτημα των ατμοποιητών αυτών είναι ότι οι σωληνώσεις τους είναι πάντα πλήρεις υγρού, το οποίο ατμοποιείται συνεχώς απορροφώντας θερμότητα.

β. Ανάλογα της εξωτερικής επιφάνειας:

Οι ατμοποιητές αυτοί διακρίνονται:

- 1) Σε ατμοποιητές γυμνών σωλήνων
- 2) Σε ατμοποιητές πτερυγιοφόρου
- 3) Σε ατμοποιητές επίπεδης επιφάνειας

1) Οι ατμοποιητές γυμνών σωλήνων κατασκευάζονται από χάλκινους ή σπανιότερα χαλύβδινους σωλήνες (οι τελευταίοι σε εγκαταστάσεις αμμωνίας). Χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις που η απαιτούμενη θερμοκρασία είναι κάτω των 0°C (32°F) και σε περιπτώσεις ψύξης υγρού.

2) Οι πτερυγιοφόροι ατμοποιητές αποτελούνται από γυμνούς σωλήνες επί των οποίων τοποθετούνται μεταλλικά πτερύγια. Αυτά συγκρατούνται επί των σωλήνων με τρόπο τέτοιο, ώστε να εξασφαλίζεται

αγωγιμότητα μεταξύ τους και μεταξύ των σωλήνων. Η τοποθέτηση πτερυγίων δημιουργεί αύξηση επιφάνειας, με αποτέλεσμα αύξηση της απόδοσης του ατμοποιητή. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε εγκαταστάσεις που οι θερμοκρασίες φτάνουν τους -18°C (0°F). Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία για την οποία προορίζεται ο ατμοποιητής, τόσο αραιότερα είναι τα πτερύγια.

- 3) Οι *ατμοποιητές επίπεδης επιφάνειας* συναντώνται σε δύο τύπους: 1) τα στοιχεία που αποτελούνται από σωλήνα επικαλύπτονται από φύλλα μεταλλικά και συγκολλούνται με ηλεκτροπόντα. Το είδος αυτό χρησιμοποιείται σε ψυκτικούς θαλάμους χαμηλών θερμοκρασιών και 2) τα στοιχεία τύπου πλάκας, που αποτελούνται από δύο φύλλα μεταλλικά με οφιοειδή αυλάκωση από την οποία διέρχεται το ψυκτικό. Έτσι, αποφεύγεται η τοποθέτηση σωλήνα, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους κατασκευής τους. Χρησιμοποιείται συχνά σε ψυγεία οικιακής χρήσης.

4.5.3 Συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας ατμοποιητή

Ο αέρας του θαλάμου ενός καταψύκτη πρέπει, σε αντίθεση με τον αέρα του θαλάμου του οικιακού ψυγείου, να έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία, ώστε τα προϊόντα να διατηρούνται κατεψυγμένα. Η θερμοκρασία αυτή μπορεί να κυμαίνεται από **-12°C έως -28°C** και για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει η θερμοκρασία της επιφάνειας του **εξατμιστή** να είναι τουλάχιστον **10°C μικρότερη** από τη θερμοκρασία του θαλάμου. Αυτό σημαίνει ότι η **θερμοκρασία ατμοποίησης** του ψυκτικού μέσου θα κυμαίνεται από **-22°C έως -38°C** . Οι τιμές αυτές είναι υψηλότερες στους εξατμιστές **εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**, διότι σε αυτούς πραγματοποιείται καλύτερη μετάδοση θερμότητας, επειδή ο αέρας κινείται με αρκετή ταχύτητα.

Αν τώρα λάβουμε υπόψη ότι το χρησιμοποιούμενο ψυκτικό μέσον σήμερα είναι το R134a, το οποίο έχει αντικαταστήσει τα παλαιότερα R12 και R22 για λόγους **προστασίας του όζοντος**, τότε από τους θερμοδυναμικούς πίνακες για το R134a συμπεραίνουμε ότι οι πιο πάνω θερμοκρασίες ατμοποίησης αντιστοιχούν σε **πίεση ατμοποίησης** του εξατμιστή από **1,219 έως 0,572 bar**. Η πίεση αυτή πρέπει να μετριέται, όταν γίνεται συντήρηση (service) του καταψύκτη, διότι έτσι διαπιστώνουμε τη θερμοκρασία λειτουργίας του εξατμιστή και επομένως τη σωστή ή μη λειτουργία

του. Η μέτρηση της πίεσης γίνεται με το **μανόμετρο χαμηλής πίεσης** της κάσας μανομέτρων, το οποίο συνδέεται με τον **ειδικό σωλήνα εξυπηρέτησης** που διαθέτει ο ερμητικός συμπιεστής του καταψύκτη. Βέβαια, εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι η θερμοκρασία και η πίεση στον εξατμιστή είναι υψηλότερες από τις πιο πάνω τιμές όταν δεν λειτουργεί ο συμπιεστής, διότι το μίγμα υγρού- ατμού που υπάρχει στον εξατμιστή απορροφά τη θερμότητα που εκλύουν συνεχώς τα αποθηκευμένα προϊόντα. Μόλις όμως **ξεκινήσει ο συμπιεστής**, απορροφά αμέσως τους ατμούς του ψυκτικού μέσου από τον εξατμιστή, δηλ. όπως λέμε **στεγνώνει τον εξατμιστή**, οπότε πέφτει η πίεση και η θερμοκρασία μέσα σε αυτόν.

4.5.4 Εκλογή ατμοποιητών

Για την καλύτερη εκλογή ενός ατμοποιητή πρέπει να έχουμε υπόψη τα εξής:

- Το μέγεθος και το σχήμα του ψυκτικού θαλάμου στον οποίο θα τοποθετηθεί
- Τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ στοιχείου και ψυχόμενου χώρου
- Την επιθυμητή σχετική υγρασία του ψυκτικού θαλάμου
- Την ψυκτική ικανότητα του ατμοποιητή

Χωρητικότητα ατμοποιητών

Η ποσότητα της ροής θερμότητας εξαρτάται από 4 βασικούς συντελεστές:

1. Από την επιφάνεια
2. Από τη διαφορά θερμοκρασίας
3. Από το πάχος του υλικού και το είδος αυτού
4. Από το χρόνο λειτουργίας

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας U για ψυκτικά στοιχεία φυσικής κυκλοφορίας αέρα είναι περίπου $5,68 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ο συντελεστής U για ψυκτικά στοιχεία βιασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι περίπου $17,04 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ο συντελεστής U για ψυκτικά στοιχεία ψύξεως υγρών είναι περίπου $28,39 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.6 Αυτόματη απόψυξη, συμπυκνώματα απόψυξης

4.6.1. Αποπάγωση (απόψυξη) των ατμοποιητών

Όλοι ξέρουμε από το ψυγείο του σπιτιού ότι ο ατμοποιητής, που αποτελεί και το χώρο της κατάψυξης του ψυγείου, πιάνει πάγους οι οποίοι αφαιρούνται **κάνοντας απόψυξη**, όπως λέγεται συνήθως. Το ίδιο βέβαια γίνεται και σε κάθε ατμοποιητή που η θερμοκρασία στην επιφάνειά του πέφτει κάτω από τους 0°C.

Πριν περιγραφούν οι διάφοροι τρόποι αποπάγωσης και οι μηχανισμοί με τους οποίους πραγματοποιείται, θα αναφερθούμε σε μερικές βασικές έννοιες που έχουν σχέση με το σχηματισμό του πάγου στις ψυχρές επιφάνειες των ατμοποιητών. Είναι γνωστό ότι ο αέρας της ατμόσφαιρας περιέχει πάντα ένα ποσό νερού σε μορφή ατμού (υδρατμούς). Το βάρος του νερού που περιέχεται σε κάθε κυβικό μέτρο ατμοσφαιρικού αέρα ονομάζεται ειδική ή πραγματική υγρασία του αέρα.

Η ειδική υγρασία μετράται σε κιλά ανά κυβικό μέτρο αέρα (kg/m^3) ή ακόμη και σε κιλά ανά κιλό αέρα (kg/kg αέρα).

Το μέγιστο βάρος υδρατμών που μπορεί να συγκρατεί ο αέρας εξαρτάται από τη θερμοκρασία του. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα, τόσο αυξάνεται και το βάρος των υδρατμών που μπορεί να συγκρατεί.

Αντίθετα, με την πτώση της θερμοκρασίας του αέρα μειώνεται και το μέγιστο βάρος των υδρατμών που μπορεί να περιέχεται στον αέρα.

Όταν ο αέρας περιέχει το μέγιστο βάρος υδρατμών που μπορεί να κρατήσει για τη θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται **ονομάζεται κορεσμένος αέρας**.

Η θερμοκρασία στην οποία ο αέρας γίνεται κορεσμένος ονομάζεται **θερμοκρασία κορεσμού ή σημείο δρόσου**. Η υγρασία που δημιουργήσε τον κορεσμό του αέρα ονομάζεται **υγρασία κορεσμού**.

Η θερμοκρασία κορεσμού εξαρτάται από την τιμή της ειδικής υγρασίας. Όσο μεγαλώνει η ειδική υγρασία του αέρα τόσο μεγαλώνει και η θερμοκρασία κορεσμού. Επομένως κορεσμό μπορεί να έχουμε σε οποιαδήποτε θερμοκρασία, αρκεί βέβαια να υπάρχει κατάλληλη τιμή ειδικής υγρασίας.

Όταν ο αέρας που ψύχει ο ατμοποιητής φθάσει στη θερμοκρασία κορεσμού, αρχίζει η συμπύκνωση των υδρατμών που περιέχουν. Όσο δε

η θερμοκρασία κατεβαίνει, τόσο περισσότερη υγρασία αφαιρείται. Αν η θερμοκρασία του ατμοποιητή είναι πάνω από τους 0°C , η αφαιρούμενη υγρασία από τον αέρα επικάθεται στις ψυχρές μεταλλικές επιφάνειες του ατμοποιητή σε μορφή σταγόνων νερού. Αν όμως η θερμοκρασία του ατμοποιητή είναι μικρότερη των 0°C , η αφαιρούμενη υγρασία στερεοποιείται (γίνεται πάγος) καλύπτοντας την εξωτερική επιφάνεια του ατμοποιητή.

Το σχηματιζόμενο στρώμα πάγου στην εξωτερική επιφάνεια του ατμοποιητή δρα ως μονωτικό υλικό με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού συναλλαγής θερμότητας μεταξύ του ψυχόμενου αέρα και του ατμοποιητή με σοβαρή πτώση της ικανότητας της ψυκτικής μας μονάδας. Η μείωση της ικανότητας της μονάδας από σχηματισμό πάγου στην επιφάνεια του ατμοποιητή μπορεί να φθάσει και το 50% της ονομαστικής της ικανότητας.



Σχήμα 4.6.1 Συμπύκνωση υδρατμών του αέρα στην επιφάνεια ατμοποιητή Α. Σε θερμοκρασία άνω των 0°C . Β. Σε θερμοκρασία κάτω των 0°C .

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένα στρώμα πάγου από καθαρό νερό έχει μονωτική ικανότητα ίση με το 20% της μονωτικής ικανότητας φελλού ίδιου πάχους.

Τις περισσότερες φορές, όμως στη μάζα του πάγου εγκλωβίζονται μικροί θύλακες ακίνητου αέρα, που αυξάνουν σημαντικά τις μονωτικές ιδιότητες του πάγου. Σε τέτοιες περιπτώσεις η μονωτική ικανότητα του πάγου φτάνει ακόμα και το 50% της μονωτικής ικανότητας φελλού ίδιου πάχους. **Έτσι, αν σχηματιστεί στην επιφάνεια του ατμοποιητή πάγος (με θύλακες αέρα) πάχους 20 mm είναι ως να έχουμε τοποθετήσει μόνωση από φελλό πάχους 10 mm.**

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι οι επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας των ατμοποιητών πρέπει να διατηρούνται καθαρές και κυρίως απαλλαγμένες από τους πάγους, γιατί οι επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές.

Μερικές από τις συνέπειες που δημιουργεί η παρουσία πάγου στους ατμοποιητές λόγω μη τακτικής αποπάγωσης είναι:

- 1) Μείωση της ικανότητας του ατμοποιητή, ανάλογη του πάχους του πάγου και της σύνθεσής του (αν περιέχει άλλα υλικά ή όχι).
- 2) Η μείωση της ικανότητας του ατμοποιητή δημιουργεί παρατεταμένη λειτουργία του συμπιεστή, με συνέπεια την υπερθέρμανσή του και τη μείωση της ζωής του.
- 3) Αντιοικονομική λειτουργία του ψυγείου. Η παρατεταμένη λειτουργία του συμπιεστή δημιουργεί ανάλογη κατανάλωση ενέργειας που επιβαρύνει τον ιδιοκτήτη του ψυγείου.

4.6.2. Η συχνότητα της απόψυξης

Όπως προαναφέρθηκε, για την αποφυγή των συνεπειών της παρουσίας του πάγου στην επιφάνεια των ατμοποιητών, πρέπει να γίνεται συχνή αποπάγωση. Το πόσο συχνή θα είναι η αποπάγωση εξαρτάται από το είδος της εγκατάστασης και το είδος των συντηρούμενων προϊόντων. Πρέπει οπωσδήποτε να γίνεται αποπάγωση του ατμοποιητή όταν το πάχος του πάγου ξεπεράσει τα πέντε χιλιοστά (5 mm)

Πολλοί ειδικοί υποστηρίζουν ότι θα πρέπει να γίνεται απόψυξη των ατμοποιητών, τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα ακόμα κι αν το πάχος του πάγου είναι μικρότερο των πέντε χιλιοστών.

Η συχνότητα της αποπάγωσης εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες

- 1) Από το είδος του ατμοποιητή
- 2) Από τη φύση της ψυκτικής εγκατάστασης και ειδικά του θαλάμου.
- 3) Από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο απόψυξης.

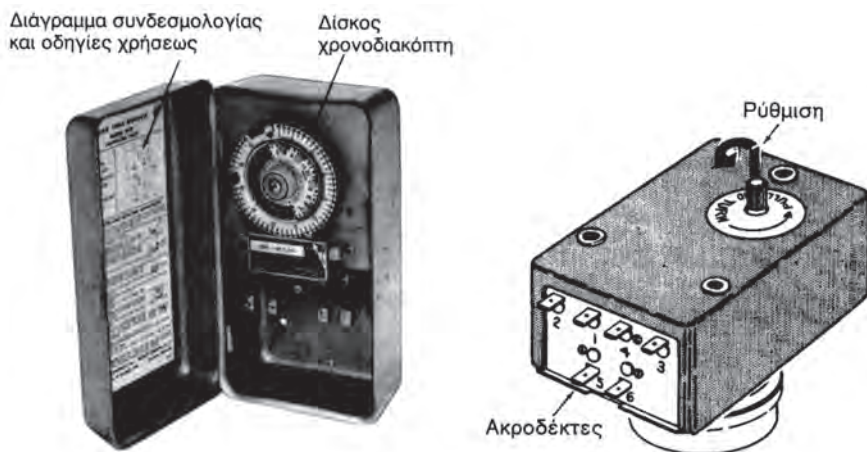
Ανεξάρτητα από τους παραπάνω παράγοντες, όσο πιο συχνά γίνεται αποπάγωση του ατμοποιητή, τόσο μικρότερο πάχος πάγου σχηματίζεται στην επιφάνειά του και τόσο μικρότερη διάρκεια αποπάγωσης απαιτείται.

Η αποπάγωση μπορεί να γίνει από τους αυτόματους μηχανισμούς απόψυξης (αυτόματη απόψυξη), από ημιαυτόματους και από μη αυτόματους.

Στους αυτόματους μηχανισμούς απόψυξης η απόψυξη γίνεται κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, π.χ. κάθε 12 ώρες ή κάθε φορά που σταματά ο συμπιεστής χωρίς καμία ενέργεια δική μας (αυτόματα).

Η διαδικασία της απόψυξης γίνεται με τη βοήθεια χρονοδιακόπτη ή άλλου μηχανισμού και πραγματοποιείται ανεξάρτητα από το πάχος του πάγου στον ατμοποιητή.

Στην περίπτωση της ημιαυτόματης απόψυξης για να αρχίσει η διαδικασία της απόψυξης πρέπει να πιέσουμε το ειδικό κουμπί της απόψυξης, που αποτελεί μέρος του θερμοστάτη του ψυγείου ενώ η λήξη της απόψυξης γίνεται αυτόματα με τη βοήθεια του θερμοστάτη. Σήμερα όλα τα ψυγεία (οικιακά, επαγγελματικά) είναι εφοδιασμένα με αυτόματη απόψυξη, που ελέγχεται από ηλεκτρονικούς μηχανισμούς ή μικροϋπολογιστές.



Σχήμα 4.6.2 Χρονοδιακόπτης

Για την αποπάγωση ή απόψυξη των ατμοποιητών χρησιμοποιούνται πολλές μέθοδοι οι πιο γνωστές των οποίων είναι οι ακόλουθες:

- Με ηλεκτρικές αντιστάσεις.
- Με παράκαμψη θερμού ψυκτικού αερίου.
- Με νερό.

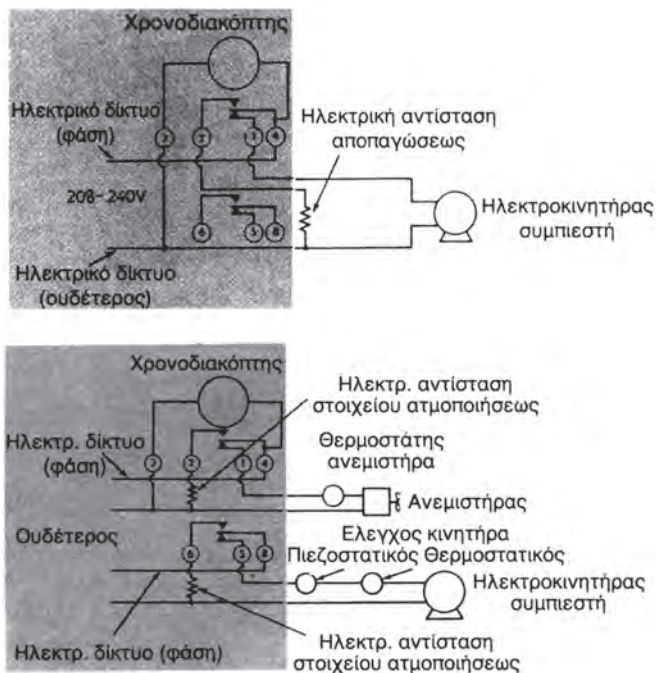
Οι δύο συνηθέστερες διατάξεις απόψυξης των ψυγείων είναι με μια ηλεκτρική αντίσταση ή με θερμό ατμό.

4.6.3 Απόψυξη με ηλεκτρική αντίσταση

Κατά την απόψυξη με ηλεκτρική αντίσταση τοποθετείται μια αντίσταση στους σωλήνες του εξατμιστή. Η αντίσταση αυτή είναι κατασκευασμένη από κράμα χαμηλής ειδικής αντίστασης και δημιουργεί υψηλή θερμοκρα-

σία, όταν τη διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα. Το πιο κάτω σχηματικό διάγραμμα (σχήμα 4.6.3) δείχνει τον τρόπο που συνδέονται οι συνιστώσες του κυκλώματος απόψυξης με ηλεκτρική αντίσταση.

Η αντίσταση απόψυξης του εξατμιστή ελέγχεται επί πλέον με ένα θερμοστάτη, ο οποίος διακόπτει τη θέρμανση του εξατμιστή, όταν η θερμοκρασία της μεταλλικής του επιφάνειας ξεπεράσει την προκαθορισμένη τιμή. Ο θερμοστάτης τοποθετείται κοντά στην εξαγωγή του εξατμιστή και αποτελεί ένα διμεταλλικό διακόπτη, ο οποίος ανοίγει με άνοδο της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία που απαιτείται για να κλείσει αυτός ο διακόπτης εξαρτάται από το είδος του ψυγείου. Για παράδειγμα, αν ο θερμοστάτης έχει σχεδιασθεί για να κλείνει στους -7°C και να ανοίγει στους 20°C , αυτό σημαίνει ότι ο θερμοστάτης μπορεί να δέχεται ηλεκτρική ισχύ μόνο όταν ο σωλήνας του εξατμιστή έχει θερμοκρασία χαμηλότερη από -7°C . Στο σχήμα 4.6.4 διευκρινίζουμε τον τρόπο στερέωσης του διμεταλλικού θερμοστατικού διακόπτη, καθώς και της ηλεκτρικής αντίστασης στον εξατμιστή του ψυγείου.



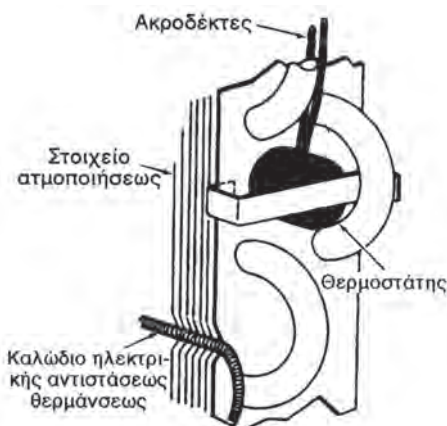
Σχήμα 4.6.3 Ηλεκτρικά Διαγράμματα Απόψυξης

Ο χρονοδιακόπτης λειτουργεί συνέχεια. Οι επαφές του κλείνουν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα ανάλογα με τον κατασκευαστή. Ο

χρονοδιακόπτης μπορεί, για παράδειγμα, να κλείνει τις επαφές του κάθε 30 λεπτά για μερικά δευτερόλεπτα. Αν ο διακόπτης του θερμοστάτη είναι ανοικτός, τότε ο χρονοδιακόπτης θα ξεκινήσει έναν ακόμη κύκλο χωρίς καμία άλλη μεταβολή. Όταν όμως ο διακόπτης του θερμοστάτη κλείσει, τότε κλείνουν και οι επαφές του χρονοδιακόπτη απόψυξης, οπότε το ψυγείο αρχίζει να εκτελεί τον **κύκλο απόψυξης**, ο οποίος αποτελείται από τα επόμενα βήματα (φάσεις):

- α. Ο συμπιεστής σταματά τη λειτουργία του,
- β. ο ηλεκτροκινητήρας του(των) ανεμιστήρα(-ων) του εξατμιστή σταματά τη λειτουργία του,
- γ. το ηλεκτρικό ρεύμα περνά από τους διακόπτες του χρονοδιακόπτη προς το θερμοστάτη και έπειτα από τις επαφές του θερμοστάτη προς την ηλεκτρική αντίσταση,
- δ. μετά από ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, όπου η ηλεκτρική αντίσταση παραμένει ενεργοποιημένη, ανοίγουν οι επαφές του θερμοστάτη,
- ε. ο συμπιεστής και ο ηλεκτροκινητήρας του(των) ανεμιστήρα(-ων) του εξατμιστή αρχίζουν και πάλι να λειτουργούν και
- ζ. η ηλεκτρική αντίσταση απενεργοποιείται και ψύχεται.

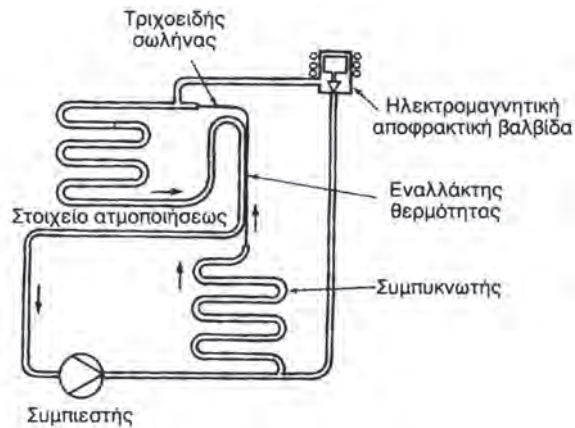
Το ψυγείο, στη συνέχεια, θα εκτελεί κανονικά τον ψυκτικό κύκλο μέχρις ότου ο θερμοστάτης του εξατμιστή “αντιληφθεί” πως υπάρχει ανάγκη για νέα απόψυξη.



Σχήμα 4.6.4 Θερμοστάτης και αντίσταση απόψυξης

4.6.4 Απόψυξη με θερμό ατμό

Εκτός από τη διάταξη απόψυξης με ηλεκτρική αντίσταση, τα οικιακά ψυγεία είναι δυνατόν να αποψύχονται με **θερμό ατμό**, δηλ. με το **θερμό ψυκτικό μέσον**. Η μέθοδος αυτή απαιτεί αρκετά απλή διάταξη, διότι στα ψυγεία χρησιμοποιείται ο τριχοειδής σωλήνας ως διάταξη στραγγαλισμού. Στα επόμενα σχήματα φαίνεται το διάγραμμα του ψυκτικού κυκλώματος για απόψυξη με θερμό ατμό, όπου χρησιμοποιείται ένας τριχοειδής σωλήνας ως στραγγαλιστική διάταξη, καθώς και η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα, η οποία αποτελεί τη ρυθμιστική διάταξη.



Σχήμα 4.6.5 Κύκλωμα για απόψυξη με θερμό ατμό



Σχήμα 4.6.6 Ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα

Όταν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι κλειστή, τότε το ψυκτικό κύκλωμα λειτουργεί κανονικά σε φάση ψύξεως. Όταν αρχίσει η απόψυξη, εκτελείται ο επόμενος κύκλος απόψυξης:

- α. Κλείνουν οι επαφές του χρονοδιακόπτη,
- β. ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα,
- γ. ο υπέρθερμος ατμός περνά από την είσοδο του συμπυκνωτή κατευθείαν στην είσοδο του εξατμιστή του ψυγείου, παρακάμπτοντας ουσιαστικά το συμπυκνωτή,
- δ. μετά από προκαθορισμένο χρονικό διάστημα ανοίγουν οι επαφές του χρονοδιακόπτη και
- ε. κλείνει η ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα, οπότε το ψυγείο ξεκινά πάλι τον κανονικό ψυκτικό κύκλο.

Στη συνέχεια, παραθέτουμε το ηλεκτρικό διάγραμμα της απόψυξης ενός ψυγείου με θερμό ατμό (σχήμα 4.6.8).

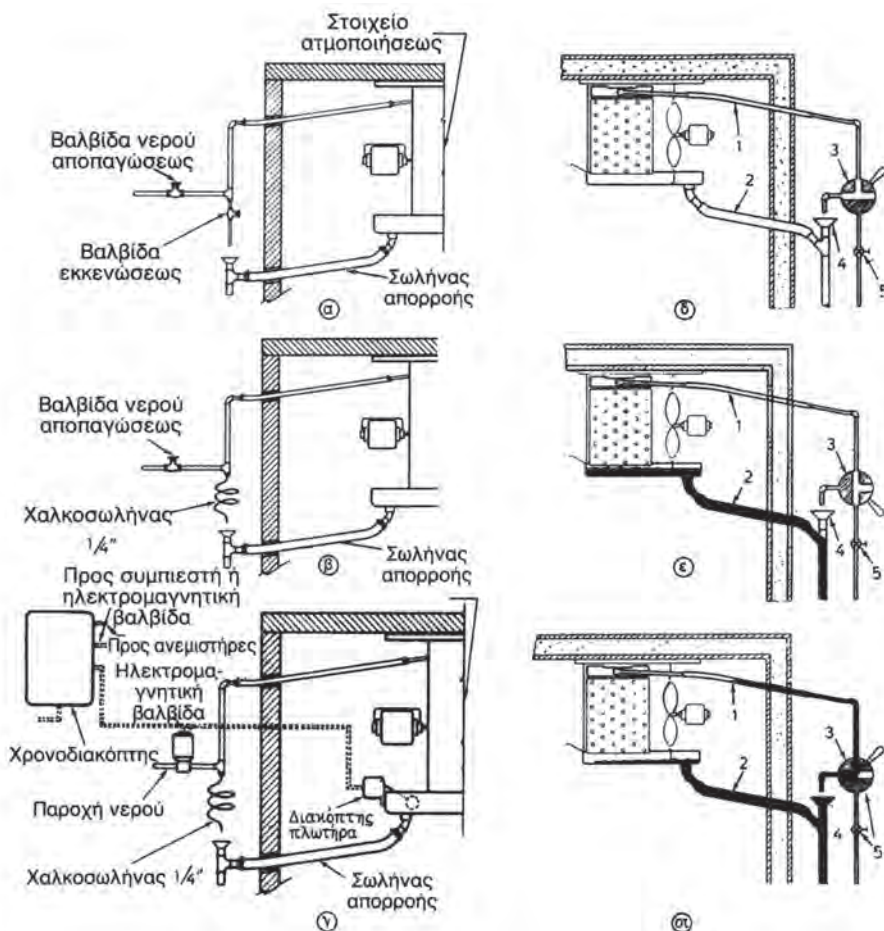
Κατά την απόψυξη ελαττώνεται σημαντικά η διαφορά πίεσης μεταξύ του τμήματος υψηλής και του τμήματος χαμηλής πίεσης του ψυγείου. Επομένως, η ποσότητα υγρού ψυκτικού μέσου που στραγγαλίζεται μειώνεται σημαντικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εσωτερική διάμετρος του τριχοειδή σωλήνα του ψυγείου είναι σταθερή και εξασφαλίζει πως δε θα φθάσει υγρό ψυκτικό στο συμπιεστή, πράγμα που θα προκαλούσε μεγάλες ζημιές.

4.6.5 Αποπάγωση με τη χρήση νερού

Στη μέθοδο αποπάγωσης με νερό το λιώσιμο του πάγου γίνεται με ψεκασμό ζεστού νερού. Η παροχή νερού μπορεί να γίνει με χειροκίνητο τρόπο ή αυτόματα. Σε πολλές περιπτώσεις, αντί να χρησιμοποιείται ζεστό νερό, χρησιμοποιείται διάλυμα νερού με αντιψυκτικό ή άλμη.

Στο αυτόματο σύστημα αποπάγωσης υπάρχει πάντα ένας χρονοδιακόπτης που ελέγχει (ανοίγει ή κλείνει) την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του νερού. Σε μερικές εγκαταστάσεις το σύστημα αποπάγωσης περιλαμβάνει και μηχανισμό ελέγχου της στάθμης του νερού που συσσωρεύεται στο συλλέκτη νερού. Έτσι, όταν η στάθμη του νερού στο συλλέκτη υπερβεί ένα όριο, ενεργοποιείται, μέσω πλωτήρα, ένας ηλεκτρικός διακόπτης στάθμης και διακόπτει τον ψεκασμό νερού μέχρι να χαμηλώσει αρκετά η

στάθμη. Όταν κλείσει ο κύκλος της αποπάγωσης, ο χρονοδιακόπτης διακόπτει την παροχή νερού και θέτει σε λειτουργία την ψυκτική εγκατάσταση.

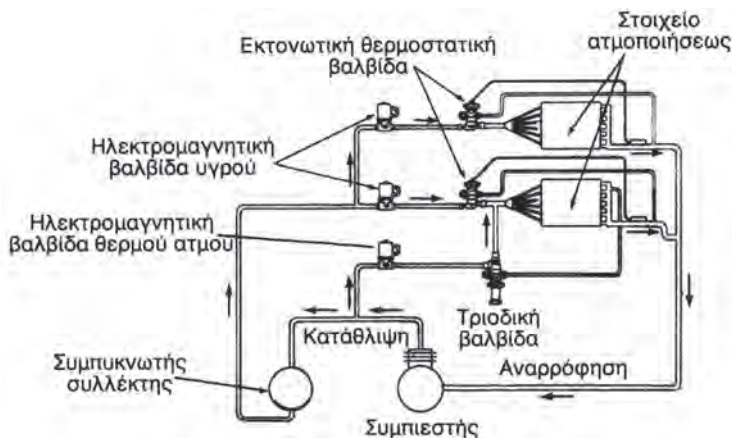


Σχήμα 4.6.7 Αποπάγωση με τριόδη χειροκίνητη βαλβίδα.

Β Αυτόματη διαδικασία αποπάγωσης με νερό.

4.6.6 Συμπυκνώματα της απόψυξης

Όπως είδαμε στα προηγούμενα, τα σύγχρονα οικιακά ψυγεία διαθέτουν διάταξεις αυτόματης απόψυξης, οι οποίες εκτελούν την απόψυξη σε προκαθορισμένα, τακτά χρονικά διαστήματα. Φυσικά, κατά την απόψυξη παράγεται νερό χαμηλής θερμοκρασίας, το οποίο πρέπει να οδηγείται σε κατάλληλο χώρο έξω από το θάλαμο του ψυγείου, διότι διαφορετικά θα προκαλούσε πολύ δυσάρεστα αποτελέσματα στα αποθηκευμένα προϊόντα.



Σχήμα 4.6.8 Διάγραμμα της απόψυξης με θερμό ατμό.

Για το σκοπό αυτό τοποθετείται μια λεκάνη στο κάτω μέρος του ψυγείου, όπου συγκεντρώνεται το νερό της απόψυξης. Συγκεκριμένα, η θέση της λεκάνης είναι πίσω από το συμπιεστή στη βάση του ψυγείου. Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

1. Το ψυγείο έχει συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας: Τα ψυγεία αυτά είναι κάπως παλαιότερης κατασκευής και χρησιμοποιούν τη φυσική ροή του αέρα για την ψύξη του συμπυκνωτή (δεν υπάρχει ανεμιστήρας). Στην περίπτωση αυτή η λεκάνη τοποθετείται ακριβώς πίσω από το συμπιεστή, ενώ ταυτόχρονα η γραμμή κατάθλιψης περνά μέσα από τη λεκάνη. Έτσι, ο υπέρθερμος ατμός της γραμμής κατάθλιψης θερμαίνει τα ψυχρά συμπυκνώματα της απόψυξης, τα οποία εξατμίζονται μέχρι να αρχίσει η επόμενη απόψυξη.
2. Το ψυγείο έχει συμπυκνωτή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα:

Στην περίπτωση αυτή, το ψυγείο διαθέτει έναν ανεμιστήρα πίσω από το συμπυκνωτή, ενώ η λεκάνη των συμπυκνωμάτων είναι τοποθετημένη πίσω από το συμπυκνωτή και τον ανεμιστήρα. Ο θερμός αέρας που έρχεται από το συμπυκνωτή αναγκάζεται να περάσει πάνω από τη λεκάνη, εξατμίζοντας έτσι τα συμπυκνώματα της απόψυξης. Η μέθοδος αυτή είναι αυτή που χρησιμοποιείται συχνότερα σήμερα.

4.6.7 Η επίδραση της (ΔΤ) των ατμοποιητών στη διαμόρφωση της σχετικής υγρασίας των ψυκτικών θαλάμων

Η συντήρηση των διάφορων ευπαθών προϊόντων δεν εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου αλλά και από τη σωστή υγρασία. Αν η υγρασία στο θάλαμο είναι πολύ μικρή (ο αέρας είναι ξηρός) δημιουργείται αφύγρανση από τη μάζα των συντηρούμενων προϊόντων. Η αφύγρανση αυτή γίνεται γρήγορα αισθητή από τη χαρακτηριστική εξωτερική αλλοίωση της εμφάνισης των προϊόντων, κυρίως φρούτων, λαχανικών και ανθέων. Αντίθετα, αν η υγρασία στο θάλαμο είναι πολύ μεγάλη, ευνοείται η ανάπτυξη μούχλας, μυκήτων και βακτηρίων.

Οι τεχνικοί της ψύξης χρησιμοποιούν συνήθως τον όρο της σχετικής υγρασίας, για να έχουν το μέτρο της υγρασίας που επικρατεί στον ψυκτικό θάλαμο.

Είναι ο λόγος της πραγματικής υγρασίας που υπάρχει σε κάθε kg αέρα προς την υγρασία που απαιτείται για να κορεστεί ο αέρας. Η σχετική υγρασία μετριέται επί τοις εκατό (%).

$$\text{Σχετική υγρασία} = \text{Πραγματική υγρασία} / \text{υγρασία κορεσμένου αέρα}$$

Η σχετική υγρασία συντήρησης των διάφορων προϊόντων δίνεται από ειδικούς πίνακες.

Ο σπουδαιότερος παράγοντας διαμόρφωσης της σχετικής υγρασίας ενός ψυκτικού θαλάμου είναι η (ΔΤ) του ατμοποιητή. Όσο πιο μικρή είναι η (ΔΤ) μεταξύ της θερμοκρασίας εξάτμισης του ψυκτικού στον ατμοποιητή και της θερμοκρασίας του θαλάμου, τόσο μεγαλύτερη είναι η σχετική υγρασία του θαλάμου και αντίστροφα.

Πίνακας 4.6.1 Σχέση (ΔT) και σχετικής υγρασίας.

Σχετική υγρασία	Απαιτούμενη ΔT σε $^{\circ}\text{C}$	
	Εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας αέρα	Εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα
95-91	7-8	5-6
90-86	8-9	6-7
85-81	9-10	7-8
80-76	10-11	8-9
75-70	11-12	9-10

Στον πίνακα δίνεται η τιμή της σχετικής υγρασίας του θαλάμου, όπως διαμορφώνεται από τις διάφορες τιμές (ΔT) σε εξατμιστές φυσικής και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Π.Χ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.12

Έστω ότι σε ψυκτικό θάλαμο με ατμοποιητή φυσικής κυκλοφορίας αέρα επιθυμούμε σχετική υγρασία 85%. Σε ποια μέση (ΔT) πρέπει να εργάζεται ο ατμοποιητής, ώστε να διατηρείται η παραπάνω σχετική υγρασία.

Απάντηση.

Από τον πίνακα βλέπουμε ότι για να έχουμε σχετική υγρασία 85-81 %, η (ΔT) θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 9°C - 10°C . Στην περίπτωση ατμοποιητή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα η απαιτούμενη (ΔT) είναι 7°C - 8°C .

Για τη διατήρηση της σχετικής υγρασίας σε επιθυμητά επίπεδα τοποθετούμε στη γραμμή της αναρρόφησης ένα ρυθμιστή πίεσης αναρρόφησης. Το εξάρτημα αυτό κρατά σταθερή την πίεση εξάτμισης του ψυκτικού στον ατμοποιητή και επομένως και τη θερμοκρασία εξάτμισής του. Έτσι, η (ΔT) ρυθμίζεται και παραμένει σταθερή, με αποτέλεσμα να διατηρείται στο θάλαμο και σταθερή (επιθυμητή) σχετική υγρασία.

4.7 Ψύξη του λαδιού του συμπιεστή

Σκοπός της λίπανσης του συμπιεστή είναι να προστατεύονται οι προστριβόμενες επιφάνειές του από πρόωρες φθορές και καταστροφές.

Η λίπανση θεωρείται ικανοποιητική, όταν οι προστριβόμενες επιφάνειες δέχονται την κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα λαδιού σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας του συμπιεστή.

Χωρίς την παρεμβολή του κατάλληλου λιπαντικού στρώματος μεταξύ των προστριβόμενων επιφανειών του συμπιεστή η διάρκεια ζωής του θα ήταν πολύ σύντομη, λόγω των καταστροφικών συνεπειών που δημιουργούν οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις ξηράς τριβής.

Πέρα από τον προαναφερθέντα βασικό σκοπό της λίπανσης, η παρουσία του λιπαντικού στρώματος μεταξύ των προστριβόμενων επιφανειών προσφέρει τα παρακάτω ευεργετικά αποτελέσματα:

1. Διατηρεί καθαρές τις προστριβόμενες επιφάνειες λόγω φιλτραρίσματος λαδιού.
2. Απορροφά μέρος της αναπτυσσόμενης θερμότητας και ψύχει τις λιπαινόμενες επιφάνειες.
3. Ενισχύει τη στεγανότητα μεταξύ κυλίνδρου και εμβόλου.
4. Προστατεύει τις λιπαινόμενες επιφάνειες από διάβρωση και κατά το χρόνο διακοπής του κινητήρα.

Μέθοδοι λίπανσης των συμπιεστών

Οι μέθοδοι λίπανσης είναι οι εξής:

- α) Με ραντισμό ή πλαταγισμό
- β) Με αντλία λαδιού

α. Λίπανση με ραντισμό ή πλαταγισμό

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη λίπανση συμπιεστών μικρής ισχύος, και γίνεται ως εξής:

Όπως περιστρέφεται ο στροφαλοφόρος άξονας μέσα στο στροφαλοθάλαμο, η κεφαλή του διωστήρα βυθίζεται στο ψυκτέλαιο και το εκτινάσσει

προς τα πάνω έτσι, ώστε να λιπαίνονται τα τοιχώματα τού κυλίνδρου, ο πύρος του εμβόλου και οι τριβείς του στροφαλοφόρου άξονα, οι οποίοι έχουν για το σκοπό αυτό ειδικές διαμορφώσεις στις οποίες συγκεντρώνεται το λάδι κατά την εκτίναξή του.

β. Λίπανση με αντλία λαδιού

Η μέθοδος αυτή είναι καλύτερη της προηγούμενης, διότι εξασφαλίζει σε όλα τα σημεία λίπανσης ικανοποιητική ποσότητα και ποιότητα λαδιού. Το σύστημα λίπανσης με αντλία λαδιού προϋποθέτει την ύπαρξη μελετημένου δικτύου λίπανσης που περιλαμβάνει:

1. Τα φίλτρα του λαδιού
2. Τους εσωτερικούς αγωγούς προσαγωγής του λαδιού λίπανσης
3. Τις βαλβίδες ανακούφισης των υψηλών πιέσεων του λαδιού λίπανσης
4. Τις μαγνητικές παγίδες ρινισμάτων που απαλλάσσουν το ψυκτέλαιο από τα αιωρούμενα ρινίσματα

Ανάλογα με το μέγεθος του συμπιεστή και το σχεδιασμό λειτουργίας του, το σύστημα λίπανσης είναι είτε απλό είτε σύνθετο, συνηθίζεται πάντως να έχουν αντλία λαδιού οι συμπιεστές των οποίων η ισχύς είναι μεγαλύτερη των 2kW.

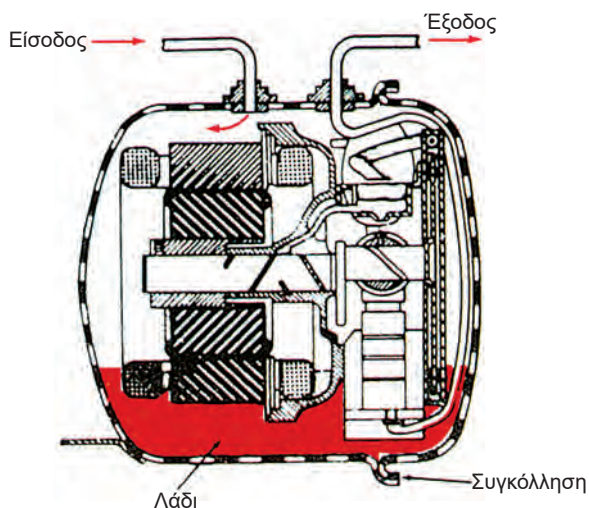
γ. Οι βασικές ιδιότητες του λαδιού των παλινδρομικών συμπιεστών:

1. Χημική Σταθερότητα
2. Χαμηλή Θερμοκρασία πήξης
3. Υψηλή διηλεκτρική αντοχή (μεγαλύτερη των 25000V για 2,5mm)
4. Κατάλληλη τιμή ιξώδους (ρευστότητας)

δ. Το σύστημα ασφάλειας πίεσης λαδιού περιλαμβάνει:

Διαφορικό πιεζοστάτη λαδιού.
Χρονοδιακόπτη καθυστέρησης.
Σωληνώσεις και ηλεκτρικές καλωδιώσεις.

Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας ενός ερμητικού συμπιεστή που λιπαίνεται με ραντισμό, η κύρια ποσότητα του λαδιού λιπάνσεως πρέπει να βρίσκεται στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή απ' όπου αναρροφάται η ποσότητα λαδιού που απαιτείται για τη λίπανση του συμπιεστή, όπως δείχνει το επόμενο σχήμα 4.7.1.



Σχήμα 4.7.1 Ελαιολεκάνη συμπιεστή

Όσον αφορά την ασφάλεια λειτουργίας του συμπιεστή, πρέπει η ψυκτική εγκατάσταση να έχει σχεδιασθεί έτσι, ώστε ολόκληρη η ποσότητα λαδιού να επανέρχεται στην ελαιολεκάνη. Ειδικά για τους ερμητικούς συμπιεστές που χρησιμοποιούνται στα οικιακά ψυγεία, στους μικρούς επαγγελματικούς καταψύκτες και στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία, η ποσότητα του λαδιού καθορίζεται με μεγάλη ακρίβεια, η οποία πολλές φορές φθάνει τα 10 γραμμάρια ανά $1/2$ κιλό λαδιού.

Κατά τη λειτουργία του συμπιεστή, το λάδι **θερμαίνεται** επειδή παράγεται θερμότητα λόγω των τριβών μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου, καθώς και μεταξύ του μικρού “διωστήρα” και του κομβίου του στροφάλου. Η θερμότητα αυτή απομακρύνεται με τον **ψύκτη του λαδιού**. Η βασική ιδέα εδώ είναι ότι ο σωλήνας, που σχηματίζει τη σερπαντίνα του συμπυκνωτή, μπορεί σε κάποια θέση του να **επιστρέφει στην ελαιολεκάνη** του συμπιεστή, όπου σχηματίζει ένα **κλειστό βρόχο**, και έπειτα να συνεχίζει την πορεία του στο συμπυκνωτή, ο οποίος είναι στερεωμένος στο πίσω μέρος του ψυγείου. Η διάταξη αυτή φαίνεται στο σχήμα 4.7.2.

Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η **ψύξη του λαδιού** του συμπιεστή. Πράγματι, το ψυκτικό μέσον (υπέρθερμος ατμός) χάνει ένα μέρος της ενθαλπίας του κατά τη διαδρομή του από την κατάθλιψη του συμπιεστή μέχρι τη θέση, όπου επιστρέφει, στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή. Έτσι, το ψυκτικό μέσον μπαίνει με χαμηλότερη θερμοκρασία στην ελαιολεκάνη, ώστε να ψύχει το λάδι. Στη συνέχεια, αφού κινηθεί σε ένα κλειστό βρόχο, το ψυκτικό μέσον οδηγείται και πάλι στη σερπαντίνα του συμπυκνωτή του ψυγείου, όπως δείχνει το σχήμα 4.7.2, όπου αρχικά ψύχεται και τελικά στραγγαλίζεται.

4.8 Ο οικιακός ψυκτικός θάλαμος

Ο ψυκτικός θάλαμος αποτελεί το σημαντικότερο ίσως τμήμα του ψυγείου, αφενός μεν διότι σε αυτόν αποθηκεύονται τα τρόφιμα που πρέπει να συντηρούνται ή να καταψύχονται και αφετέρου διότι από τη σωστή κατασκευή του εξαρτάται η καλή λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης. Οι πρώτοι οικιακοί ψυκτικοί θάλαμοι ήταν κατασκευασμένοι από ξύλο και αποτελούσαν συνέχεια των αρχικών οικιακών ψυγείων που λειτουργούσαν με πάγο, στα οποία τοποθετήθηκε η εγκατάσταση με μηχανική συμπίεση ατμού με την προσθήκη ενός μηχανισμού ελέγχου της ροής του ψυκτικού μέσου. Αργότερα, χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά ελάσματα, τα οποία στηρίζονταν σε ξύλινο πλαίσιο έτσι, ώστε ο θάλαμος να γίνει πιο στιβαρός. Ωστόσο, οι θάλαμοι αυτοί είχαν πολύ μεγάλο βάρος, διότι επί πλέον διέθεταν συμπιεστή ανοικτού τύπου.

Το μεγάλο βήμα προόδου πραγματοποιήθηκε, όταν χρησιμοποιήθηκε η **μόνωση από αφρώδη υλικά** στο θάλαμο του ψυγείου. Η μόνωση αυτή, σε συνδυασμό με τη χρήση πλαστικών υλικών στην εσωτερική επιφάνεια του θαλάμου, μείωσε κατά πολύ το βάρος του ψυγείου και ενίσχυσε τη θερμομόνωσή του από τον περιβάλλοντα χώρο. Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά της μόνωσης του θαλάμου του ψυγείου, τα οποία όμως ισχύουν γενικότερα για όλους τους θαλάμους.

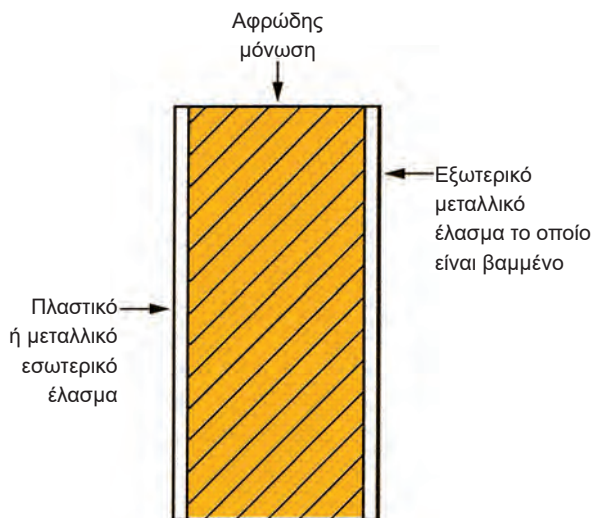
- α) Ιδιότητες των μονωτικών υλικών: Ως μόνωση του θαλάμου ορίζεται ένα στρώμα από ειδικό υλικό, το οποίο στερεώνεται ανάμεσα στα τοιχώματα του θαλάμου, ώστε να ελαττώνεται σημαντικά η ροή της

θερμότητας από τον εξωτερικό ζεστό αέρα προς τον θάλαμο, όπως δείχνει το σχήμα 4.8.1.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση ονομάζονται **θερμομονωτικά**. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των θερμομονωτικών υλικών είναι η μεγάλη τους αντίσταση στη ροή της θερμότητας ή ισοδύναμα η μικρή θερμική αγωγιμότητα τους. Επίσης, χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι περιέχουν μεγάλο αριθμό **κυψελίδων** στις οποίες υπάρχει **εγκλωβισμένος αέρας**, δηλ. αέρας που παραμένει ακίνητος και για το λόγο αυτό έχει πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα. Όσο μεγαλύτερη ποσότητα εγκλωβισμένου αέρα περιέχεται στη μόνωση, τόσο μικρότερος είναι ο συντελεστής αγωγιμότητας της μόνωσης και τόσο οικονομικότερη γίνεται η λειτουργία του ψυγείου.

Στο εμπόριο υπάρχει πλήθος υλικών με μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα. Ωστόσο, τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των θαλάμων των οικιακών ψυγείων πρέπει να έχουν επί πλέον τις επόμενες ιδιότητες:

1. Δεν πρέπει να απορροφούν υγρασία,
2. Πρέπει να μην είναι εύφλεκτα, δηλ. να αναφλέγονται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 750°C, διαφορετικά δε χρησιμοποιούνται, παρότι έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα,
3. Δεν πρέπει να αναδύουν ή να απορροφούν οσμές, διότι οι οσμές μεταδίδονται στα συντηρούμενα τρόφιμα και
4. Πρέπει να έχουν ικανοποιητική μηχανική αντοχή.



Σχήμα 4.8.1 Μόνωση οικιακού ψυγείου

Τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση των οικιακών ψυγείων είναι τα **αφρώδη συνθετικά υλικά**. Τα βασικότερα από αυτά είναι η **διογκωμένη πολυστερίνη** και η **σκληρή αφρώδης πολυουρεθάνη**.

- β) Επίδραση της υγρασίας στα θερμομονωτικά υλικά: Η υγρασία είναι εντελώς ανεπιθύμητη στα θερμομονωτικά υλικά, διότι αυξάνει τη θερμική τους αγωγιμότητα. Η αύξηση αυτή είναι ανάλογη με το ποσοστό της υγρασίας στη μάζα της θερμομόνωσης. Μια άλλη δυσμενής επίδραση της υγρασίας είναι ότι κατά τη συμπύκνωση του υδρατμού μέσα στο στρώμα της μόνωσης εκλύεται **λανθάνουσα θερμότητα**, η οποία καταλήγει στο θάλαμο. Τέλος, υπάρχει η πιθανότητα να φθάσει το νερό μέχρι την εσωτερική ψυχρή επιφάνεια του θαλάμου, όπου γίνεται πάγος, εκλύοντας νέο ποσό λανθάνουσας θερμότητας.



Σχήμα 4.8.2 Ψυγείο με μια πόρτα

Τα πρώτα σύγχρονα οικιακά ψυγεία μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο (δεκαετία του '50) είχαν μια μόνο κύρια εξωτερική πόρτα, ενώ εσωτερικά διέθεταν μια ξεχωριστή πόρτα για το χώρο της κατάψυξης και ιδιαίτερους χώρους για τα λαχανικά στο κάτω μέρος του θαλάμου, όπως δείχνει το πιο πάνω σχήμα 4.8.2.

Το βασικό πρόβλημα με τις πόρτες αυτές ήταν η στεγανοποίησή τους, για να μην περνά ο ζεστός ατμοσφαιρικός αέρας μέσα στο θάλαμο. Οι περισσότερες πόρτες αυτών των παλαιότερων ψυγείων είχαν μάνδαλα ασφάλισης και άνοιγαν μόνο απέξω. Επίσης, πολλά από αυτά τα οικιακά ψυγεία είχαν μια περιφερειακή φλάντζα στεγανοποίησης γύρω από την πόρτα τους. Η φλάντζα αυτή περιείχε θύλακες αέρα, οι οποίοι πιέζονταν πάνω στο πλαίσιο της πόρτας, οπότε με την πάροδο του χρόνου χαλάρωνε η πρόσφυση της φλάντζας στο πλαίσιο λόγω κόπωσης του υλικού, με αποτέλεσμα να περνά αέρας μέσα στο θάλαμο. Ο αέρας αυτός αφενός ηύξανε το φορτίο του εξατμιστή και μείωνε το βαθμό απόδοσης του ψυγείου και αφετέρου δημιουργούσε πάγο ανάμεσα στη φλάντζα στεγανότητας και στο σώμα του ψυγείου, λόγω της υγρασίας του αέρα, γεγονός που οδηγούσε στην καταστροφή της φλάντζας.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε με την προσθήκη **ενός μαγνήτη μέσα στη φλάντζα**. Ο μαγνήτης αυτός έλκεται από το μεταλλικό πλαίσιο της πόρτας, ώστε να δημιουργεί στεγανοποίηση με συμπίεση χωρίς να καταπονείται η πόρτα, ενώ η φλάντζα στερεώνεται στην πόρτα με ένα μεταλλικό έλασμα.

Η μαγνητική φλάντζα αντικαθίσταται πολύ ευκολότερα από τις παλαιότερες φλάντζες, ενώ η πόρτα μπορεί να ανοίγει και από μέσα, γεγονός πολύ σημαντικό από πλευράς ασφάλειας (αν κάποιος κλειστεί στο ψυγείο, π.χ. ένα μικρό παιδί, μπορεί να βγει έξω).

Ο θάλαμος των σημερινών ψυγείων έχει συνήθως δύο πόρτες, οι οποίες είναι διατεταγμένες είτε η μια δίπλα στην άλλη ή η μια πάνω από την άλλη, όπως δείχνει το πιο κάτω σχήμα 4.8.3.



Σχήμα 4.8.3 Θάλαμος ψυγείων με δύο πόρτες

Στην περίπτωση που η μια πόρτα είναι δίπλα στην άλλη ο **θάλαμος κατάψυξης** έχει πάντοτε το μικρότερο πλάτος και μπορεί να βρίσκεται δεξιά

ή αριστερά του **θαλάμου συντήρησης** ανάλογα με τις επιθυμίες του πελάτη. Τα ψυγεία αυτά έχουν στενούς και βαθείς θαλάμους, γεγονός που κάνει πιο δύσκολη τη συντήρησή τους. Αν η μια πόρτα είναι πάνω από την άλλη, τότε το ψυγείο έχει μεγαλύτερο εσωτερικό χώρο, διότι οι θάλαμοι συντήρησης και κατάψυξης έχουν μεγαλύτερο πλάτος από τους θαλάμους των προηγούμενων ψυγείων. Επίσης, είναι δυνατόν το ψυγείο να έχει μια μόνο εξωτερική πόρτα και ο θάλαμος της κατάψυξης να έχει τη δική του πόρτα.

Η εξωτερική επιφάνεια του θαλάμου του οικιακού ψυγείου κατασκευάζεται από μεταλλικό έλασμα το οποίο βάφεται, ώστε να γίνει ανοξειδωτο και αδιαπέραστο από την υγρασία. Το χρώμα της βαφής είναι συνήθως άσπρο, αλλά μπορεί να είναι και κάποιο άλλο χρώμα, ώστε να ταιριάζει με τα χρώματα των εντοιχισμένων επίπλων της σύγχρονης κουζίνας. Η εσωτερική επιφάνεια κατασκευάζεται από πλαστικό υλικό, το οποίο καθαρίζεται εύκολα, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Οι θερμοκρασίες που επικρατούν στα διάφορα τμήματα του ψυκτικού θαλάμου μεταβάλλονται από το ένα τμήμα στο άλλο. Έτσι, το τμήμα της **κατάψυξης** έχει θερμοκρασία από -12°C έως και -28°C , ώστε τα τρόφιμα να διατηρούνται για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα, το τμήμα **συντήρησης ή απλής ψύξης**, που ακολουθεί αμέσως μετά, έχει θερμοκρασία $2^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$, ώστε τα τρόφιμα να διατηρούνται φρέσκα για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Το κάτω μέρος του ψυκτικού θαλάμου χρησιμοποιείται συνήθως για τη συντήρηση των φρέσκων λαχανικών και για το λόγο αυτό διατίθεται ένα ή και περισσότερα συρτάρια, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8.2.

Ακόμη, ο θάλαμος μπορεί να διαθέτει ένα μικρό, κλειστό τμήμα για τη συντήρηση του βουτύρου, το οποίο έχει θερμοαντική αντίσταση, ώστε ο χώρος να διατηρείται σε θερμοκρασία υψηλότερη από τον υπόλοιπο θάλαμο.

Τα σύγχρονα ψυγεία διαθέτουν περαιτέρω ένα χώρο (θαλαμίσκο) μέσα στην κατάψυξη, όπου παράγονται **παγάκια**. Ο χώρος αυτός γεμίζει με πόσιμο νερό μέσω μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας σε κατάλληλα καθορισμένα χρονικά διαστήματα και στερεώνεται μέσα στο θάλαμο της κατάψυξης. Πολλά ψυγεία έχουν εξωτερικούς μηχανισμούς για την άμεση παροχή του πάγου και του κρύου νερού. Οι μηχανισμοί αυτοί τοποθετούνται σε κατάλληλα διαμορφωμένες κοιλότητες της πόρτας της κατάψυξης, όπου

συνδέονται επίσης οι καλωδιώσεις και ο σωλήνας του νερού. Τα παγάκια φθάνουν στον καταναλωτή με τη βαρύτητα μέσω ενός αγωγού, ο οποίος συνδέει το εξωτερικό στόμιο παροχής με τον θαλαμίσκο παραγωγής πάγου που βρίσκεται στην κατάψυξη.

Αν το ψυγείο έχει μηχανισμό παραγωγής πάγου, τότε είναι οπωσδήποτε απαραίτητο να έχει **ψυκτικό θάλαμο εντελώς οριζόντιο**. Αν ο θάλαμος δεν είναι οριζόντιος, τότε το νερό που χρησιμοποιείται για τα παγάκια θα υπερχειλίζει προκαλώντας ζημιά στο θάλαμο. Για το λόγο αυτό, τα πιο πολλά ψυγεία έχουν μηχανισμούς που ρυθμίζουν το ύψος τους, ώστε οι θάλαμοι να είναι τελείως οριζόντιοι. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι είτε πόδια με σπείρωμα, το οποίο με την περιστροφή του ανυψώνει ή χαμηλώνει το πόδι, ή μικροί κυλινδρικοί τροχοί.

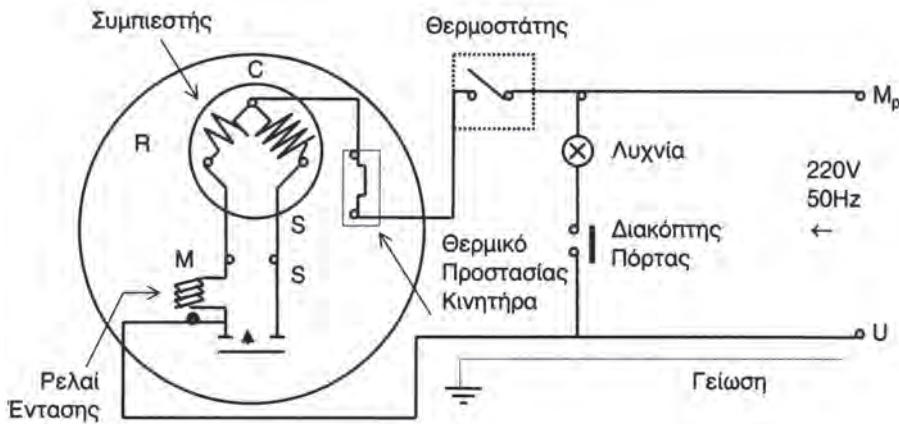
Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι συχνά δημιουργείται υγρασία στο πλαίσιο της πόρτας ακόμη και των πιο σύγχρονων ψυγείων. Αυτό συμβαίνει, διότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θαλάμου είναι πολύ χαμηλότερη από το μηδέν (π.χ. -18°C) μέσα στην κατάψυξη. Κατά συνέπεια, ψύχεται και η επιφάνεια του πλαισίου της πόρτας σε τέτοιο βαθμό, ώστε να συμπυκνώνει πάνω της τους υδρατμούς του αέρα. Φυσικά, η υγρασία αυτή είναι καταστρεπτική για τη φλάντζα στεγανοποίησης της πόρτας. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την τοποθέτηση θερμαντήρων γύρω από τις πόρτες. Οι θερμαντήρες τοποθετούνται στο εσωτερικό του διαχωριστικού πλαισίου μεταξύ των θαλάμων συντήρησης-κατάψυξης, καθώς και στα ακραία πλαίσια.

4.9 Καλωδιώσεις και μηχανισμοί ελέγχου

Τα κυριότερα μηχανήματα και οι συσκευές ενός οικιακού ψυγείου που πρέπει να ελέγχονται είναι **ο συμπιεστής, ο ανεμιστήρας του εξατμιστή, ο ανεμιστήρας του συμπιεστή, η αντίσταση της απόψυξης, η εσωτερική λυχνία, ο μηχανισμός παρασκευής πάγου και οι θερμαντήρες των τοιχωμάτων**. Το κύκλωμα των καλωδιώσεων για τη λειτουργία και τον έλεγχο αυτών των μηχανημάτων και συσκευών δίνεται συνήθως υπό μορφήν ενός **μονογραμμικού διαγράμματος**, το οποίο τοποθετείται στο πίσω μέρος του θαλάμου έτσι, ώστε ο τεχνίτης να μπορεί να αναγνωρίσει τις καλωδιώσεις σε περίπτωση βλάβης. Στη συνέχεια, δίνουμε δύο μονογραμμικά διαγράμματα καλωδιώσεων. Το πρώτο (σχήμα 4.9.1) είναι

απλούστερο και αφορά τη λειτουργία και τον έλεγχο του συμπιεστή και της λυχνίας του θαλάμου ενός οικιακού ψυγείου παλαιότερου τύπου που δε διαθέτει μηχανισμό απόψυξης, ενώ το δεύτερο (σχήμα 4.9.3) είναι πιο σύνθετο και αντιστοιχεί σε ένα οικιακό ψυγείο που έχει όλους τους μηχανισμούς ελέγχου, όπως απόψυξης, παρασκευής πάγου, θερμαντήρων τοιχωμάτων θαλάμου κτλ.

Α) Ηλεκτρικό διάγραμμα καλωδιώσεων ψυκτικής εγκατάστασης οικιακών ψυγείων, χωρίς αντιστάσεις απόψυξης



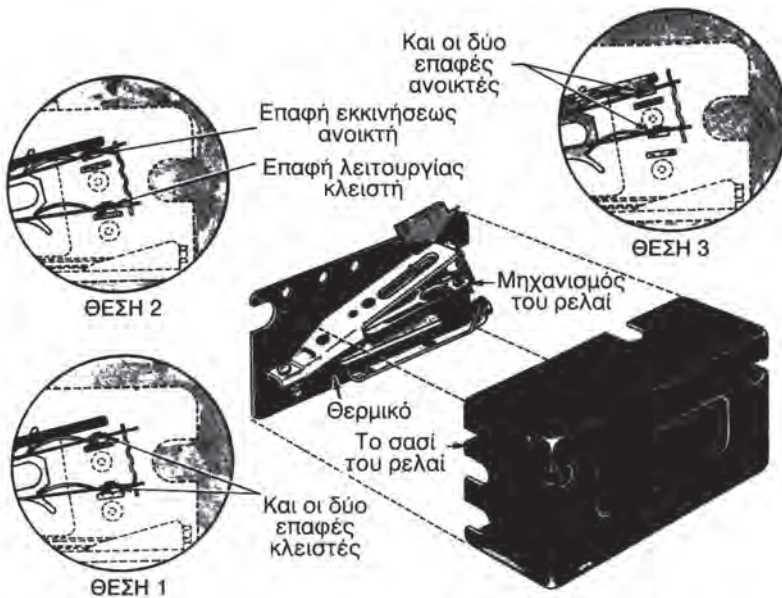
Σχήμα 4.9.1 Ηλεκτρικό διάγραμμα καλωδιώσεων ψυκτικής εγκατάστασης οικιακών ψυγείων χωρίς αντιστάσεις απόψυξης

Στο σχήμα 4.9.1 βλέπουμε καταρχήν τις τρεις βασικές γραμμές, ήτοι τη γραμμή M_p , η οποία είναι η **φάση** και έχει χρώμα **καφέ**, τη γραμμή U που είναι ο **ουδέτερος** και έχει χρώμα **μπλε** και τη γραμμή της **γείωσης** που έχει χρώμα κίτρινο-πράσινο. Ο **συμπιεστής** ελέγχεται με το **θερμοστάτη**, ο οποίος μετρά τη θερμοκρασία του θαλάμου με ένα αισθητήριο βολβό και ρυθμίζεται, ώστε να κλείνει το κύκλωμα στη **θερμοκρασία εκκίνησης** (χαμηλή θερμοκρασία στο θάλαμο) και να ανοίγει το κύκλωμα στη **θερμοκρασία διακοπής** (υψηλή θερμοκρασία στο θάλαμο). Η διαφορά των θερμοκρασιών αυτών ονομάζεται **διακύμανση** και είναι αρκετά μεγάλη έτσι, ώστε ο συμπιεστής να μη διακόπτεται και αρχίζει συχνά τη λειτουργία του. Στο κύκλωμα υπάρχει επίσης ένα ακόμη εξάρτημα αυτομάτου ελέγχου που ονομάζεται **ρελέ ή ηλεκτρονόμος έντασης**. Το ρελέ έντασης χρησιμοποιείται σε μικρές μονάδες με ισχύ μέχρι 550 W, όπως είναι τα οικιακά

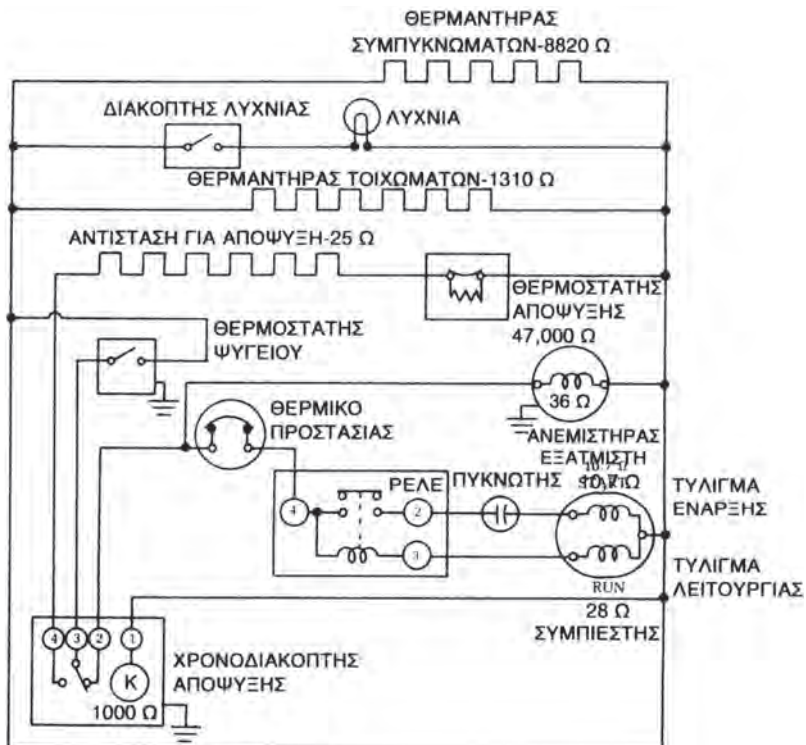
ψυγεία, και έχει σκοπό να συνδέει τη **βοηθητική περιέλιξη (CS)** του ηλεκτροκινητήρα κατά την **εκκίνηση** του συμπιεστή και να την αποσυνδέει, όταν ο συμπιεστής έχει πάρει το 80 -85% των ονομαστικών στροφών του (για περισσότερα βλέπε την παράγραφο 4.12). Σε σειρά με το θερμοστάτη έχει συνδεθεί το **θερμικό προστασίας του κινητήρα**, το οποίο αποτελεί επίσης εξάρτημα αυτομάτου ελέγχου. Ο σκοπός του είναι να προστατεύει τόσο την **κύρια περιέλιξη (C R)**, όσο και τη βοηθητική περιέλιξη (C S) του ηλεκτροκινητήρα από υπερθέρμανση. Η υπερθέρμανση μπορεί να συμβεί είτε επειδή η βοηθητική περιέλιξη (C S) παραμένει υπό τάση για χρόνο μεγαλύτερο από 5 δευτερόλεπτα ή επειδή, κατά τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα, δημιουργείται μεγάλη ένταση για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, η οποία περνά από την κύρια περιέλιξη (C R). Τα θερμικά προστασίας περιλαμβάνουν **δύο ζεύγη επαφών**. Το ένα ζεύγος είναι για την τροφοδότηση της κύριας περιέλιξης και το άλλο για την τροφοδότηση της βοηθητικής. Οι μηχανισμοί των επαφών είναι κατασκευασμένοι από **διμεταλλικά ελάσματα**, που το κάθε ένα έχει διαφορετικό **συντελεστή θερμικής διαστολής**, τα οποία επηρεάζονται από τη θερμότητα που εκλύει μια ειδική **αντίσταση**, η οποία είναι τοποθετημένη σε σειρά κοντά στα διμεταλλικά ελάσματα. Οι φάσεις λειτουργίας του θερμικού προστασίας (θερμικού ρελέ) φαίνονται στο επόμενο σχήμα 4.9.2.

Αρχικά και τα δύο ζεύγη επαφών είναι κλειστά πριν από την εκκίνηση (βλέπε σχήμα 4.9.2, θέση I). Ακολουθως, **ανοίγει η επαφή της περιέλιξης εκκίνησης (C S)** μετά από μερικά δευτερόλεπτα, διότι η αντίσταση έχει θερμάνει αρκετά το αντίστοιχο διμεταλλικό έλασμα (θέση II, σχήμα 4.9.2). Τέλος, αν τυχόν αυξηθεί πολύ και για μεγάλο χρονικό διάστημα η ένταση που διαρρέει την κύρια περιέλιξη (C R), τότε **ανοίγει και η επαφή της κύριας περιέλιξης** (θέση III, σχήμα 4.9.2). Τα δύο ζεύγη επαφών **κλείνουν πάλι**, όταν ο θερμοστάτης διακόπτει το κύκλωμα, οπότε κρυώνει η αντίσταση και μαζί με αυτή και τα διμεταλλικά ελάσματα.

Τέλος, στο κύκλωμα του σχήματος 4.9.1 φαίνεται η **λυχνία του θαλάμου**, η οποία προφανώς ελέγχεται με το **διακόπτη της πόρτας**, δηλ. η λυχνία ανάβει, όταν κλείνει ο διακόπτης (ανοίγει η πόρτα) και σβήνει, όταν ανοίγει ο διακόπτης (κλείνει η πόρτα του θαλάμου).



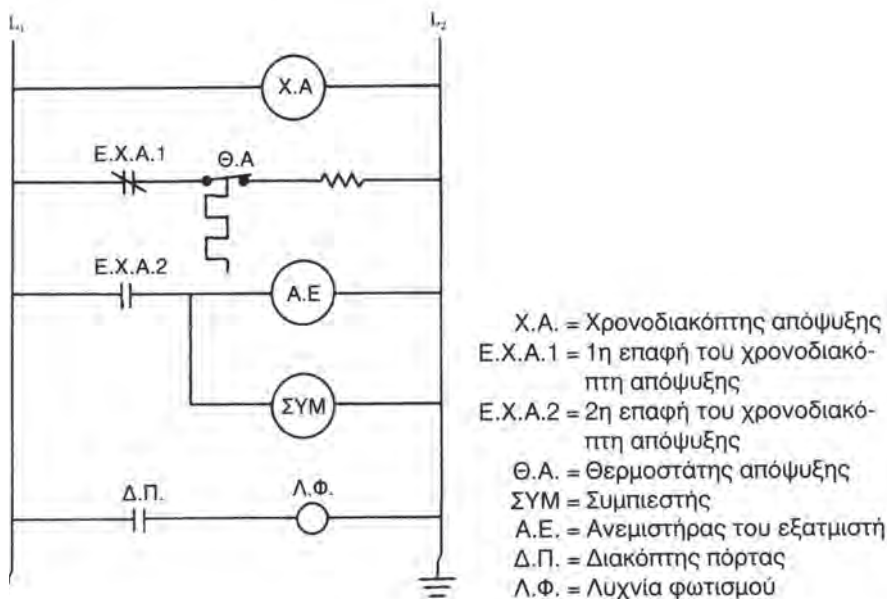
Σχήμα 4.9.2 Φάσεις λειτουργίας του θερμικού προστασίας



Σχήμα 4.9.3 Πλήρες μονογραμμικό διάγραμμα

Β) Πλήρες ηλεκτρικό διάγραμμα καλωδιώσεων οικιακού ψυγείου

Στη συνέχεια, παραθέτουμε το πλήρες μονογραμμικό διάγραμμα των καλωδιώσεων ενός σύγχρονου οικιακού ψυγείου (σχήματα 4.9.3 και 4.9.4), όπου, εκτός του συμπιεστή και της λυχνίας (λαμπτήρα) του θαλάμου, έχει συμπεριληφθεί ο **θερμαντήρας (αντίσταση) απόψυξης**, ο οποίος ελέγχεται με το **θερμοστάτη απόψυξης**, ο **θερμαντήρας των τοιχωμάτων του θαλάμου**, ο οποίος συνδέεται παράλληλα με την αντίσταση απόψυξης και ελέγχεται με τον **ηλεκτρικό διακόπτη**, ο **μηχανισμός πάγου** που ελέγχεται με την **ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του νερού** και τέλος ο **ηλεκτροκινητήρας του εξατμιστή** που έχει συνδεθεί σε σειρά με το συμπιεστή. Φυσικά, υπάρχουν όλοι οι μηχανισμοί ελέγχου που είδαμε πιο πάνω, δηλ. το ρελέ έντασης, το θερμικό προστασίας του ηλεκτροκινητήρα, ο θερμοστάτης (θερμοκρασιακός μηχανισμός ελέγχου) του θαλάμου και ο διακόπτης του λαμπτήρα.



Σχήμα 4.9.4 Λεπτομερές ηλεκτρικό κύκλωμα μικρού επαγγελματικού ψυγείου.

4.10 Σωστή θέση τοποθέτησης οικιακού ψυγείου

Η τοποθέτηση του ψυγείου έχει μεγάλη σημασία για την απόδοσή του. Καταρχήν το ψυγείο πρέπει να είναι σε **οριζόντια θέση**, ειδικά όταν διαθέτει **μηχανισμό παρασκευής πάγου**, οπότε το πόσιμο νερό πρέπει να διατηρείται σε οριζόντια θέση, ώστε να μη ξεχειλίζει από το δίσκο του προς το θάλαμο του ψυγείου (βλέπε την παράγραφο 4.17). Η οριζόντια θέση του ψυγείου ρυθμίζεται είτε με ειδικά πόδια που φέρουν σπείρωμα, ώστε να ανεβαίνουν ή να κατεβαίνουν, ή με μικρούς κυλινδρικούς τροχούς, οι οποίοι ανεβαίνουν και κατεβαίνουν με τη βοήθεια ενός κοχλίου (βίδας) που μπορεί να περιστρέφεται μέσα σε μια κοιλότητα του θαλάμου, η οποία φέρει σπείρωμα.

Ωστόσο, η σπουδαιότερη συνέπεια της σωστής ή μη θέσης του οικιακού ψυγείου είναι η επίδραση που έχει στη **λειτουργία του συμπυκνωτή**. Πράγματι, αν το ψυγείο έχει τοποθετηθεί έτσι, ώστε η πίσω πλευρά του, όπου βρίσκεται ο συμπυκνωτής, να απέχει ικανοποιητική απόσταση από το γειτονικό τοίχωμα του δωματίου (π.χ. κουζίνας), τότε ο αέρας θα κυκλοφορεί χωρίς προβλήματα γύρω από το συμπυκνωτή, είτε αυτός είναι φυσικής ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα να ψύχεται σωστά και να μην ανεβάζει θερμοκρασία και πίεση, οπότε το ψυγείο θα λειτουργεί σωστά, δηλ. με τον **προβλεπόμενο βαθμό απόδοσης**. Αυτό σημαίνει ότι επιτυγχάνονται οι προβλεπόμενες από τον κατασκευαστή **θερμοκρασίες** στο θάλαμο συντήρησης και στο θάλαμο κατάψυξης. Αν όμως το ψυγείο δεν έχει τοποθετηθεί σωστά, αν δηλ. η πίσω πλευρά του βρίσκεται **πολύ κοντά σε τοίχο** ή η πάνω πλευρά του βρίσκεται **πολύ κοντά σε ντουλάπι**, τότε θα προκαλείται υπερθέρμανση του συμπυκνωτή με αποτέλεσμα να **μειώνεται η απόδοση** του ψυγείου, γεγονός που πρακτικά σημαίνει ότι ο συμπιεστής **πρέπει να λειτουργεί πολύ περισσότερο**, ώστε να πραγματοποιηθούν οι προβλεπόμενες από τον κατασκευαστή θερμοκρασίες στο θάλαμο συντήρησης και στο θάλαμο κατάψυξης. Τέλος, πρέπει να τονίσουμε πως ο κάθε κατασκευαστής **εγγυάται** την πραγματοποίηση ορισμένων θερμοκρασιών μέσα στο θάλαμο του οικιακού ψυγείου με την **προϋπόθεση** ότι το ψυγείο θα τοποθετηθεί στον **κατάλληλο χώρο**. Αν λοιπόν ο κατασκευαστής προβλέπει ότι το ψυγείο πρέπει να τοποθετηθεί σε χώρο με **κανονικές συνθήκες διαβίωσης**, π.χ. 20° - 33°C, ενώ το ψυγείο τελικά τοποθετείται σε χώρο με θερμοκρασία 40°C, τότε αποκλεί-

εται ο ψυκτικός θάλαμος να “πιάσει” τις προβλεπόμενες θερμοκρασίες. **Ο γενικός κανόνας** είναι ότι το οικιακό ψυγείο λειτουργεί καλύτερα, όταν τοποθετείται σε **ψυχρό χώρο**.

Ως βαθμός απόδοσης του οικιακού ψυγείου ορίζεται ο λόγος του χρόνου λειτουργίας (t) προς το συνολικό χρόνο διακοπής και λειτουργίας ($t+t_\delta$), όταν το ψυγείο λειτουργεί με την μέγιστη φόρτισή του, δηλαδή:

$$Z = \frac{t}{t+t_\delta} \quad (4.19)$$

Η συνηθισμένη τιμή του Z είναι μικρότερη ή το πολύ ίση με 0,67 για θερμοκρασία εξωτερικού αέρα $T_a = 30^\circ\text{C}$ και θερμοκρασία θαλάμου $T_\theta = 5^\circ\text{C}$. Όσο μικρότερη η τιμή του Z τόσο καλύτερος ο βαθμός απόδοσης του οικιακού ψυγείου.

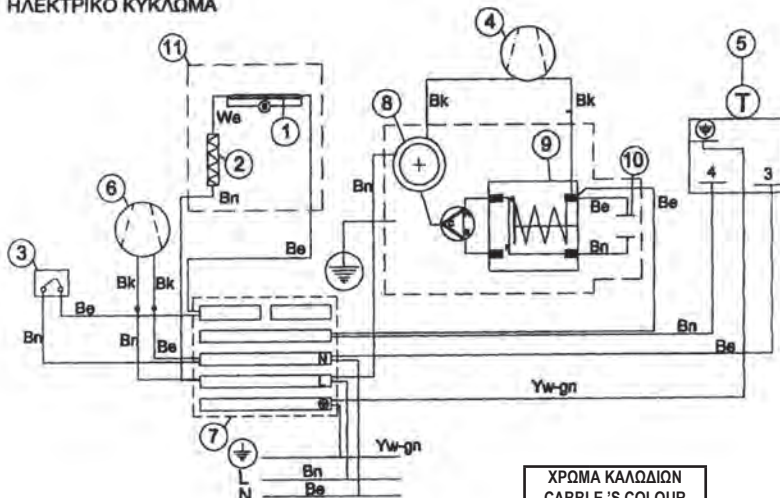
4.11 Μηχανισμοί ελέγχου συμπίεσής

Οι μηχανισμοί ελέγχου της αυτόματης λειτουργίας των συμπιεστών μιας ψυκτικής εγκατάστασης είναι συσκευές που ενεργοποιούνται, είτε από μεταβολές της πίεσης, είτε από μεταβολές της θερμοκρασίας, οπότε επιτυγχάνεται η ρύθμιση του χρόνου λειτουργίας και του χρόνου διακοπής των συμπιεστών μέσα στα επιθυμητά όρια.

Στις μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις (π.χ. οικιακά ψυγεία) ο αυτόματος έλεγχος λειτουργίας γίνεται από έναν απλό **θερμοστάτη**. Είναι αξιοσημείωτο το ότι μεταξύ της ρύθμισης διακοπής (**σταματήματος, Stop**) του συμπιεστή και αυτής της **εκκίνησης του (Start)** υπάρχει πάντα η απαραίτητη **διαφορά (Diff, Differential)** για την αποφυγή ψυκτικού βραχυκυκλώματος (πολύ μικρός κύκλος λειτουργίας). Στη συνέχεια, παραθέτουμε το σχήμα 4.11.1, όπου φαίνεται αφενός η εξωτερική μορφή ενός θερμοστάτη οικιακού ψυγείου και αφετέρου τα εξαρτήματα στο εσωτερικό του.



ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ



ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ CABLE'S TYPE	
L	ΦΑΣΗ-LINE
N	ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ - NEUTRO
	ΓΕΙΩΣΗ - GROUNDING

ΧΡΩΜΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ CABLE'S COLOUR	
Bk	Μαύρο - Black
Bn	Καφέ - Brown
Be	Μπλε - Blue
Yw-gn	Κίτρινο - Yellow πράσινο - green
We	Λευκό - White

1	Λαμπτήρας	Lamp
2	Μετασχηματιστής	Ballast
3	Διακόπτης φωτισμού	Switch
4	Ανεμιστήρας συμπυκνωτή	Condenser fan motor
5	Θερμοστάτης	Thermostat
6	Ανεμιστήρας εξατμιστή	Evaporator fan motor
7	Κλέμα	Terminal
8	Θερμικό	Overload
9	Ρελέ	Relay
10	Πυκνωτής εκκίνησης	Start capacitor
11	Εσωτερικός φωτισμός	Internal lighting

Σχήμα 4.11.1 Ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου συμπιεστή με θερμοστάτη

4.12 Κύκλωμα εκκίνησης του συμπιεστή

Ο συμπιεστής του οικιακού ψυγείου παίρνει εντολή για εκκίνηση (ξεκίνημα) ή για διακοπή της λειτουργίας του από το **θερμοστάτη**, επειδή τα ψυγεία αυτά ελέγχονται μόνο με τη θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου. Επομένως, μόλις κλείσει ο θερμοστάτης τις επαφές του, αμέσως περνά ηλεκτρικό ρεύμα προς το **τύλιγμα εκκίνησης ή βοηθητικό τύλιγμα** του συμπιεστή μέσα από την κλειστή επαφή του **ηλεκτρονόμου ή ρελέ**, ώστε ο συμπιεστής να ξεκινήσει τη λειτουργία του. Στη συνέχεια (μετά από λίγα δευτερόλεπτα), ο συμπιεστής θα έχει φθάσει σχεδόν στις μέγιστες στροφές του, οπότε μειώνεται η ένταση του ρεύματος με αποτέλεσμα να ανοίγουν οι επαφές του ρελέ και το ρεύμα να περνά μόνο από το **κύριο τύλιγμα ή τύλιγμα λειτουργίας**. Επομένως, το κύκλωμα εκκίνησης του συμπιεστή αποτελείται από τον **πυκνωτή εκκίνησης**, τον **ηλεκτρονόμο ή ρελέ εκκίνησης**, το **βοηθητικό τύλιγμα** και το **κύριο τύλιγμα**. Τα ηλεκτρολογικά αυτά εξαρτήματα και τη λειτουργία τους θα εξετάσουμε στη συνέχεια.

α. Πυκνωτές

Χρησιμοποιούνται σε μονοφασικούς κινητήρες και έχουν σκοπό την αύξηση της ροπής εκκίνησης.

Χαρακτηρίζονται από:

1. Την τάση λειτουργίας (V, Volt)
2. Τη χωρητικότητα (μF , μικροFarad)

Η χωρητικότητα αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος του πυκνωτή και εξαρτάται από:

1. Την επιφάνεια και την απόσταση των πλακών.
2. Το είδος του διηλεκτρικού υλικού που τοποθετείται μεταξύ των δυο πλακών.
3. Την εφαρμοζόμενη τάση μεταξύ των δυο πλακών. Η διακύμανση της τάσης στα άκρα του πυκνωτή επιδρά στη χωρητικότητά του.



ΠΡΟΣΟΧΗ

Δεν επιτρέπεται σύνδεση πυκνωτή με τάση μεγαλύτερη του 100% της

ονομαστικής τάσης, διότι στην περίπτωση αυτή καταστρέφεται το διηλεκτρικό υλικό.

Πυκνωτές εκκίνησης

Οι πυκνωτές εκκίνησης σκοπό έχουν την αύξηση της ροπής εκκίνησης των μονοφασικών ηλεκτροκινητήρων. Είναι ηλεκτρολυτικού τύπου και δεν επιτρέπεται να παραμείνουν σε λειτουργία για χρόνο περισσότερο των 4-5 sec. Το εξωτερικό τους περίβλημα είναι από χαρτί ή θερμοπλαστικό. Συνδέονται σε σειρά με την περιέλιξη εκκίνησης και βγαίνουν εκτός λειτουργίας με τη βοήθεια του ρελέ έντασης.

Σε πολλούς πυκνωτές εκκίνησης μεταξύ των ακροδεκτών υπάρχει προστατευτική αντίσταση, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 15000 - 20000 Ohm για ισχύ μέχρι 2kW. Ο σκοπός της είναι η αποφυγή της εκκένωσης του πυκνωτή μέσω των επαφών του ρελέ. Με τον τρόπο αυτό εμποδίζεται ο σχηματισμός ηλεκτρικών τόξων, τα οποία υπερθερμαίνουν και καταστρέφουν τις επαφές. Αν παρατηρηθεί κάψιμο επαφών του ρελέ (ή κόλλημα), απαραίτητα πρέπει να ελέγχεται η αντίσταση προστασίας του πυκνωτή. Στην περίπτωση της κατεστραμμένης αντίστασης αντικαθίσταται με άλλη ιδίων χαρακτηριστικών.



ΠΡΟΣΟΧΗ

Η τοποθέτηση πυκνωτή εκκίνησης σε μονάδα με ρελέ τάσης προϋποθέτει απαραίτητα την προστατευτική αντίσταση.

Σύνδεση πυκνωτών

Η παράλληλη σύνδεση των πυκνωτών φέρει αύξηση της χωρητικότητάς τους, σχήμα $50\mu\text{F} + 50\mu\text{F} = 100\text{Mf}$. Η σύνδεση σε σειρά επιφέρει μείωση της χωρητικότητας των πυκνωτών.

Βλάβες:

- Κάψιμο
- Βραχυκύκλωμα

Αν καίει ο πυκνωτής εκκίνησης, ο συμπιεστής δεν εκκινεί, ενώ αν καίει

ο λειτουργίας εκκινεί ο συμπιεστής αλλά διακόπτεται από το θερμικό προστασίας.

1η Περίπτωση: Σύνδεση αμπερομέτρου στη γραμμή τροφοδοσίας, λειτουργία της μονάδας με συνδεδεμένο πυκνωτή λειτουργίας και καταγραφή των ενδείξεων του αμπερομέτρου.

2η Περίπτωση: Αφαιρώ τον πυκνωτή λειτουργίας και θέτω σε λειτουργία τη μονάδα. Καταγραφή των ενδείξεων του αμπερομέτρου. Αν είναι ίδιες οι ενδείξεις, τότε ο πυκνωτής είναι καμένος, αν είναι διαφορετικές οι ενδείξεις, δηλαδή χωρίς πυκνωτή παρουσιάζεται μεγαλύτερη ένδειξη αμπερομέτρου, τότε είναι σε καλή κατάσταση.

3η Περίπτωση: Αν είναι βραχυκυκλωμένος πέφτει ή καίγεται η ασφάλεια της γραμμής.

β. Ηλεκτρονόμοι (ρελέ, relays) ή Εκκινήτες

Διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς ανάλογα με το είδος του ηλεκτροκινητήρα με τον οποίο συνδέονται. Ο σκοπός τους σε μονοφασικούς κινητήρες ανάγεται στο να συνδέουν τη βοηθητική περιέλιξη κατά την εκκίνηση και να την αποσυνδέουν, όταν ο κινητήρας αναπτύξει το 80 - 85% των ονομαστικών του στρωφών.

Υπάρχουν δύο ειδών ηλεκτρονόμοι, οι έντασης και οι ηλεκτρονόμοι τάσης.

Ηλεκτρονόμοι έντασης

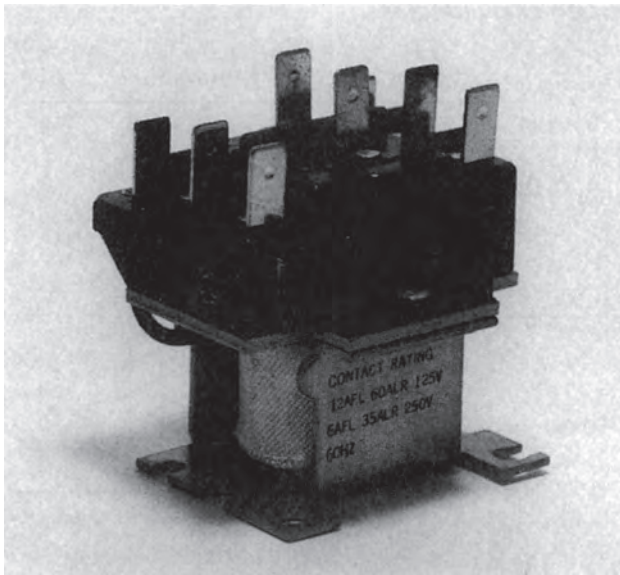
Αποτελούνται από το πηνίο και το διακόπτη δύο επαφών και η θέση του διακόπτη ελέγχεται από το αναπτυσσόμενο μαγνητικό πεδίο του πηνίου. Τα άκρα του πηνίου συνδέονται σε σειρά με την επαφή λειτουργίας (R) του κινητήρα, ενώ οι επαφές του διακόπτη, οι οποίες σε κανονική λειτουργία είναι ανοιχτές, ελέγχουν την τροφοδότηση ρεύματος στην επαφή εκκίνησης (S).

Κατά την εκκίνηση ισχυρό ρεύμα διέρχεται από το πηνίο, δημιουργείται έντονο μαγνητικό πεδίο και ο διακόπτης κλείνει το κύκλωμα τροφοδοσίας με τη βοηθητική περιέλιξη (εκκίνησης) του κινητήρα. Όταν ο κινητήρας αναπτύξει το 80-85% των ονομαστικών του στρωφών, μετά από 3-4 sec, η ποσότητα του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο μειώνεται σε αυτή της

κανονικής λειτουργίας. Η μείωση αυτή δημιουργεί εξασθένηση στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου του ηλεκτρονόμου και δεν έχει την ικανότητα να συγκρατεί τις επαφές του διακόπτη κλειστές, με αποτέλεσμα να ανοίγει το κύκλωμα και η βοηθητική περιέλιξη να βγαίνει εκτός κυκλώματος (λειτουργίας).

Το άνοιγμα των επαφών ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτρονόμου οφείλεται, είτε στη βαρύτητα, είτε στη δύναμη που ασκεί βοηθητικό ελατήριο. Η τοποθέτηση του ηλεκτρονόμου γίνεται στη θέση με σύμβολο TOP ή UP, που βρίσκεται στο πάνω μέρος ή στο τόξο.

Ο ηλεκτρονόμος έντασης χρησιμοποιείται σε μικρές ψυκτικές μονάδες με ονομαστική ισχύ μέχρι 550 Watt (3/4 HP).

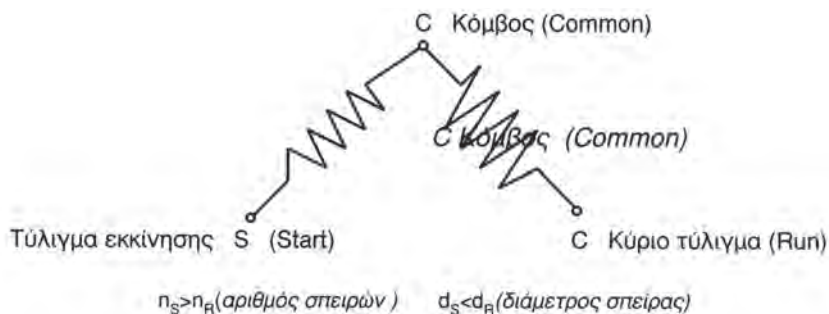


Σχήμα 4.12.1 “Ηλεκτρονόμος έντασης”

γ. Εκκίνηση μονοφασικών συμπιεστών (ισχύος μέχρι 550 Watt)

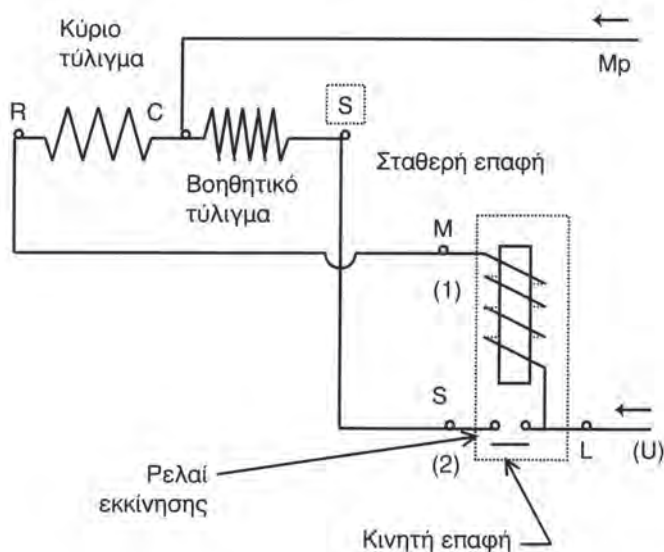
Υπάρχουν διάφορα είδη μονοφασικών συμπιεστών ανάλογα με το ηλεκτρικό σύστημα εκκίνησης και λειτουργίας, όπως:

1. Με τύλιγμα εκκίνησης και πυκνωτή λειτουργίας.
2. Με τύλιγμα εκκίνησης και ρελέ εκκίνησης.
3. Με τύλιγμα εκκίνησης, με ρελέ εκκίνησης και πυκνωτή εκκίνησης.
4. Με τύλιγμα εκκίνησης, με ρελέ εκκίνησης, πυκνωτή εκκίνησης και πυκνωτή λειτουργίας.



Σχήμα 4.12.2 “Συνδεσμολογία ηλεκτρικών κυκλωμάτων για την εκκίνηση μονοφασικών συμπιεστών ισχύος μέχρι 550 Watt”

1. Χωρίς πυκνωτή εκκίνησης

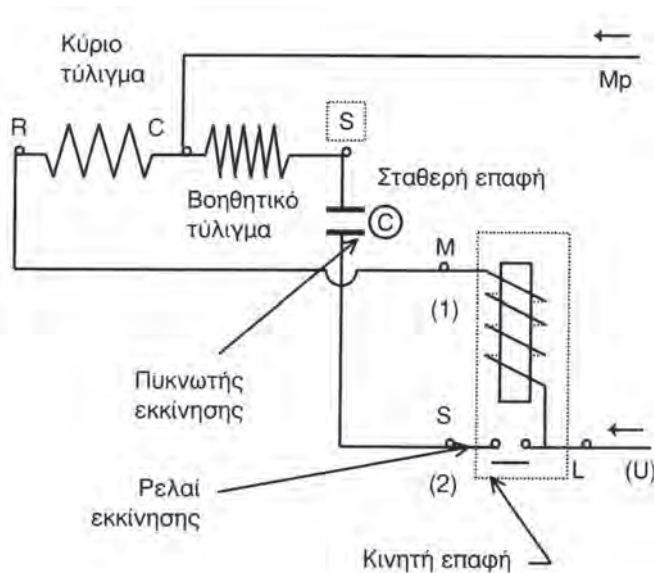


Σχήμα 4.12.3 “Χωρίς πυκνωτή εκκίνησης”

2. Με πυκνωτή εκκίνησης

Όταν ο συμπιεστής είναι σταματημένος, οι επαφές του ρελέ έντασης είναι ανοικτές. Μόλις ο συμπιεστής δεχτεί εντολή εκκίνησης από το θερμοστάτη, τότε ισχυρό ρεύμα εκκίνησης (3 - 4 φορές μεγαλύτερο από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας) μαγνητίζει το πηνίο και το ρελέ, με αποτέλεσμα να έλκεται ο σπλισμός, οπότε γεφυρώνονται οι επαφές (κλείνουν). Μπαίνει επομένως στο κύκλωμα (σε λειτουργία) και το βοηθητικό τύλιγμα με

τον πυκνωτή εκκίνησης ή χωρίς αυτόν. Τα δυο αυτά τυλίγματα, σύμφωνα με τα παραπάνω σχέδια, συνδέονται παράλληλα και τροφοδοτούνται με το ίδιο μονοφασικό δίκτυο. Μεταξύ των ρευμάτων που διαρρέουν τα τυλίγματα υπάρχει διαφορά φάσης από το γεγονός ότι το βοηθητικό τύλιγμα έχει μεγαλύτερο μήκος και είναι από αγωγό μικρότερης διαμέτρου, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση από το κύριο τύλιγμα. Εφόσον λοιπόν το ρεύμα του κυρίου τυλίγματος και το ρεύμα του βοηθητικού τυλίγματος βρίσκονται σε διαφορά φάσης, δημιουργείται στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και εκκινεί ο κινητήρας του συμπιεστή. Με την εκκίνηση του συμπιεστή και σε χρόνο περίπου 2 ή 3 sec, οπότε αυτός έχει αποκτήσει περίπου το 80% των στροφών του πέφτει η ένταση του ρεύματος που διατρέχει το πηνίο του ρελέ και επομένως εξασθενεί το μαγνητικό του πεδίο, οπότε αφήνεται χαλαρός ο σπλισμός του και λόγω της δύναμης του ελατηρίου ανοίγουν οι επαφές για να “βγει εκτός” το βοηθητικό τύλιγμα.

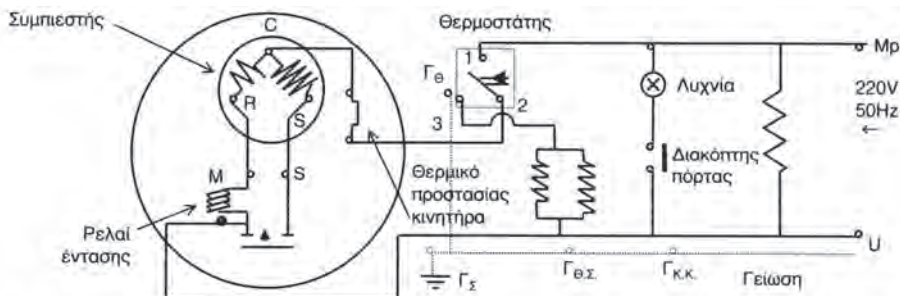


Σχήμα 4.12.4 “Με πυκνωτή εκκίνησης”

4.13 Κύκλος Απόψυξης

Στην παράγραφο 4.6 (αυτόματη απόψυξη, συμπυκνώματα απόψυξης) περιγράφουμε λεπτομερώς τον κύκλο απόψυξης. Συνεπώς, εδώ θα αναλύσουμε την περίπτωση, κατά την οποία ο κύκλος απόψυξης καθορίζεται και εκτελείται με τη **θερμοκρασιακή** μέθοδο, δηλ. με τη χρήση μόνο ενός **θερμοστάτη και ηλεκτρικών αντιστάσεων** χωρίς να υπάρχει χρονοδιακόπτης. Στο σχήμα 4.13.1 απεικονίζεται το μονογραμμικό διάγραμμα που υλοποιεί τον αναφερόμενο κύκλο απόψυξης.

Όπως δείχνει το σχήμα 4.13.1, το κύκλωμα περιλαμβάνει το **συμπιεστή**, ο οποίος έχει τα τυλίγματά του (κύριο και βοηθητικό), το ρελέ έντασης και το θερμικό προστασίας. Επίσης, περιλαμβάνει το **θερμοστάτη**, ο οποίος τοποθετείται κοντά στο σωλήνα αναρρόφησης του ατμού και έχει ρυθμισθεί έτσι, ώστε να **κλείνει** το κύκλωμα του συμπιεστή σε μια προκαθορισμένη **υψηλή θερμοκρασία**, οπότε το ρεύμα περνά μέσα από τις επαφές (1,2) και τελικά από τα τυλίγματα του συμπιεστή και να το **ανοίγει** σε μια προκαθορισμένη **χαμηλή θερμοκρασία**, οπότε το ηλεκτρικό ρεύμα παρακάμπτει τα τυλίγματα του συμπιεστή, περνά από τις δύο αντιστάσεις, οι οποίες είναι συνδεδεμένες παράλληλα και έχουν προσαρτηθεί πάνω στον εξατμιστή, και κλείνει το κύκλωμα περνώντας από τις επαφές (2,3) για να καταλήξει στη γείωση Γθ του θερμοστάτη. Καθώς οι αντιστάσεις θερμαίνονται λόγω του ρεύματος ανεβαίνει η θερμοκρασία τους, η οποία κάποια στιγμή φθάνει την προκαθορισμένη υψηλή θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη, οπότε ο τελευταίος κλείνει τις επαφές (1,2), ώστε να ξεκινήσει πάλι ο συμπιεστής, οπότε ολοκληρώνεται ο κύκλος απόψυξης.



Υπόμνημα:

Γθ: Γείωση θερμοστάτη Γθ.Σ: Γείωση θαλάμου συντήρησης

Γς: Γείωση συμπιεστή Γκ.Κ: Γείωση καμπίνας κατάψυξης

Σχήμα 4.13.1 “Κύκλωμα απόψυξης οικιακού ψυγείου με αντιστάσεις και θερμοστάτη”

Στο κύκλωμα του σχήματος 4.13.1 υπάρχουν ακόμη ο λαμπτήρας, ο διακόπτης της πόρτας και η αντίσταση της πόρτας, των οποίων η λειτουργία έχει περιγραφεί στις προηγούμενες παραγράφους και δε θα αναλυθεί περαιτέρω.

4.14 Θερμαντήρες παρεμπόδισης σχηματισμού υγρασίας

Όπως αναφέραμε στην παράγραφο 4.8 στη **μετωπική επιφάνεια** του πλαισίου του θαλάμου ενός οικιακού ψυγείου μπορεί να εμφανισθεί **υγρασία**. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία των επιφανειών αυτών πέφτει κάτω από το **σημείο δρόσου (σημείο συμπίκνωσης)** των υδρατμών που περιέχει ο αέρας, δηλ. η θερμοκρασία πέφτει τόσο, ώστε ο αέρας να μην μπορεί πλέον να συγκρατήσει τους υδρατμούς του σε αέρια κατάσταση.

Πρακτικά, αυτή η ποσότητα υγρασίας δε μειώνει το βαθμό απόδοσης του ψυγείου. Ωστόσο, μπορεί μακροχρόνια να προκαλέσει την οξείδωση των μεταλλικών τμημάτων του ψυγείου. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται με τοποθέτηση **θερμαντήρων**, δηλ. μονωμένων ηλεκτρικών **αντιστάσεων**, μέσα στα τοιχώματα του θαλάμου και συγκεκριμένα κοντά στην(στις) πόρτα(-ες) του ψυγείου. Οι αντιστάσεις αυτές ανεβάζουν τη θερμοκρασία των μετωπικών επιφανειών του πλαισίου του θαλάμου πάνω από το σημείο δρόσου του αέρα, αποτρέποντας έτσι το σχηματισμό υγρασίας. Η θέση των θερμαντήρων στο ηλεκτρικό διάγραμμα του ψυγείου φαίνεται στο σχήμα 4.9.3

4.15 Φωτισμός

Όλα τα σύγχρονα οικιακά ψυγεία διαθέτουν **luxνία** στο θάλαμο συντήρησης και στο θάλαμο κατάψυξης, ώστε τα αποθηκευμένα προϊόντα να είναι ορατά κάθε ώρα της μέρας. Οι luxνίες αυτές ανάβουν με το άνοιγμα της πόρτας, επειδή τότε κλείνει ο αντίστοιχος **διακόπτης της πόρτας**, όπως δείχνει το σχήμα 4.9.1.

4.16 Κινητήρες των ανεμιστήρων

Σύμφωνα με την περιγραφή των παραγράφων 4.3 και 4.5, που αφορούν το συμπυκνωτή και τον εξατμιστή αντίστοιχα, είναι απαραίτητο να διαθέτει το οικιακό ψυγείο ανεμιστήρες, όταν ο συμπυκνωτής ή ο εξατμιστής είναι τύπου εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα. Οι ανεμιστήρες αυτοί είναι συνήθως αξονικού τύπου (έλικας) και διαθέτουν κινητήρες, οι οποίοι απαιτούν μικρή ροπή κατά την εκκίνησή τους και δεν χρειάζονται λίπανση.



Σχήμα 4.16.1 Κινητήρας ανεμιστήρα

Τα κύρια χαρακτηριστικά των αξονικών ανεμιστήρων του οικιακού ψυγείου είναι:

- α. Δακτύλιος με ομοιόμορφα κατανεμημένα πτερύγια στην περιφέρεια (τρία τουλάχιστον πτερύγια), τα οποία τοποθετούνται με γωνιακό βήμα από 20-45 μοίρες και ορίζονται με τη διάμετρο, το γωνιακό βήμα, τη φορά περιστροφής και το πλήθος τους
- β. Κάλυμμα δακτυλίου για τη στήριξη της πτερωτής
- γ. Κινητήρας σε απευθείας σύνδεση με την άτρακτο και
- δ. Βοηθητικά στοιχεία για τη στήριξη και προστασία.

Ο **ανεμιστήρας του συμπυκνωτή** τοποθετείται στο πίσω μέρος του ψυγείου κάτω από το θάλαμο ανάμεσα στο συμπιεστή και στο συμπυκνωτή, έχει καλυμμένο ηλεκτροκινητήρα και λειτουργεί **ταυτόχρονα με το συμπιεστή**. Αντίθετα, ο **ανεμιστήρας του εξατμιστή** τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του ψυκτικού θαλάμου, έχει ηλεκτροκινητήρα ανοικτού τύπου και μπορεί να **λειτουργεί συνέχεια** με εξαίρεση τη φάση της απόψυξης, οπότε πρέπει να σταματά, διότι διαφορετικά θα έστελνε θερμό αέρα στο θάλαμο.

Κατά την εγκατάσταση των ανεμιστήρων πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στη **σωστή φορά περιστροφής**. Αν αυτή είναι λανθασμένη, τότε ο ανεμιστήρας δε θα λειτουργεί σωστά. Η σωστή φορά περιστροφής

αναγνωρίζεται είτε με τα **ενδεικτικά βέλη** ή με τον **τύπο του έλικα**. Όταν ο έλικας του ανεμιστήρα περιστρέφεται με τη σωστή φορά, τότε μετακινεί μεγάλο όγκο αέρα. Αν όμως η φορά αντιστραφεί, τότε ο όγκος σχεδόν εκμηδενίζεται και ο ανεμιστήρας απλώς ανακατεύει τον αέρα αντί να τον μετακινεί. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι ο ανεμιστήρας πιάνει τη **μέγιστη ταχύτητά του**, όταν δημιουργεί το μέγιστο δυνατό ρεύμα αέρα. Αύξηση της ταχύτητας πάνω από αυτήν την τιμή προκαλεί **μείωση του ρεύματος αέρα** και απλώς αναγκάζει τον ανεμιστήρα να αναδεύει τον αέρα.

4.17 Λειτουργία μηχανισμού παρασκευής πάγου

Στα οικιακά ψυγεία ο μηχανισμός παρασκευής πάγου αποτελείται από ένα **πλαστικό δίσκο**, ο οποίος έχει διαμορφωθεί έτσι, ώστε να έχει **κυψέλες** κυκλικής διατομής, δηλ. μοιάζει πολύ με τους δίσκους παρασκευής πάγου που γεμίζαμε με νερό και βάζαμε με το χέρι στην κατάψυξη των παλαιότερων ψυγείων. Στα σύγχρονα ψυγεία ο δίσκος αυτός είναι τοποθετημένος στο πάνω μέρος **του θαλάμου κατάψυξης** και ο άξονάς του στηρίζεται στο ένα άκρο του σε ένα **έδρανο**, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται μέχρι μια **ορισμένη γωνία**, ενώ το άλλο άκρο του άξονα έχει σπείρωμα που εμπλέκεται με το **γρανάζι** ενός μικρού **ηλεκτροκινητήρα**, ο οποίος περιστρέφει το δίσκο, μόλις πραγματοποιηθεί η στερεοποίηση του νερού.

Το γέμισμα του δίσκου γίνεται με πόσιμο νερό του δικτύου μέσω μιας **ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας** και του κατάλληλου σωλήνα. Η διάρκεια του καθορίζεται με μηχανισμό ελέγχου με βάση το χρόνο που απαιτείται για να γεμίσει ο δίσκος. Στη συνέχεια, αφού περάσει ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, μέχρις ότου ολοκληρωθεί η στερεοποίηση του νερού, ένας **κατάλληλα ρυθμισμένος θερμοστάτης** κλείνει τις επαφές του ηλεκτρικού κυκλώματος, ώστε να ξεκινήσει ο μικρός ηλεκτροκινητήρας, ο οποίος περιστρέφει τον άξονα του δίσκου μέσω του γραναζιού. Ο άξονας εκτελεί μια γωνία περιστροφής μέχρις ότου φθάσει σε ένα **εμπόδιο**, που υπάρχει μέσα στο έδρανο στο αριστερό άκρο του άξονα και που σταματά την περιστροφή του άξονα. Επειδή όμως ο ηλεκτροκινητήρας εξακολουθεί να δίνει ροπή, αυτή προκαλεί τη **στρέβλωση του δίσκου**, οπότε τα παγάκια αναγκάζονται να πέσουν σε μια **λεκάνη συλλογής**, η οποία βρίσκεται ακριβώς κάτω από το δοχείο. Μόλις η λεκάνη γεμίσει με παγάκια, τότε

ένας διακόπτης ανοίγει το κύκλωμα του ηλεκτροκινητήρα, οπότε αυτός διακόπτει τη λειτουργία του και ο δίσκος επανέρχεται στην αρχική του θέση, κλείνοντας τον **κύκλο**.

Στα επαγγελματικά ψυγεία χρησιμοποιείται μια παραλλαγή της παραπάνω μεθόδου.

Σύμφωνα με την εναλλακτική αυτή μέθοδο, υπάρχει ένας **μεταλλικός δίσκος** στον οποίο έχει ενσωματωθεί μια **θερμαντική αντίσταση**, η οποία βοηθά στην **αποκόλληση** του πάγου κατά τη φάση της συλλογής του. Η συλλογή του πάγου γίνεται εδώ μέσω ενός **όνυχα** που περιστρέφεται, ώστε να αποκολλά τον πάγο από το δίσκο και όχι με περιστροφή του δίσκου. Καταρχήν, ο δίσκος γεμίζει με πόσιμο νερό του δικτύου μέσω της **ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας**, η οποία ανοίγει για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, ώστε να γεμίσει ο δίσκος. Ακολούθως, το νερό στερεοποιείται σχηματίζοντας παγάκια (φάση I). Κατά τη δεύτερη φάση (φάση II), μόλις ο πάγος πιάσει μια προκαθορισμένη χαμηλή θερμοκρασία, ενεργοποιείται ο **θερμοστάτης**, ο οποίος κλείνει το κύκλωμα της θερμαντικής αντίστασης, ώστε τα παγάκια να χαλαρώσουν για να μπορούν να αποκολληθούν ευκολότερα. Στη συνέχεια, ενεργοποιείται ένας **μικρός ηλεκτροκινητήρας με γρανάζι**, ο οποίος περιστρέφει το **νύχι** έτσι, ώστε ο τελευταίος να ασκεί δύναμη στο κάτω τμήμα που είναι τα παγάκια και να τα σπρώχνει έξω από το δίσκο προς τη λεκάνη (φάση III). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου γεμίσει η λεκάνη με παγάκια, οπότε ανοίγει ο διακόπτης του θερμοστάτη, με αποτέλεσμα να διακόπτεται η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προς τη θερμαντική αντίσταση και τον ηλεκτροκινητήρα (φάση IV), οπότε ο **όνυχας** επιστρέφει στην αρχική του θέση και κλείνει ο **κύκλος**.



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Οι ερμητικοί συμπιεστές των οικιακών ψυγείων κινούνται με ενσωματωμένο ηλεκτροκινητήρα και το έμβολό τους εκτελεί σταθερό αριθμό παλινδρομήσεων ανά πρώτο λεπτό.
- Ο κύλινδρος του συμπιεστή αποτελεί ενιαίο σώμα μαζί με το στροφαλοθάλαμο, είναι οριζόντιος και κατασκευάζεται από λεπτόκοκκο χυτοσίδηρο που περιέχει νικέλιο.
- Το έμβολο κατασκευάζεται συνήθως από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα, έχει διάμετρο από 25 έως 30 mm και μήκος διαδρομής από 15 έως 18 mm.
- Ο στροφαλοφόρος άξονας κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα και στα κομβία του έχει γίνει επιφανειακή βαφή. Έχει θέση κατακόρυφη και ο κλασικός τύπος αποτελείται από τα κομβία (στροφείς), τα κομβία των διωστήρων και τα γόνατα. Στο εσωτερικό του έχει διαμορφωθεί μια ειδική αυλάκωση για το λιπαντικό λάδι.
- Οι βαλβίδες έχουν συνήθως σχήμα δίσκου ή δακτυλίου και στα οικιακά ψυγεία έχουν σχήμα εύκαμπτων λεπίδων. Λειτουργούν είτε με τη βοήθεια ελατηρίων ή συμπεριφέρονται οι ίδιες ως ελατήρια.
- Τα παρεμβύσματα (φλάντζες) στεγανοποίησης είναι από υλικά που δεν προσβάλλονται από το ψυκτικό ρευστό ή το λάδι ψύξης του συμπιεστή και αντέχουν στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο συμπιεστή.
- Το εκτόπισμα του εμβόλου ενός παλινδρομικού συμπιεστή είναι ο συνολικός όγκος που έχει σαρώσει το έμβολο σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα και μετριέται συνήθως σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (lt/s).
- Η θεωρητική ψυκτική ικανότητα ενός οποιουδήποτε συμπιεστή ορίζεται ως το γινόμενο της μάζας του ψυκτικού ανά μονάδα χρόνου επί το ψυκτικό αποτέλεσμα, όπου η μάζα του ψυκτικού υπολογίζεται, πολλαπλασιάζοντας το εκτόπισμα του εμβόλου επί την πυκνότητα του ατμού ή διαιρώντας με τον ειδικό όγκο του ατμού.
- Η πραγματική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή είναι πάντοτε μικρότερη από τη θεωρητική.

- Ο λόγος συμπίεσης ορίζεται ως το πηλίκο της απόλυτης πίεσης κατάθλιψης προς την απόλυτη πίεση αναρρόφησης.
- Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης είναι ο λόγος του πραγματικού εκτόπισματος του συμπιεστή προς το εκτόπισμα του εμβόλου.
- Το υποχρεωτικό διάκενο που υπάρχει ανάμεσα στο έμβολο και στις βαλβίδες επιδρά αρνητικά στον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή λόγω της εκτόνωσης του ατμού που εγκλωβίζεται στο διάκενο.
- Ο στραγγαλισμός (πτώση πίεσης) του ψυκτικού ρευστού στις βαλβίδες επηρεάζει αρνητικά τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή, επειδή ελαττώνει τον ωφέλιμο όγκο του κυλίνδρου.
- Η θέρμανση του αερίου μέσα στον κύλινδρο επηρεάζει αρνητικά τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή, διότι προκαλεί διαστολή στο εισερχόμενο αέριο, με αποτέλεσμα να μπαίνει λιγότερος όγκος ψυκτικού σε κάθε παλινδρόμηση του εμβόλου.
- Οι διαρροές του ψυκτικού αερίου μέσα από τις βαλβίδες και από τις παρειές του εμβόλου επηρεάζουν αρνητικά τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης, επειδή ελαττώνουν τον όγκο του αερίου που μπαίνει στον κύλινδρο.
- Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης του συμπιεστή είναι σαφώς αντίστροφη συνάρτηση του λόγου συμπίεσης. Επομένως, όσο αυξάνεται ο λόγος συμπίεσης, τόσο ελαττώνεται ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης.
- Ο κύκλος λειτουργίας του συμπιεστή αποτελείται από τέσσερις φάσεις, ήτοι: α) επανεκτόνωση του εγκλωβισμένου αερίου, β) εισαγωγή νέου αερίου από τη βαλβίδα αναρρόφησης, γ) συμπίεση με άνοδο του εμβόλου και δ) εξαγωγή μέσα από τη βαλβίδα εξαγωγής.
- Η υψηλή πίεση κατάθλιψης επιφέρει την υπερθέρμανση του ηλεκτροκινητήρα, την καταπόνηση του συμπιεστή και μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η ψυκτική ικανότητα των παλινδρομικών συμπιεστών εξαρτάται από τη θερμοκρασία ατμοποίησης και από τη θερμοκρασία κατάθλιψης.
- Ο ερμητικός συμπιεστής των οικιακών ψυγείων πρέπει κανονικά να λειτουργεί αθόρυβα και χωρίς κραδασμούς, να διακόπτει τακτικά τη

λειτουργία του, να είναι τόσο θερμός, που να μη μπορούμε να τον ακουμπήσουμε με γυμνό χέρι, και να ψύχεται με τους ψυκτικούς ατμούς και το λιπαντικό λάδι.

- Στα μικρά και μεσαία επαγγελματικά ψυγεία χρησιμοποιούνται, εκτός από τους παλινδρομικούς συμπιεστές, οι φυγοκεντρικοί, οι περιστροφικοί, οι κοχλιόμορφοι και οι ελικοειδείς (scroll type) συμπιεστές.
- Η αποβολή θερμότητας σε κάθε συμπιεστή πραγματοποιείται σε τρία στάδια: α) αρχικά αποβάλλεται αισθητή θερμότητα μέχρι ο ατμός να γίνει κορεσμένος, β) ακολούθως αποβάλλεται η λανθάνουσα θερμότητα μέχρι ο ατμός να μετατραπεί σε κορεσμένο υγρό και γ) υπάρχει περίπτωση να συνεχισθεί η αποβολή θερμότητας, ώστε το κορεσμένο υγρό να μετατραπεί σε υπόψυκτο.
- Στα οικιακά ψυγεία χρησιμοποιούνται οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές τόσο φυσικής, όσο και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.
- Στους επαγγελματικούς καταψύκτες και στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα.
- Οι συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας αέρα διακρίνονται σε συμπυκνωτές απλών σωλήνων, λεπτών σωλήνων και τύπου σχάρας (πλάκας), όπου ο αέρας ψύξης κυκλοφορεί ελεύθερα λόγω της βαρύτητας του (διαφορά πυκνότητας).
- Οι συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα αποτελούνται από πολλές σειρές σωλήνων (μια έως οκτώ), όπου ο αέρας κυκλοφορεί μέσω ανεμιστήρα ο οποίος είναι τύπου κατάθλιψης. Κατασκευάζονται με μικρή μετωπική επιφάνεια λόγω των απαιτήσεων του χώρου.
- Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές πρέπει να τοποθετούνται σε καλά αεριζόμενη θέση στο ψυγείο, ώστε ο θερμός αέρας να διαφεύγει και να αντικαθίσταται από δροσερό αέρα.
- Τα χαρακτηριστικά μεγέθη απόδοσης ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή είναι η θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού ρευστού, η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του αέρα και η ταχύτητα αέρα.
- Η επιλογή ενός αερόψυκτου συμπιεστή γίνεται λαμβάνοντας υπόψη :
α) την ψυκτική ικανότητα του συμπυκνωτή, β) τη μέση θερμοκρασία

περιβάλλοντος, γ) τη μέγιστη θερμοκρασία συμπύκνωσης και δ) τη θερμοκρασία ατμοποίησης.

- Για να πραγματοποιείται ικανοποιητική συμπύκνωση του ψυκτικού ρευστού, πρέπει η θερμοκρασία του συμπυκνωτή να είναι μεγαλύτερη κατά 10°C έως 20°C από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Κανονικά, ο συμπυκνωτής πρέπει να βρίσκεται σε χώρο που έχει τη θερμοκρασία άνετης διαβίωσης το καλοκαίρι (π.χ. από 25° έως 33°C).
- Ο σκοπός του τριχοειδή σωλήνα είναι να ελέγχει την ποσότητα του ψυκτικού ρευστού και να μεταβάλλει (ελαττώνει) την υψηλή πίεση και θερμοκρασία στα επίπεδα λειτουργίας του εξατμιστή.
- Η αύξηση της διαμέτρου του τριχοειδή σωλήνα απαιτεί ανάλογη αύξηση του μήκους του για σταθερό ψυκτικό φορτίο, ενώ η μείωση της θερμοκρασίας του εξατμιστή συνεπάγεται μείωση της διαμέτρου ή αύξηση του μήκους.
- Η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα ή διάταξη (ΘΕΒ) έχει ως βασικό χαρακτηριστικό ότι διατηρεί σταθερή υπερθέρμανση στον εξατμιστή ανεξάρτητα από το ψυκτικό του φορτίο.
- Αν υπάρχει μεγάλη πτώση πίεσης στους εξατμιστές, τότε δεν μπορεί να γίνει ρύθμιση της ΘΕΒ και η λειτουργία της προκαλεί πολύ μεγαλύτερη υπερθέρμανση από την επιθυμητή.
- Στα οικιακά ψυγεία, στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία και στους μικρούς επαγγελματικούς καταψύκτες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά εξατμιστές ψύξης αέρα, οι οποίοι διακρίνονται σε φυσικής κυκλοφορίας και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.
- Στους εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας (οικιακά ψυγεία) ο αέρας του θαλάμου έρχεται σε επαφή με την ψυχρή επιφάνεια του εξατμιστή και ψύχεται, οπότε το ειδικό βάρος του γίνεται μεγαλύτερο και κατεβαίνει προς τα χαμηλότερα στρώματα του θαλάμου, ενώ νέος αέρας παίρνει τη θέση του, ώστε να ψυχθεί και αυτός.
- Οι εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας κατατάσσονται γενικά σε εξατμιστές γυμνών σωλήνων, σε εξατμιστές με πτερύγια και σε εξατμιστές τύπου πλάκας.

- Οι εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι κατά κανόνα πτερυγοφόροι (έχουν λαμάκια) στην επιφάνεια των οποίων ο αέρας αναγκάζεται να κινείται με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα. Τοποθετούνται στην οροφή του ψυκτικού θαλάμου, ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη κυκλοφορία του αέρα.
- Η ολική ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα είναι άμεση συνάρτηση της παροχής αέρα που περνάει από την επιφάνειά του.
- Οι εξατμιστές, ανάλογα με τον τρόπο εκτόνωσης του ψυκτικού ρευστού, διακρίνονται σε εξατμιστές ξηρής και υγρής εκτόνωσης.
- Ο εξατμιστής ενός μικρού επαγγελματικού καταψύκτη πρέπει να έχει θερμοκρασία επιφάνειας πολύ μικρότερη από αυτή του εξατμιστή ενός οικιακού ψυγείου ή ενός μικρού επαγγελματικού ψυγείου. Αν δε λάβουμε υπόψη μας ότι οι θερμοκρασίες ενός θαλάμου κατάψυξης κυμαίνονται από -12°C έως -28°C περίπου, τότε η επιφάνεια του εξατμιστή πρέπει να κυμαίνεται από -22°C έως -38°C .
- Ο εξατμιστής όλων των τύπων ψυγείων σχηματίζει ένα στρώμα πάγου στην επιφάνειά του το οποίο οφείλεται στη συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα του ψυκτικού θαλάμου και στη μετέπειτα στερεοποίησή τους. Το αναφερόμενο στρώμα πρέπει να αφαιρείται, επειδή αποτελεί μονωτικό στρώμα και ελαττώνει σημαντικά την ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή.
- Η διαδικασία της απομάκρυνσης του πάγου από την επιφάνεια του εξατμιστή ονομάζεται απόψυξη ή αποπάγωση και η συχνότητά της εξαρτάται από το είδος του εξατμιστή, από τη φύση του ψυκτικού θαλάμου και από τη μέθοδο απόψυξης.
- Η πιο συνηθισμένη μέθοδος απόψυξης των οικιακών και των μικρών επαγγελματικών ψυγείων και καταψυκτών είναι με ηλεκτρική αντίσταση και χρονοδιακόπτη. Επίσης, χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι της απόψυξης με θερμό ατμό και με τη χρήση νερού.
- Κατά την απόψυξη με ηλεκτρική αντίσταση τοποθετείται μια αντίσταση στους σωλήνες του εξατμιστή, η οποία ενεργοποιείται με το κλείσιμο των επαφών ενός χρονοδιακόπτη και απενεργοποιείται με ένα θερμοστάτη που είναι τοποθετημένος στην έξοδο του εξατμιστή.

- Στα οικιακά ψυγεία η απόψυξη μπορεί να γίνεται και με τους θερμούς ατμούς του ψυκτικού μέσου, αν προστεθεί μια ηλεκτρομαγνητική αποφρακτική βαλβίδα, η οποία αποτελεί τη ρυθμιστική διάταξη.
- Τα συμπυκνώματα της απόψυξης συγκεντρώνονται σε μια λεκάνη που τοποθετείται στη βάση του ψυγείου πίσω από το συμπιεστή.
- Στα ψυγεία με συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας αέρα τα συμπυκνώματα της απόψυξης εξατμίζονται με τη θερμότητα της γραμμής κατάθλιψης του συμπιεστή, ενώ στα ψυγεία με συμπυκνωτή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας εξατμίζονται με το θερμό αέρα ενός ανεμιστήρα.
- Σε έναν ψυκτικό θάλαμο όσο πιο μικρή είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του εξατμιστή και του αέρα του θαλάμου, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η σχετική υγρασία του θαλάμου και αντίστροφα.
- Οι μέθοδοι λίπανσης των συμπιεστών είναι με ραντισμό του λαδιού (συμπιεστές μικρής ισχύος) και με αντλία λαδιού (συμπιεστές μεγαλύτερης ισχύος).
- Η θερμότητα που απορροφά το λιπαντικό λάδι απομακρύνεται στον ψύκτη του λαδιού.
- Ο ψυκτικός θάλαμος των σύγχρονων οικιακών ψυγείων αποτελείται από δύο επί μέρους θαλάμους που είναι διατεταγμένοι είτε ο ένας δίπλα στον άλλο ή ο ένας πάνω από τον άλλο και έχουν τις αντίστοιχες πόρτες. Ο μεγάλος θάλαμος είναι πάντοτε ο θάλαμος συντήρησης, ενώ ο μικρός είναι ο θάλαμος κατάψυξης.
- Η εξωτερική επιφάνεια του θαλάμου κατασκευάζεται από μεταλλικό έλασμα το οποίο βάφεται, ώστε να γίνει ανοξείδωτος, ενώ η εσωτερική του επιφάνεια είναι από πλαστικό υλικό που αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες. Ανάμεσα στις δύο επιφάνειες υπάρχει ένα θερμομονωτικό στρώμα από αφρώδες συνθετικό υλικό (συνήθως σκληρή αφρώδης πολυουρεθάνη).
- Η στεγανοποίηση του ψυκτικού θαλάμου επιτυγχάνεται με μια ελαστική φλάντζα στην οποία έχει προστεθεί ένας μαγνήτης, ο οποίος έλκεται από το μεταλλικό πλαίσιο της πόρτας.
- Ο συμπιεστής του ψυγείου ελέγχεται με το θερμοστάτη ο οποίος μετρά τη θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου. Ο θερμοστάτης κλείνει το

κύκλωμα του συμπιεστή στη θερμοκρασία εκκίνησης και το ανοίγει στη θερμοκρασία διακοπής.

- Το ρελέ ή ηλεκτρονόμος έντασης συνδέει τη βοηθητική περιέλιξη (τύλιγμα) του ηλεκτροκινητήρα κατά την εκκίνηση του συμπιεστή και την αποσυνδέει αυτόματα, όταν ο συμπιεστής έχει αποκτήσει το 80 - 85% των ονομαστικών στροφών του.
- Το θερμικό προστατεύει τόσο την κύρια, όσο και τη βοηθητική περιέλιξη του ηλεκτροκινητήρα από υπερθέρμανση.
- Η λυχνία του ψυκτικού θαλάμου ελέγχεται με το διακόπτη της πόρτας.
- Η έναρξη της απόψυξης με ηλεκτρική αντίσταση ελέγχεται με το χρονοδιακόπτη απόψυξης, ενώ η διάρκειά της με το θερμοστάτη απόψυξης.
- Ο θερμαντήρας (αντίσταση) των τοιχωμάτων του θαλάμου συνδέεται παράλληλα με την αντίσταση απόψυξης.
- Ο μηχανισμός παραγωγής πάγου ελέγχεται με την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα νερού.
- Ο ηλεκτροκινητήρας του ανεμιστήρα του εξατμιστή συνδέεται σε σειρά με το συμπιεστή και ελέγχεται παρόμοια με αυτόν.
- Το οικιακό ψυγείο πρέπει να τοποθετείται σε εντελώς οριζόντια θέση και η πίσω πλευρά του να απέχει αρκετή απόσταση από τοίχους ή άλλα εμπόδια, ώστε να εξασφαλίζεται άνετη ροή του αέρα προς το συμπυκνωτή.
- Ο κύκλος της απόψυξης μπορεί να πραγματοποιείται στην απλούστερη περίπτωση με το θερμοστάτη του οικιακού ψυγείου και μια ηλεκτρική αντίσταση.
- Στη μετωπική επιφάνεια του θαλάμου ενός ψυγείου είναι δυνατόν να εμφανισθεί υγρασία. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την τοποθέτηση εσωτερικών θερμαντήρων (αντιστάσεων) μέσα στα τοιχώματα του θαλάμου.
- Όλα τα σύγχρονα ψυγεία διαθέτουν λυχνίες φωτισμού στο θάλαμο συντήρησης και στο θάλαμο κατάψυξης, οι οποίες ανάβουν με το άνοιγμα των θυρών.

- Τα ψυγεία που έχουν εξατμιστή ή συμπυκνωτή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα διαθέτουν τους αντίστοιχους ανεμιστήρες, οι οποίοι είναι συνήθως αξονικού τύπου (έλικας) και έχουν κινητήρες με μικρή ροπή εκκίνησης.
- Ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή τοποθετείται στη βάση του ψυγείου κάτω από το θάλαμο ανάμεσα στο συμπυκνωτή και στο συμπιεστή.
- Ο ανεμιστήρας του εξατμιστή τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του ψυκτικού θαλάμου και λειτουργεί συνέχεια εκτός από τη φάση της απόψυξης.
- Κατά την εγκατάσταση των ανεμιστήρων πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στη σωστή φορά περιστροφής τους, η οποία προσδιορίζεται με τα ενδεικτικά βέλη ή τον τύπο της έλικας.
- Στα οικιακά ψυγεία ο μηχανισμός παρασκευής πάγου αποτελείται από έναν πλαστικό δίσκο με κυψέλες κυκλικής διατομής που γεμίζει με πόσιμο νερό μέσω μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας και που μπορεί να περιστρέφεται με ένα μικρό ηλεκτροκινητήρα, όταν ολοκληρωθεί η πήξη του νερού, ώστε να πέφτουν τα παγάκια.
- Στα επαγγελματικά ψυγεία χρησιμοποιείται ένας μεταλλικός δίσκος που γεμίζει με νερό μέσω της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας. Στο δίσκο έχει ενσωματωθεί μια αντίσταση, η οποία βοηθά στην αποκόλληση των τεμαχίων πάγου με τη χρήση ενός μηχανικού νυχιού.

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

- 1) Πώς κινούνται οι συμπιεστές των οικιακών ψυγείων και με ποια ταχύτητα;
- 2) Πώς κατασκευάζεται ο κύλινδρος των συμπιεστών;
- 3) Τι εννοούμε, όταν λέμε ότι οι συμπιεστές των οικιακών ψυγείων είναι “εμβολοφόροι, κλασματικής ισχύος”;
- 4) Με ποια υλικά κατασκευάζεται το έμβολο του συμπιεστή, ποια διάμετρο έχει και ποιο είναι το συνηθισμένο μήκος της διαδρομής του;
- 5) Με ποια υλικά κατασκευάζεται ο στροφαλοφόρος άξονας του συμπιεστή και πώς τοποθετείται στους συμπιεστές των οικιακών ψυγείων;
- 6) Πώς είναι διαμορφωμένος ο στροφαλοφόρος κλασικού τύπου των οικιακών ψυγείων και πώς γίνεται η λίπανσή του;
- 7) Τι σχήμα έχουν οι βαλβίδες του συμπιεστή των οικιακών ψυγείων και πώς πραγματοποιείται το άνοιγμα και κλείσιμό τους;
- 8) Να αναφέρετε τρεις ιδιότητες των υλικών με τα οποία κατασκευάζονται τα παρεμβύσματα (φλάντζες) στεγανοποίησης των βαλβίδων.
- 9) Τι είναι το εκτόπισμα του εμβόλου και με ποιο τύπο ορίζεται;
- 10) Πώς ορίζεται η θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή;
- 11) Γιατί η πραγματική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή είναι πάντοτε μικρότερη από τη θεωρητική;
- 12) Να δώσετε τον ορισμό του λόγου συμπίεσης;
- 13) Πώς ορίζεται ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης ενός συμπιεστή;
- 14) Να αναφέρετε τρεις παράγοντες που επηρεάζουν τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης.
- 15) Να εξηγήσετε το ρόλο του διάκενου στον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης.

- 16) Να εξηγήσετε πώς ο στραγγαλισμός του ψυκτικού ρευστού στις βαλβίδες επιδρά στον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή.
- 17) Να εξηγήσετε πώς η θέρμανση του κυλίνδρου επιδρά στον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης του συμπιεστή
- 18) Πώς μεταβάλλεται ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης ενός συμπιεστή, όταν αυξηθεί ο λόγος συμπίεσης;
- 19) Να περιγράψετε τον κύκλο λειτουργίας ενός εμβολοφόρου συμπιεστή.
- 20) Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η ψυκτική ικανότητα ενός συμπιεστή;
- 21) Τι γνωρίζετε για τις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας του παλινδρομικού συμπιεστή;
- 22) Να αναφέρετε τρία ακόμη είδη συμπιεστών που χρησιμοποιούνται σε μικρά και μεσαία επαγγελματικά ψυγεία
- 23) Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα των περιστροφικών συμπιεστών.
- 24) Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κοχλιόμορφων συμπιεστών.
- 25) Ποια είναι η συνηθισμένη θέση του συμπυκνωτή στο οικιακό ψυγείο;
- 26) Πώς γίνεται η αποβολή της θερμότητας σε ένα συμπυκνωτή;
- 27) Ποιους τύπους αερόψυκτων συμπυκνωτών γνωρίζετε και πώς γίνεται η κυκλοφορία του αέρα σε κάθε έναν από αυτούς;
- 28) Να περιγράψετε τη μορφή των συμπυκνωτών ανάλογα με τον τύπο τους.
- 29) Ποιος τύπος συμπυκνωτή χρησιμοποιείται αποκλειστικά στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία και καταψύκτες;
- 30) Πού τοποθετείται ο συμπυκνωτής στα μικρά επαγγελματικά ψυγεία και καταψύκτες;
- 31) Ποια είναι τα χαρακτηριστικά μεγέθη της απόδοσης ενός συμπυκνωτή;
- 32) Να γράψετε τον τύπο που ορίζει τη θερμική απόδοση ενός συμπυκνωτή

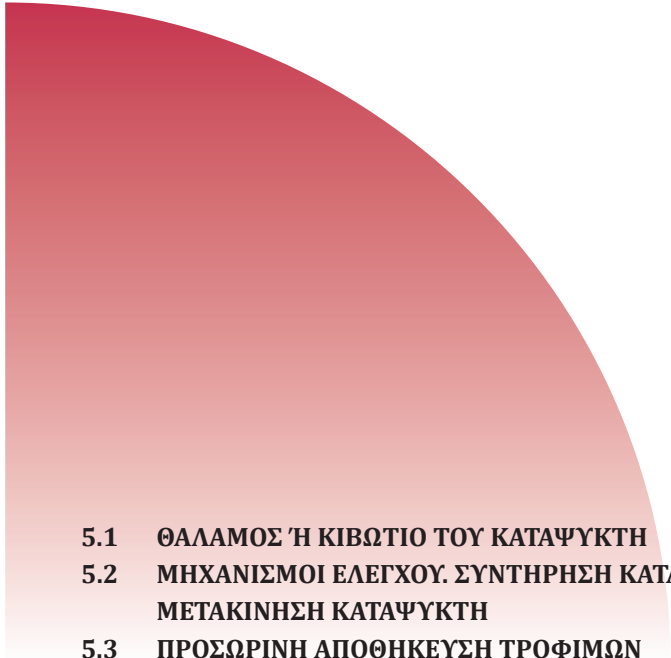
- 33) Τι πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη κατά την επιλογή ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή;
- 34) Τι γνωρίζετε για τις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας του συμπυκνωτή των ψυγείων;
- 35) Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του τριχοειδή σωλήνα.
- 36) Ποιο είναι το βασικό χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας (ΘΕΒ);
- 37) Να αναφέρετε τα κύρια μέρη μιας ΘΕΒ.
- 38) Να περιγράψετε τη λειτουργία της ΘΕΒ.
- 39) Πώς ελέγχεται η υπερθέρμανση του εξατμιστή με μια ΘΕΒ;
- 40) Ποια προβλήματα εμφανίζονται στους εξατμιστές που παρουσιάζουν μεγάλη πτώση πίεσης;
- 41) Πότε είναι απαραίτητη η χρήση του εξωτερικού εξισωτή πίεσης;
- 42) Πώς πρέπει να τοποθετείται ο βολβός μιας ΘΕΒ και σε ποια θέση;
- 43) Να αναφέρετε δύο συνηθισμένες βλάβες που παρουσιάζονται σε ΘΕΒ, καθώς και τις αιτίες τους.
- 44) Πού τοποθετούνται οι εξατμιστές των οικιακών ψυγείων, των μικρών επαγγελματικών ψυγείων και των καταψυκτών;
- 45) Να περιγράψετε την κυκλοφορία του αέρα πάνω από ένα εξατμιστή φυσικής κυκλοφορίας.
- 46) Από τι εξαρτάται η ταχύτητα του αέρα μέσα σε έναν ψυκτικό θάλαμο που έχει εξατμιστή φυσικής κυκλοφορίας;
- 47) Σε ποια ψυγεία χρησιμοποιούνται οι εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας;
- 48) Να περιγράψετε τους εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας τύπου γυμνών σωλήνων.
- 49) Να περιγράψετε τους εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας με πτερύγια.
- 50) Να περιγράψετε τους εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας τύπου πλάκας.

- 51) Ποια μορφή έχουν, κατά κανόνα, οι εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα;
- 52) Ποιος είναι ο βασικότερος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των εξατμιστών;
- 53) Ποια προβλήματα εμφανίζονται, αν αυξηθεί υπερβολικά η ταχύτητα του αέρα πάνω από τον εξατμιστή;
- 54) Ποιοι παράγοντες καθορίζουν την ψυκτική ικανότητα ενός εξατμιστή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα;
- 55) Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η απαιτούμενη παροχή αέρα για δεδομένη ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή;
- 56) Να γράψετε τη σχέση που δίνει την απαιτούμενη παροχή αέρα για αποδοτική λειτουργία του εξατμιστή.
- 57) Να αναφέρετε δύο πλεονεκτήματα του εξατμιστή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.
- 58) Πώς κατατάσσονται γενικά οι εξατμιστές;
- 59) Τι γνωρίζετε για τις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας των εξατμιστών των διαφόρων ψυγείων;
- 60) Τι πρέπει να λαμβάνετε υπόψη σας κατά την επιλογή ενός εξατμιστή;
- 61) Γιατί είναι απαραίτητη η απόψυξη ή αποπάγωση στα ψυγεία;
- 62) Τι γνωρίζετε για την ειδική υγρασία και τι για το σημείο δρόσου του αέρα;
- 63) Πώς σχηματίζεται πάγος στις επιφάνειες των εξατμιστών;
- 64) Πόσο συχνά πρέπει να γίνεται απόψυξη;
- 65) Να αναφέρετε τρεις μεθόδους απόψυξης.
- 66) Να περιγράψετε τη μέθοδο απόψυξης με ηλεκτρική αντίσταση και χρονοδιακόπτη.
- 67) Να περιγράψετε τη μέθοδο απόψυξης με θερμό ατμό.
- 68) Να περιγράψετε τη μέθοδο απόψυξης με χρήση θερμού νερού

- 69) Πώς συλλέγονται τα συμπυκνώματα της απόψυξης στα οικιακά ψυγεία;
- 70) Πώς εξατμίζονται τα συμπυκνώματα της απόψυξης στο οικιακό ψυγείο που έχει συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας αέρα και πώς στο ψυγείο με συμπυκνωτή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας;
- 71) Πώς επιδρά η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξατμιστή και αέρα του ψυκτικού θαλάμου στη σχετική υγρασία του αέρα;
- 72) Πότε η λίπανση ενός συμπιεστή θεωρείται ικανοποιητική;
- 73) Τι θα συμβεί σε ένα συμπιεστή, αν δεν λιπαίνεται;
- 74) Να αναφέρετε τις μεθόδους λίπανσης των συμπιεστών.
- 75) Τι γνωρίζετε για τη λίπανση με ραντισμό;
- 76) Τι γνωρίζετε για τη λίπανση με αντλία;
- 77) Να αναφέρετε τις βασικές ιδιότητες του λαδιού των παλινδρομικών συμπιεστών.
- 78) Πώς γίνεται η ψύξη του λαδιού του συμπιεστή;
- 79) Πώς ήταν διαμορφωμένος ο ψυκτικός θάλαμος των πρώτων σύγχρονων οικιακών ψυγείων;
- 80) Από ποια τμήματα αποτελείται ο θάλαμος του σημερινού οικιακού ψυγείου;
- 81) Πώς είναι διαμορφωμένα τα τοιχώματα του ψυκτικού θαλάμου;
- 82) Να αναφέρετε δύο χαρακτηριστικά των θερμομονωτικών υλικών.
- 83) Πώς επιδρά η υγρασία στα θερμομονωτικά υλικά;
- 84) Να αναφέρετε δύο συνηθισμένα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα ψυγεία
- 85) Πώς εξασφαλίζεται η στεγανότητα των ψυκτικών θαλάμων;
- 86) Ποιες θερμοκρασίες πρέπει να επικρατούν στα διάφορα τμήματα του ψυκτικού θαλάμου;
- 87) Ποια είναι τα βασικά μηχανήματα και οι βασικές συσκευές που πρέπει να ελέγχονται σε ένα οικιακό ψυγείο;

- 88) Πώς ελέγχεται ο συμπιεστής με το θερμοστάτη του ψυγείου;
- 89) Ποια η λειτουργία του ρελέ έντασης;
- 90) Πώς το θερμικό προστατεύει τον ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή;
- 91) Να περιγράψετε την εκκίνηση του συμπιεστή με πυκνωτή εκκίνησης.
- 92) Να περιγράψετε τη μέθοδο παραγωγής πάγου με πλαστικό δίσκο (οικιακά ψυγεία).

Ο ΟΙΚΙΑΚΟΣ Ή ΜΙΚΡΟΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ

- 
- 5.1 ΘΑΛΑΜΟΣ Ή ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΟΥ ΚΑΤΑΨΥΚΤΗ
 - 5.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΤΑΨΥΚΤΗ.
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΚΑΤΑΨΥΚΤΗ
 - 5.3 ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



Να γνωρίζει ο μαθητής τη λειτουργία του θαλάμου του μικρού επαγγελματικού καταψύκτη.

Να μπορεί να περιγράφει το εσωτερικό του θαλάμου ενός κατακόρυφου καταψύκτη με εξατμιστή φυσικής και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Να μπορεί να περιγράφει το εσωτερικό του θαλάμου ενός οριζόντιου καταψύκτη με εξατμιστή φυσικής και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Να γνωρίζει τους μηχανισμούς ελέγχου του μικρού επαγγελματικού καταψύκτη.

Να μπορεί να περιγράφει τη διαδικασία συντήρησης ενός μικρού καταψύκτη.

Να γνωρίζει πώς γίνεται η προσωρινή αποθήκευση των τροφίμων κατά τη διάρκεια μιας επισκευής ή συντήρησης ενός μικρού καταψύκτη.

5.1 Θάλαμος ή κιβώτιο του καταψύκτη

Ο θάλαμος ή κιβώτιο των οικιακών ή μικρών επαγγελματικών καταψυκτών (στη συνέχεια θα ονομάζονται απλώς καταψύκτες) κατασκευάζεται σε δύο τύπους, ήτοι κατακόρυφο τύπο (που έχει την πόρτα σε μια κατακόρυφη πλευρά) και οριζόντιο τύπο (που έχει την πόρτα στην πάνω οριζόντια πλευρά). Ο πρώτος τύπος έχει το πλεονέκτημα ότι καταλαμβάνει λιγότερο χώρο γι' αυτό και χρησιμοποιείται κυρίως στις οικιακές κουζίνες, όπου ο

διαθέσιμος χώρος είναι λίγος, αλλά παρουσιάζει και το μειονέκτημα, ότι το θερμικό φορτίο του επηρεάζεται αρνητικά κατά το άνοιγμα και κλείσιμο της πόρτας, επειδή ο ψυχρός αέρας του θαλάμου πέφτει προς τα έξω λόγω του μεγαλύτερου βάρους του σε σύγκριση με τον αέρα του περιβάλλοντα χώρου. Βέβαια, το μειονέκτημα αυτό δεν είναι τόσο σοβαρό, διότι η πόρτα ενός καταψύκτη δεν ανοίγει τόσο συχνά, όσο η πόρτα ενός ψυγείου. Ο οριζόντιος καταψύκτης, αντίθετα, καταλαμβάνει μεγαλύτερο χώρο, αλλά δε χάνει ψυχρό αέρα κατά το άνοιγμα της πόρτας του, διότι ο αέρας είναι βαρύς και παραμένει μέσα στο κιβώτιο. Ωστόσο, παρουσιάζει το μειονέκτημα, ότι τα προϊόντα τοποθετούνται πιο δύσκολα από ό,τι σε ένα κατακόρυφο καταψύκτη, επειδή ο τελευταίος διαθέτει ράφια, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Η **λειτουργία** του θαλάμου είναι αρχικά να ψύχει όσο το δυνατόν γρηγορότερα τα τρόφιμα σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία με μια διαδικασία που ονομάζεται **κατάψυξη** (βλέπε Κεφάλαιο II, παράγραφος 3) και στη συνέχεια να τα διατηρεί στη θερμοκρασία αυτή μέχρι την τελική χρήση. Όπως καταλαβαίνουμε ο θάλαμος αυτός είναι **ενός σκοπού** σε αντίθεση με το θάλαμο του οικιακού ψυγείου που είναι τόσο για απλή συντήρηση, όσο και για κατάψυξη. Η αναφερόμενη θερμοκρασία που επικρατεί στο εσωτερικό του θαλάμου κυμαίνεται συνήθως από **-18°C έως -28°C** περίπου και επιτυγχάνεται με **εξατμιστές** που μπορεί να είναι είτε τύπου **φυσικής ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας** και τοποθετούνται σε διάφορα μέρη του θαλάμου, όπως θα δούμε πιο κάτω. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι όσο πιο γρήγορα πραγματοποιηθεί η κατάψυξη, τόσο καλύτερη θα είναι η **τελική ποιότητα** του προϊόντος, το οποίο πρέπει να μπαίνει στο θάλαμο του καταψύκτη, αφού πρώτα έχει υποστεί **αρχική ψύξη** και ποτέ κατ' ευθείαν από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, π.χ., από τους 30°C στους -18°C.

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε το **εσωτερικό** του θαλάμου ενός **κατακόρυφου** καταψύκτη με βάση τα επόμενα σχήματα που δείχνουν τους δύο διαφορετικούς τρόπους κατάψυξης (με φυσική και με εξαναγκασμένη ροή αέρα).



Σχήμα 5.1.1 Εσωτερικό θαλάμου κατακόρυφου καταψύκτη

Στο πιο πάνω σχήμα 5.1.1 φαίνεται ο θάλαμος ενός κατακόρυφου καταψύκτη του οποίου η πόρτα είναι ανοικτή, ώστε να μπορούμε να δούμε το εσωτερικό του. Στο εσωτερικό του θαλάμου υπάρχουν **ειδικά ράφια**, όπου τοποθετούνται τα προϊόντα, τα οποία πρέπει να είναι οπωσδήποτε **αεροστεγώς συσκευασμένα**, ώστε να μη χάνουν την υγρασία τους, δηλ. να μην **ξηραίνονται**. Τα ράφια αυτά είναι διαμορφωμένα έτσι, ώστε να αποτελούν τους **εξατμιστές** του καταψύκτη, οπότε τα τοποθετούμενα προϊόντα υφίστανται **ταχεία κατάψυξη**, καθώς έρχονται σε επαφή με την πολύ ψυχρή επιφάνεια του εξατμιστή, η οποία μπορεί να έχει θερμοκρασία ακόμη και -30°C . Τα ράφια αποτελούνται από **πλάκες**, οι οποίες έχουν στο εσωτερικό τους διαμορφωμένα **κανάλια**, στα οποία ρέει και ατμοποιείται το ψυκτικό μέσον. Οι πλάκες αυτές συνίστανται από δύο μισά τμήματα που συνδέονται μεταξύ τους με συγκόλληση. Ο θάλαμος έχει ράφια, που αποτελούνται από **χαλύβδινα σύρματα**, στα οποία στηρίζεται ένας **χαλύβδινος σωλήνας** με σημειακές συγκολλήσεις. Ο σωλήνας αυτός σχηματίζει **σερπαντίνα**, στην οποία ρέει και ατμοποιείται το ψυκτικό μέσον. Τα προϊόντα ψύχονται και εδώ με **ταχεία κατάψυξη**.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε έναν κατακόρυφο καταψύκτη. Το τοίχωμα αποτελείται από το **εξωτερικό στρώμα** που είναι από **λαμαρίνα** που

βάφεται με κατάλληλο χρώμα, από τη **θερμομόνωση** που εμποδίζει τη ροή της θερμότητας από τον εξωτερικό χώρο προς το θάλαμο και από το **εσωτερικό στρώμα** που είναι από ανθεκτικό **πλαστικό**, το οποίο σκληραίνει και γίνεται **εύθραυστο** με την πάροδο του χρόνου. Μέσα στη θερμομόνωση του θαλάμου έχει ενσωματωθεί η σωλήνωση του **εξατμιστή**, η οποία σχηματίζει **σερπαντίνα** που στηρίζεται στο εσωτερικό στρώμα του τοιχώματος του θαλάμου, διαμορφώνοντας έτσι τον εξατμιστή τύπου **πλάκας** του καταψύκτη. Η κατάψυξη εδώ πραγματοποιείται με **φυσική κυκλοφορία** του αέρα.

Στη συνέχεια περιγράφουμε την τομή ενός κατακόρυφου καταψύκτη εξαναγκασμένης ροής. Ο εξατμιστής έχει σχήμα **σερπαντίνας**, τοποθετείται στο πίσω τοίχωμα του θαλάμου σε ψηλή θέση και καλύπτεται με **διάφραγμα** που έχει ανοίγματα για την αναρρόφηση και κατάθλιψη του αέρα. Ο ανεμιστήρας στερεώνεται στο κάτω μέρος του διαφράγματος, ώστε να αναρροφά τον αέρα που έρχεται από τα αποθηκευμένα προϊόντα και έχει τη θερμοκρασία λειτουργίας του καταψύκτη (π.χ. -22°C). Στη συνέχεια, ο “θερμός” αέρας ψύχεται πάνω στη σερπαντίνα του εξατμιστή και βγαίνει με ταχύτητα από το άνω άνοιγμα του διαφράγματος με κατεύθυνση προς τα προϊόντα, τα οποία υφίστανται ταχεία κατάψυξη.

Οι κατακόρυφοι καταψύκτες, που περιγράφουμε εδώ, έχουν **πόρτα**, η οποία διαθέτει **θήκες** για την τοποθέτηση μικρών συσκευασμένων προϊόντων και είναι αρκετά στιβαρή, ώστε να φέρει τα προϊόντα αλλά και το δικό της βάρος. Επίσης, η πόρτα έχει οπωσδήποτε **λάστιχο στεγανοποίησης**, το οποίο διατηρεί το θάλαμο αεροστεγή και το οποίο είναι εντελώς παρόμοιο με το λάστιχο του οικιακού ψυγείου (βλέπε το Κεφάλαιο IV, παράγραφος 8). Για να διατηρείται η στεγανότητα με την πάροδο του χρόνου, πρέπει η πόρτα να παραμένει **ευθυγραμμισμένη**, ώστε να μην υπάρχει εισροή θερμού και υγρού αέρα μέσα στο θάλαμο. Εδώ πρέπει να τονίσουμε και πάλι ότι η πόρτα του κατακόρυφου καταψύκτη πρέπει να **ανοίγει όσο το δυνατόν σπανιότερα**, για να μην πέφτει ο ψυχρός αέρας λόγω του βάρους του, όπως εξηγήσαμε στην αρχή της παραγράφου. Τέλος, προσοχή πρέπει να δίνεται στην τοποθέτηση των συσκευασμένων προϊόντων, ώστε να μην πέσει κάποιο προϊόν στην **πλαστική δοκό** του θαλάμου, η οποία βρίσκεται κάτω από την πόρτα και την σπάσει. Αν τυχόν η πλαστική δοκός σπάσει, τότε το σπασμένο κομμάτι μπορεί να κολληθεί με αντιοξειδωτική κόλλα μετά την απόψυξη του καταψύκτη, οπότε η δοκός έχει θερμανθεί. Η απόψυξη του καταψύκτη γίνεται συνήθως με φυσικό τρόπο επειδή ο καταψύκτης δε χρειάζεται συχνή απόψυξη, αφού η πόρτα του ανοίγει με μικρή συχνότητα.

Στη συνέχεια, περιγράφουμε το θάλαμο ή κιβώτιο του **οριζόντιου** καταψύκτη με βάση το σχήμα 5.1.2 που αντιστοιχεί σε καταψύκτη **φυσικής κυκλοφορίας αέρα**. Επίσης περιγράφουμε έναν καταψύκτη **εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα** για ταχεία κατάψυξη.



Σχήμα 5.1.2 Οριζόντιος καταψύκτης φυσικής κυκλοφορίας αέρα

Σύμφωνα με το πιο πάνω σχήμα 5.1.2, ο οριζόντιος καταψύκτης αποτελείται από το **θάλαμο ή κιβώτιο** και από το **καπάκι** που στηρίζεται στο θάλαμο με μεντεσέδες (βλέπε και το σχήμα 2.3.2) και που περιμετρικά έχει **ένα λάστιχο στεγανοποίησης** που εξασφαλίζει τη στεγανότητα του θαλάμου ως προς τον ατμοσφαιρικό αέρα, ώστε να μη σχηματίζεται πάγος είτε στο θάλαμο ή κάτω από το λάστιχο και να μην επιβαρύνεται ο καταψύκτης με μεγαλύτερο **ψυκτικό φορτίο**. Το τοίχωμα του θαλάμου αποτελείται και εδώ από το εξωτερικό στρώμα που είναι από **λαμαρίνα**, από τη **θερμομόνωση** και από το εσωτερικό στρώμα που είναι από **σκληρό πλαστικό**. Σε αυτόν τον τύπο οριζόντιου καταψύκτη, οι σωλήνες του **εξαμιστή** τοποθετούνται μέσα στη θερμομόνωση και στερεώνονται πάνω στο εσωτερικό στρώμα του τοιχώματος, ώστε να σχηματίζουν εξαμιστή **τύπου πλάκας** γύρω από τα τοιχώματα του καταψύκτη. Ο εξαμιστής αυτός είναι **φυσικής κυκλοφορίας αέρα**, επειδή ο αέρας ρέει μόνος του γύρω από τα τοιχώματα του θαλάμου χωρίς τη βοήθεια ανεμιστήρα. Η τοποθέτηση των προϊόντων μέσα στο θάλαμο πρέπει να γίνεται με **τάξη**, διότι ο οριζόντιος καταψύκτης έχει το πρόβλημα, ότι δε διαθέτει ράφια, οπότε υπάρχει δυσκολία να βρεθούν τα προϊόντα που έχουν τοποθετηθεί πρώτα στον

πυθμένα του θαλάμου. Για το σκοπό αυτό πολλοί οριζόντιοι καταψύκτες έχουν **καλάθια**, τα οποία στερεώνονται στα πλευρικά τοιχώματα, ώστε να βρίσκονται εύκολα τα προϊόντα που έχουν τοποθετηθεί στον πυθμένα. Πάντως, τα προϊόντα πρέπει να είναι όλα **συσκευασμένα** και να αναγράφουν την ημερομηνία λήξης.

Ο άλλος τύπος οριζόντιου καταψύκτη είναι αυτός που έχει εξατμιστή **εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα**.

Το κορμί του καταψύκτη έχει στο κάτω τμήμα του διαμορφωμένη μια κοιλότητα, η οποία είναι έξω από το θάλαμο του καταψύκτη και στην οποία τοποθετείται η βάση που φέρει το συμπιεστή και το συμπυκνωτή με τον ανεμιστήρα του. Πάνω ακριβώς από αυτήν την κοιλότητα, αλλά στο εσωτερικό του θαλάμου τοποθετείται ο εξατμιστής που έχει μορφή **σερπαντίνας με πτερύγια** και καλύπτεται με κατάλληλο διάφραγμα που έχει ανοίγματα για την κατευθυνόμενη ροή του αέρα, η οποία δημιουργείται με έναν **ανεμιστήρα** που βρίσκεται πίσω από τον εξατμιστή, όπως δείχνει το σχήμα. Επειδή δε η ροή του αέρα είναι εξαναγκασμένη και γίνεται με αρκετή **ταχύτητα**, αυτό συνεπάγεται, ότι τα προϊόντα υφίστανται **ταχεία κατάψυξη**, γεγονός ιδιαίτερα επιθυμητό για την καλή τελική τους ποιότητα.

Η κατάψυξη προσφέρεται για πιο μακροχρόνια διατήρηση των τροφίμων (π.χ. για πολλές εβδομάδες) και έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι τα τρόφιμα δε χάνουν το νερό τους, εφόσον όμως έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα και κυρίως έχει γίνει αεροστεγής συσκευασία, ώστε το περιεχόμενο νερό (υγρασία) των τροφίμων να μην μπορεί να διατηρήσει στον ψυχρό αέρα. Διαφορετικά, τα τρόφιμα παθαίνουν αφύγρανση και ξηραίνονται, με αποτέλεσμα να αποκτούν μια καθόλου ελκυστική εμφάνιση και αλλοιωμένη γεύση. Υπάρχει φυσικά και ο κίνδυνος της “καύσης” τού προς κατάψυξη προϊόντος, όταν λόγω της ταχείας ψύξης του η κρυστάλλωση του περιεχομένου νερού δημιουργεί διάρρηξη στις ίνες του προϊόντος, με αποτέλεσμα την καταστροφή του. Για το λόγο αυτό, η κατάψυξη νωπών τροφίμων ακολουθεί τη μέθοδο της αργής ψύξης ή τη μέθοδο της έντονης επιφανειακής του προϊόντος και της απότομης ψύξης του, ώστε να αναπτύσσεται ελαστικότητα στις ίνες και να αποφεύγεται η διάρρηξη τους.

5.2 Μηχανισμοί ελέγχου. Συντήρηση καταψύκτη. Μετακίνηση καταψύκτη.

Οι **μηχανισμοί ελέγχου** του οικιακού καταψύκτη μοιάζουν πολύ με αυτούς του οικιακού ψυγείου (βλέπε την παράγραφο 4.9). Ο έλεγχος των διάφορων λειτουργιών του καταψύκτη γίνεται με βάση τη **θερμοκρασία** και έχει τελικό αποτέλεσμα το **ξεκίνημα ή σταμάτημα του συμπιεστή**. Έτσι, ο θάλαμος ελέγχεται με το θερμοστάτη **κατάψυξης**, ενώ ο μηχανισμός **αυτόματης απόψυξης** ελέγχεται με ένα **χρονοδιακόπτη**, σε συνδυασμό με το θερμοστάτη **απόψυξης** που είναι προσαρτημένος κοντά στο σωλήνα αναρρόφησης του εξατμιστή. Ο τελευταίος πρέπει να είναι τοποθετημένος με τρόπο τέτοιο, ώστε κατά την απόψυξη να αποχετεύει τα συμπυκνώματα προς τη λεκάνη, όπου θα εξατμίζονται, χωρίς να έρχονται σε επαφή με τα αποθηκευμένα προϊόντα. Ακόμη, ο λαμπτήρας φωτισμού ελέγχεται με το **διακόπτη της πόρτας**, ώστε να ανάβει με το άνοιγμά τους.

Ωστόσο, οι σύγχρονοι καταψύκτες διαθέτουν τους εξής επί πλέον μηχανισμούς:

- α) **μηχανισμό αυτόματης απόψυξης**, ο οποίος ελέγχεται με το **χρονοδιακόπτη** που χρησιμοποιεί το χρόνο λειτουργίας του συμπιεστή, ώστε να αρχίζει την απόψυξη δίνοντας ηλεκτρικό ρεύμα στην **αντίσταση**, όπου η διάρκεια της απόψυξης ελέγχεται με το θερμοστάτη **απόψυξης** (βλέπε για περισσότερα την παράγραφο 4.6), ο οποίος διακόπτει την απόψυξη, όταν ο εξατμιστής “πιάσει” μια προκαθορισμένη (υψηλή) θερμοκρασία,
- β) **θερμαντήρες των τοιχωμάτων**, οι οποίοι είναι ηλεκτρικές αντιστάσεις ενσωματωμένες στα τοιχώματα του θαλάμου κοντά στην εξωτερική του επιφάνεια, ώστε να εμποδίζουν το σχηματισμό υγρασίας κάτω από το λάστιχο στεγανοποίησης (βλέπε την παράγραφο 4.14) και
- γ) **θερμαντήρας συμπυκνωμάτων**, ο οποίος είναι τοποθετημένος μέσα στη λεκάνη συμπυκνωμάτων έτσι, ώστε να βοηθά στην εξάτμιση των συμπυκνωμάτων προς τον αέρα του χώρου.

Κατά τη **συντήρηση** του οικιακού καταψύκτη εφαρμόζονται παρόμοιες διαδικασίες ελέγχου και τα ίδια εργαλεία, όπως και στο οικιακό ψυγείο.

Έχει αποδειχθεί ότι ένα καλό πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης **εξοικονομεί χρήμα** στον ιδιοκτήτη. Το καλύτερο μάλιστα θα ήταν, αν η εταιρεία δεχόταν να πληρώνει ο ιδιοκτήτης ένα σχετικά μικρό ποσό κάθε χρόνο και η εταιρεία συντήρησης να ανελάμβανε τη σωστή λειτουργία του καταψύκτη για όλο το χρόνο και το κόστος των τυχόν επισκευών. Τα **προληπτικά προγράμματα συντήρησης** είναι προτιμότερο να γίνονται δύο φορές το χρόνο (π.χ. άνοιξη και φθινόπωρο) ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του καταψύκτη. Καταρχήν ελέγχεται **το συγκρότημα του συμπυκνωτή**. Ο συμπυκνωτής βρίσκεται πίσω και στο κάτω μέρος του καταψύκτη και είναι συνήθως εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, δηλ. διαθέτει **ανεμιστήρα** (ρευματολήπτη). Το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνουμε είναι να βγάλουμε το καλώδιο σύνδεσης του καταψύκτη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Στη συνέχεια, αφαιρούμε τη μεγάλη και τη μικρή **σχάρα επικάλυψης**, ώστε να φανεί η βάση της μηχανής, την οποία βγάζουμε έξω από την κοιλότητα του θαλάμου. Τώρα μπορούμε να δούμε την **περρωτή και τον ηλεκτροκινητήρα** του ανεμιστήρα, το **συμπιεστή, τη σερπαντίνα του συμπυκνωτή και τη λεκάνη των συμπυκνωμάτων**. Ακολουθώντας, **καλύπτουμε τον ηλεκτροκινητήρα** με πλαστικό φύλλο έτσι, ώστε να μην μπορεί να περάσει νερό και φέρνουμε ένα λάστιχο με το νερό του δικτύου ύδρευσης. Κατευθύνουμε τη **δέσμη του νερού** από το εσωτερικό προς το εξωτερικό μέρος, ώστε να περάσει μέσα από τις σωληνώσεις του συμπιεστή, προσέχοντας να μην έχει το νερό μεγάλη πίεση για να μην παραμορφωθούν τα περρύγια. Έτσι, φεύγει η σκόνη και η βρωμιά από το συμπυκνωτή και καθαρίζεται η σερπαντίνα. Έπειτα, **πλένουμε** το συμπυκνωτή από την αντίθετη κατεύθυνση, δηλ. από το εξωτερικό προς το εσωτερικό μέρος, χωρίς όμως να υπάρχει κίνδυνος για τον ηλεκτροκινητήρα, επειδή είναι καλυμμένος. Αν η σερπαντίνα είναι πολύ βρώμικη και δεν έχει καθαρισθεί με την προηγούμενη διαδικασία, τότε θα πρέπει να εφαρμοσθεί κάποιο **απορρυπαντικό** με τη χρήση μιας φιάλης ψεκασμού, ώστε οι εξωτερικές επιφάνειες όλων των σωληνώσεων να γίνουν υγρές. Αφήνουμε το απορρυπαντικό πάνω στις σωληνώσεις για 10-15 λεπτά και στη συνέχεια ξεπλένουμε το απορρυπαντικό με μια δέσμη νερού με κατεύθυνση και πάλι από το εσωτερικό προς το εξωτερικό μέρος της σερπαντίνας. Στην πράξη, το νερό πρέπει να κατευθύνεται σε κατεύθυνση αντίθετη από την κατεύθυνση ροής του αέρα. Εδώ θα πρέπει να αφιερώσουμε λίγο περισσότερο χρόνο, ώστε ο συμπυκνωτής να λειτουργεί πιο αποδοτικά.

Αφού λοιπόν έχει καθαρισθεί καλά η σερπαντίνα του συμπυκνωτή, βγάζουμε το πλαστικό φύλλο που κάλυπτε τον ηλεκτροκινητήρα και εξετάζουμε προσεκτικά τον **ηλεκτροκινητήρα**. Αν αυτός έχει **κανάλι λίπανσης**, ρίχνουμε μερικές σταγόνες **ειδικού λαδιού** γι' αυτόν τον τύπο ηλεκτροκινητήρα. Οι οπές εισόδου του λαδιού μπορεί να είναι βουλωμένες με πλαστικό ή με ένα καπάκι με ελατήριο που πρέπει πρώτα να αφαιρεθεί. Για τον **άξονα του ανεμιστήρα** θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε **γράσο** που είναι αδιαπέραστο από το νερό, ώστε ο άξονας να μη σκουριάζει και επομένως να αντικαθίσταται εύκολα αν ποτέ χρειαστεί. Στη συνέχεια, ελέγχουμε προσεκτικά το **δοχείο συλλογής ψυκτικού μέσου, τον ξηραντήρα - φίλτρο**, καθώς και όλα τα άλλα χαλύβδινα εξαρτήματα για τυχόν **σκουριές**. Αφαιρούμε τη σκουριά με ένα γυαλόχαρτο και βάζουμε τα αντίστοιχα σημεία με αντιοξειδωτική βαφή. Η προληπτική αυτή διαδικασία μας προφυλάσσει από πολύ περισσότερη εργασία και χρόνο αργότερα. Τέλος, ελέγχουμε τη **λεκάνη συμπυκνωμάτων** μην τυχόν έχουν συγκεντρωθεί έντομα ή άλλες βρωμιές και τις αφαιρούμε.

5.3 Προσωρινή αποθήκευση τροφίμων

Κατά την επισκευή ή τη συντήρηση του καταψύκτη είναι απαραίτητη η προσωρινή αποθήκευση των κατεψυγμένων τροφίμων. Για την προσωρινή αποθήκευση των τροφίμων η πλέον δόκιμη μέθοδος είναι αυτή της χρήσης **ξηρού πάγου**. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην τοποθέτηση του ξηρού πάγου (παγωμένο αέριο CO_2) πάνω από τα τρόφιμα που βρίσκονται μέσα στον καταψύκτη έτσι, ώστε ο ξηρός πάγος να τα ψύχει με το βάρος του. Στην περίπτωση αυτή τα τρόφιμα πρέπει οπωσδήποτε να καλύπτονται εξ ολοκλήρου από πλαστικό φύλλο, ώστε να μην έρχονται σε άμεση επαφή με τον ξηρό πάγο και να μην υγραίνονται από την τήξη του. Επίσης, ο τεχνίτης κατά την επαφή με τα τρόφιμα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιεί ειδικά γάντια προστασίας. Τέλος, κατά τη διάρκεια της προσωρινής αποθήκευσης πρέπει η πόρτα ή το καπάκι του καταψύκτη να παραμένουν λίγο ανοικτά, ώστε να αποβάλλεται το διοξείδιο του άνθρακα που απελευθερώνεται.



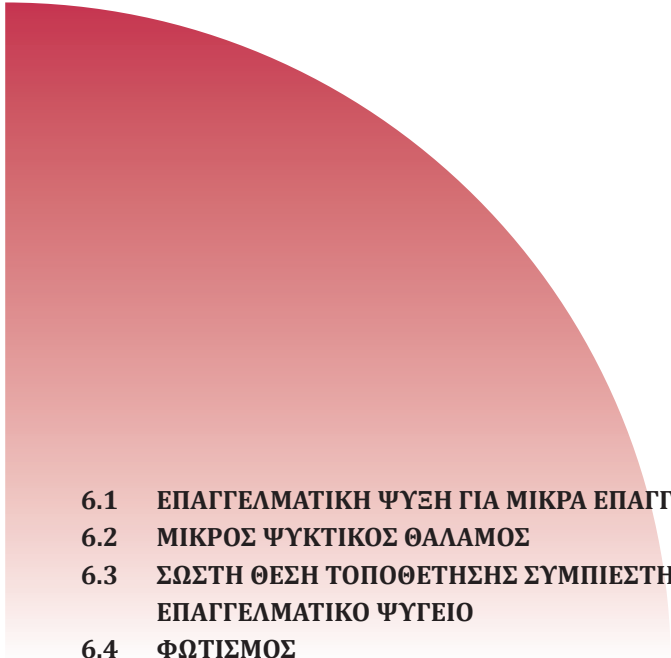
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Ο μικρός επαγγελματικός καταψύκτης κατασκευάζεται σε οριζόντιο και κατακόρυφο τύπο.
- Η λειτουργία του θαλάμου του καταψύκτη είναι να ψύχει τα τρόφιμα σε θερμοκρασία από -12°C έως -28°C σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (κατάψυξη).
- Όσο ταχύτερη είναι η κατάψυξη, τόσο καλύτερη θα είναι η τελική ποιότητα των αποθηκευμένων τροφίμων.
- Ο εξατμιστής φυσικής κυκλοφορίας του κατακόρυφου καταψύκτη μπορεί να έχει τη μορφή ραφιών ή σερπαντίνας, η οποία έχει ενσωματωθεί στα τοιχώματα του θαλάμου.
- Ο εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του κατακόρυφου καταψύκτη έχει σχήμα σερπαντίνας η οποία τοποθετείται στο πίσω τοίχωμα του θαλάμου σε ψηλή θέση και καλύπτεται με διάφραγμα.
- Ο εξατμιστής φυσικής κυκλοφορίας του οριζόντιου καταψύκτη αποτελείται από σειρά σωλήνων που είναι ενσωματωμένοι μέσα στη θερμομόνωση του θαλάμου.
- Ο οριζόντιος καταψύκτης με εξατμιστή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας έχει μια ειδική κοιλότητα, όπου τοποθετείται ο εξατμιστής, ο οποίος έχει μορφή σερπαντίνας με πτερύγια και καλύπτεται με διάφραγμα, ενώ ο ανεμιστήρας βρίσκεται πίσω από τον εξατμιστή.
- Ο έλεγχος των διαφόρων λειτουργιών του καταψύκτη γίνεται με βάση τη θερμοκρασία και έχει αποτέλεσμα την εκκίνηση ή τη διακοπή λειτουργίας του συμπιεστή.
- Ο θάλαμος του καταψύκτη ελέγχεται με το θερμοστάτη κατάψυξης, ενώ ο μηχανισμός αυτόματης απόψυξης ελέγχεται με ένα χρονοδιακόπτη σε συνδυασμό με το θερμοστάτη απόψυξης.
- Ένα καλό πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης εξοικονομεί χρήμα στον ιδιοκτήτη.
- Για την προσωρινή αποθήκευση των τροφίμων χρησιμοποιείται ξηρός πάγος που τοποθετείται πάνω στα τρόφιμα τα οποία καλύπτονται με πλαστικό φύλλο.

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

- 1) Σε ποιους τύπους κατασκευάζονται οι μικροί επαγγελματικοί καταψύκτες;
- 2) Ποια είναι η λειτουργία του θαλάμου ενός καταψύκτη;
- 3) Πότε η τελική ποιότητα των τροφίμων είναι καλύτερη σε έναν καταψύκτη;
- 4) Να περιγράψετε το θάλαμο ενός κατακόρυφου καταψύκτη με εξατμιστή φυσικής κυκλοφορίας αέρα.
- 5) Να περιγράψετε το θάλαμο ενός κατακόρυφου καταψύκτη με εξατμιστή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.
- 6) Να περιγράψετε το θάλαμο ενός οριζόντιου καταψύκτη με εξατμιστή φυσικής κυκλοφορίας αέρα.
- 7) Να περιγράψετε το θάλαμο ενός οριζόντιου καταψύκτη με εξατμιστή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα.
- 8) Γιατί τα τρόφιμα που αποθηκεύονται σε καταψύκτη πρέπει να έχουν συσκευασία;
- 9) Να αναφέρετε τους μηχανισμούς ελέγχου του θαλάμου του καταψύκτη, της απόψυξης και της λυχνίας της πόρτας.
- 10) Να περιγράψετε τη διαδικασία συντήρησης του μικρού επαγγελματικού καταψύκτη.
- 11) Πώς γίνεται η προσωρινή αποθήκευση τροφίμων κατά τη συντήρηση του καταψύκτη;

ΜΙΚΡΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΨΥΓΕΙΑ

- 
- 6.1 ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΨΥΞΗ ΓΙΑ ΜΙΚΡΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΨΥΓΕΙΑ
 - 6.2 ΜΙΚΡΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
 - 6.3 ΣΩΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΓΙΑ ΜΙΚΡΟ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟ ΨΥΓΕΙΟ
 - 6.4 ΦΩΤΙΣΜΟΣ



Να γνωρίζει ο μαθητής τα ψυγεία ανθοπωλείων.

Να γνωρίζει τα ψυγεία των καφεζαχαροπλασטיών.

Να γνωρίζει τα ψυγεία των supermarkets.

Να γνωρίζει τα ψυγεία των κρεοπωλείων.

Να γνωρίζει τα ψυγεία νερού.

Να γνωρίζει τη σωστή θέση τοποθέτησης του μικρού επαγγελματικού ψυγείου.

Να γνωρίζει τον τρόπο φωτισμού του μικρού επαγγελματικού ψυγείου.

6.1 Επαγγελματική ψύξη για μικρά επαγγελματικά ψυγεία

Στη σημερινή κοινωνία της αφθονίας των υλικών αγαθών η διατήρηση των τροφίμων μέσα στα επαγγελματικά ψυγεία είναι μια επιτακτική ανάγκη.

Τα επαγγελματικά ψυγεία πρέπει να ανταποκρίνονται σε όλες τις καθημερινές ανάγκες της αγοράς και ιδιαίτερα στις ειδικές απαιτήσεις των πελατών.

Για να καλυφθεί αυτή η ποικιλία των απαιτήσεων της αγοράς, οι κατασκευαστές επαγγελματικών ψυγείων τυποποίησαν όλο το φάσμα της εμπορικής ψύξης στις παρακάτω κατηγορίες ψυγείων:

1. Ψυγεία συντήρησης των προϊόντων.
2. Ψυγεία κατάψυξης των προϊόντων.
3. Ψυγεία μικτά (συντήρησης και κατάψυξης).

Ψυγεία συντήρησης των προϊόντων.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα παρακάτω επαγγελματικά ψυγεία:

- α) Ψυγεία ανθοπωλείων.
- β) Ψυγεία καφεζαχαροπλασטיών (βιτρίνες κλειστές).
- γ) Ψυγεία των Super Market.
- δ) Ψυγεία κρεοπωλείων.
- ε) Ψυγεία εστιατορίων.
- στ) Ψυγεία νερού.

Ψυγεία ανθοπωλείων

Τα ψυγεία που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση των ανθέων πρέπει να ανταποκρίνονται σε ορισμένες κατασκευαστικές ιδιομορφίες, οι οποίες να τα καθιστούν πρακτικά και ωφέλιμα στην καθημερινή χρήση των ανθοπωλών.

Έτσι, κάθε ψυγείο διατήρησης ανθέων πρέπει να έχει όλη την πρόσοψή του (σχεδόν) από διπλό κρύσταλλο αφενός και αφετέρου η εσωτερική του διαρρύθμιση να επιτρέπει την τοποθέτηση μεγάλων ανθοδεσμών μέσα στα βάζα τους.

Στην Ευρώπη, στην Αμερική και σε άλλες χώρες, τα άνθη διατηρούνται μέσα στα ψυγεία χωρίς νερό (ξηρή συσκευασία), αρκεί να έχουν τις κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης, οι οποίες δίνονται από σχετικούς πίνακες.

Στη χώρα μας οι ανθοπώλες χρησιμοποιούν την υγρή συσκευασία (νερό μέσα στα βάζα με τα λουλούδια) και ως κατάλληλη θερμοκρασία διατήρησης των ανθέων παίρνουν τη θερμοκρασία (τη μέση) του εδάφους, δηλαδή 12°C περίπου.

Οι ψυκτικές μονάδες των ψυγείων αυτών είναι αερόψυκτες ημίκλειστου τύπου και στοιχείο βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα.

Τέλος, μέσα στα ψυγεία διατηρούνται μόνο τα άνθη τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα στο χρόνο (διατηρούνται 2-5 μέρες) αφενός, και αφετέρου η τιμή τους είναι κάπως υψηλή.

Ψυγεία καφεζαχαροπλασטיών (βιτρίνες κλειστές)

Τα ψυγεία αυτής της κατηγορίας είναι διαρρυθμισμένα έτσι, ώστε να καλύπτουν και να εξυπηρετούν τις ανάγκες σε αναψυκτικά, σε γλυκά και σε κρύο νερό (50 λίτρα/η περίπου).

Η κατάλληλη θερμοκρασία για τη διατήρησή τους κυμαίνεται από 3°C - 8°C, η οποία διασφαλίζεται με τον πρεσοστάτη χαμηλής εγκατάστασης.

Η εσωτερική κατασκευή του ψυγείου αποτελείται από το χαλύβδινο σκελετό και τα χαλύβδινα γαλβανιζέ φύλλα επένδυσης μαζί με τις διάφορες σχάρες τοποθέτησης των ψυχωμένων προϊόντων.

Μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής επένδυσης τοποθετείται το μονωτικό υλικό πάχους 5cm περίπου.

Η πρόσοψη του ψυγείου είναι από διπλό κρύσταλλο, ο ψύκτης ύδατος είναι τοποθετημένος μέσα στο ψυγείο, ενώ στο άκρο της πάνω επιφάνειάς του υπάρχει η λεκάνη αποχέτευσης με τις βρύσες του φυσικού και κρύου νερού.

Ο συμπιεστής είναι ημίκλειστου τύπου 370 - 560 Watt και η εγκατάσταση λειτουργεί με στοιχείο φυσικής κυκλοφορίας.



Σχήμα 6.1.1 Ψυγείο παγωτών

Ψυγεία των Super Markets

Τα ψυγεία συντήρησης προϊόντων των super markets παρουσιάζουν μια πρωτοτυπία στην κατασκευή τους.

Όλη η πρόσοψη των ψυγείων αυτών δεν έχει κανένα μονωτικό υλικό αλλά είναι ελεύθερη για τη χρήση των πελατών.

Τα ψυγεία αυτά έχουν μεγαλύτερα φορτία θερμότητας (για ίση ποσότητα προϊόντων) και μεγαλύτερη ποσότητα σχηματισμού πάγου στο στοιχείο τους.

Η θερμοκρασία η οποία επικρατεί στο ανοικτό αυτό ψυγείο κυμαίνεται από 8°C - 12°C , εκτός των ωρών διακοπής της λειτουργίας των καταστημάτων, που η θερμοκρασία κατεβαίνει γύρω στους 3°C - 5°C , επειδή στο διάστημα αυτό της διακοπής η ελεύθερη επιφάνεια της πρόσοψης καλύπτεται με ειδικά μονωτικά καλύμματα, τα οποία συνοδεύουν κάθε ψυγείο αυτού του τύπου.

Οι εγκαταστάσεις αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν συμπιεστές ημίκλειστου τύπου ισχύος 560W και έχουν στοιχεία βεβαισμένης (συνήθως) ή φυσικής κυκλοφορίας του αέρα τοποθετημένα στο κάτω μέρος του ψυγείου.



Σχήμα 6.1.2 Ψυγείο βιτρίνα super market

Ψυγεία κρεοπωλείων

Τα ψυγεία τα οποία χρησιμοποιούν τα κρεοπωλεία για τη συντήρηση των κρεάτων της καθημερινής κατανάλωσης, πρέπει να έχουν βασικά τη χωρητικότητα που απαιτείται για την αποθήκευση των κρεάτων μιας εβδομάδας.

Εάν τα ψυγεία αυτής της κατηγορίας κατασκευάζονται για καθαρό εσωτερικό ωφέλιμο χώρο από $5 - 7 \text{ m}^3$ μέσα στα οποία θα μπορούν να

διατηρούνται 1500 - 2500 kg κρέατος σε θερμοκρασία 0 - 2C, τότε...

Εσωτερικά έχουν επένδυση γαλβανισμένης χαλύβδινης λαμαρίνας και φέρουν δοκούς για την ανάρτηση άγκιστρων πάνω στα οποία τοποθετούνται τα σφαγμένα ζώα.

Εξωτερικά έχουν ξύλινη επένδυση αρκετού πάχους και μεταξύ του ξύλου και της λαμαρίνας τοποθετείται το μονωτικό υλικό (πολυουρεθάνη ή πολυεστέρας) πάχους 60 - 80 mm, αφού τοποθετείται ειδικός χάρτης ψυγείου (πισσόχαρτο) ή πίσσα μεταξύ των επιφανειών του μονωτικού υλικού.

Η ψυκτική εγκατάσταση των κρεοπωλείων λειτουργεί με συμπιεστή ημίκλειστου τύπου, ιπποδύναμης άνω του 1HP(746W), και ατμοποιητή βεβιασμένης κυκλοφορίας τοποθετημένο στην οροφή του ψυγείου.



Σχήμα 6.1.3 Ψυγείο βιτρίνα κρεοπωλείου

Ψυγεία εστιατορίων

Τα ψυγεία που χρησιμοποιούνται από τα εστιατόρια για τη συντήρηση των διαφόρων προϊόντων και ποτών έχουν τέτοια εσωτερική διαρρύθμιση, ώστε να συνυπάρχουν προϊόντα με διαφορετική οσμή και με διαφορετική θερμοκρασία συντήρησής τους.

Συγκεκριμένα, τα ψυγεία της κατηγορίας αυτής έχουν μεταλλικό σκελετό και εσωτερική επένδυση από γαλβανισμένη χαλύβδινη λαμαρίνα, ενώ εξωτερικά έχουν επένδυση από ανοξείδωτο χάλυβα.

Μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χαλύβδινου ελάσματος τοποθετείται το κατάλληλο μονωτικό υλικό πάχους 60 - 80 mm.

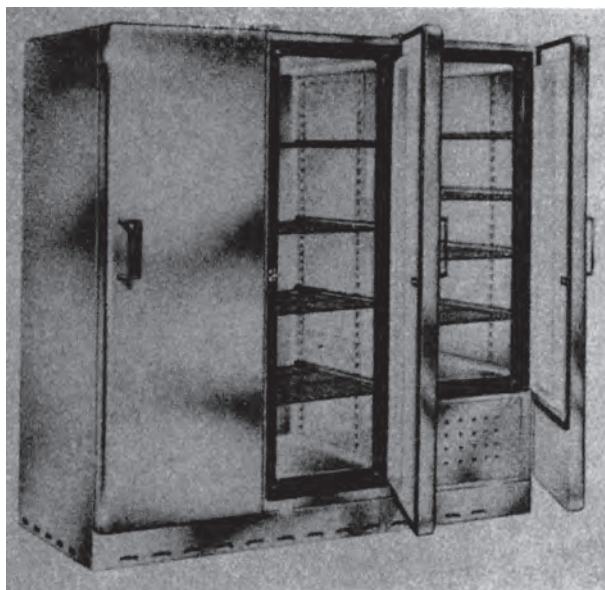
Οι κατασκευαστές των ψυγείων αυτού του τύπου είτε έχουν ολόκληρο

τον εσωτερικό χώρο ενιαίο, οπότε τοποθετούν ένα στοιχείο βεβιασμένης κυκλοφορίας στην οροφή του, είτε έχουν δύο χώρους, ένα μεγάλο και ένα μικρό.

Στην περίπτωση κατά την οποία ο εσωτερικός χώρος είναι χωρισμένος σε δύο θαλάμους, τότε το μεγάλο χώρο εξυπηρετεί ένα στοιχείο βεβιασμένης κυκλοφορίας στην οροφή του, ενώ το μικρό χώρο τον εξυπηρετεί το ανάλογο στοιχείο φυσικής κυκλοφορίας.

Η θερμοκρασία που επικρατεί μέσα στο ψυγείο είναι 2°C - 5°C για το μεγάλο θάλαμο, ενώ για το μικρό είναι 0°C - 2°C . Συνήθως, μέσα στο μικρό θάλαμο του ψυγείου τοποθετούμε νωπά φάρια ή νωπό κρέας.

Τέλος, η ψυκτική εγκατάσταση λειτουργεί με συμπιεστές κλειστού ή ημίκλειστου τύπου ιπποδύναμης 370 W και άνω.



Σχήμα 6.1.4 Ψυγείο εστιατορίου

Ψυγεία νερού

Οι ψύκτες νερού είναι μια ψυκτική εγκατάσταση, η οποία τώρα τελευταία έχει γίνει κάτι το απαραίτητο σε όλους τους χώρους των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (σχολεία, γραφεία, εργοστάσια, πλαζ κ.λπ.).

Τους ψύκτες νερού τους συναντάμε σε δύο βασικές κατηγορίες ως προς τη διάταξη του ψυκτικού στοιχείου.

Στη μια περίπτωση το ψυκτικό στοιχείο αποτελείται από ειδικό χαλκοσωλήνα σε σχήμα σπирάλ, που είναι βυθισμένο μέσα στο νερό του δοχείου του ψύκτη, ενώ στην άλλη περίπτωση το ψυκτικό στοιχείο είναι περιφερειακά τοποθετημένο στην εξωτερική επιφάνεια του δοχείου νερού του ψύκτη.

Το θερμικό φορτίο ενός ψύκτη νερού αποτελείται από τη θερμότητα που απορροφάται από το νερό κατά την ψύξη του, κατά 98% περίπου, και κατά 1 - 2% από τη θερμότητα που απορροφάται από τα τοιχώματα.

Υπάρχουν και ψύκτες νερού οι οποίοι δεν αποτελούν ξεχωριστή ψυκτική μονάδα, αλλά συμπλήρωμα μιας άλλης ψυκτικής εγκατάστασης, οπότε τότε ο ψύκτης είναι τοποθετημένος μέσα στο ψυγείο.

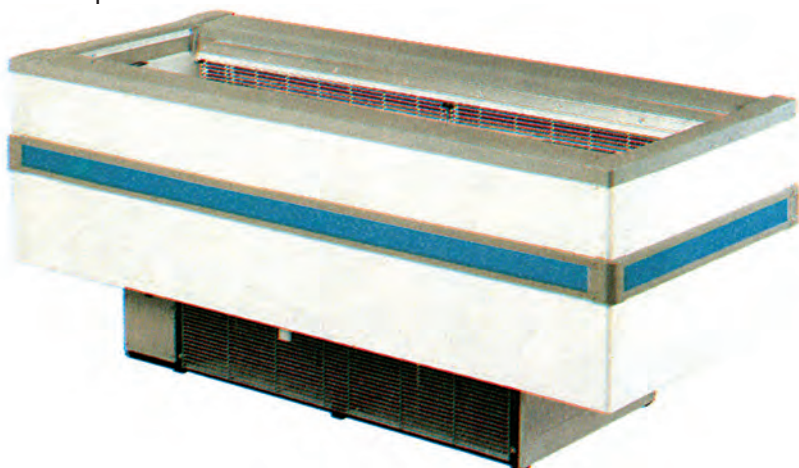
Οι ψύκτες λειτουργούν με συμπιεστές κλειστού ή ημικλειστού τύπου ισχύος 180 W και άνω ανάλογα με την παρεχόμενη ποσότητα του νερού ανά ώρα και της θερμοκρασίας του.

Τόσο η ποσότητα του απαιτούμενου νερού ανά ώρα και άτομο, όσο και η θερμοκρασία εξαγωγής του δροσερού νερού δίνονται από πίνακα.

6.2 Μικρός ψυκτικός θάλαμος

Η δομή και η συμπεριφορά του μικρού ψυκτικού θαλάμου αναφέρεται διεξοδικά στο κεφάλαιο 4, παράγραφος 4.8 και είναι αντίστοιχες των μικρών οικιακών ψυκτικών θαλάμων.

Στο σχήμα 6.2.1 παρουσιάζονται τα επιμέρους τμήματα του μικρού ψυκτικού θαλάμου.



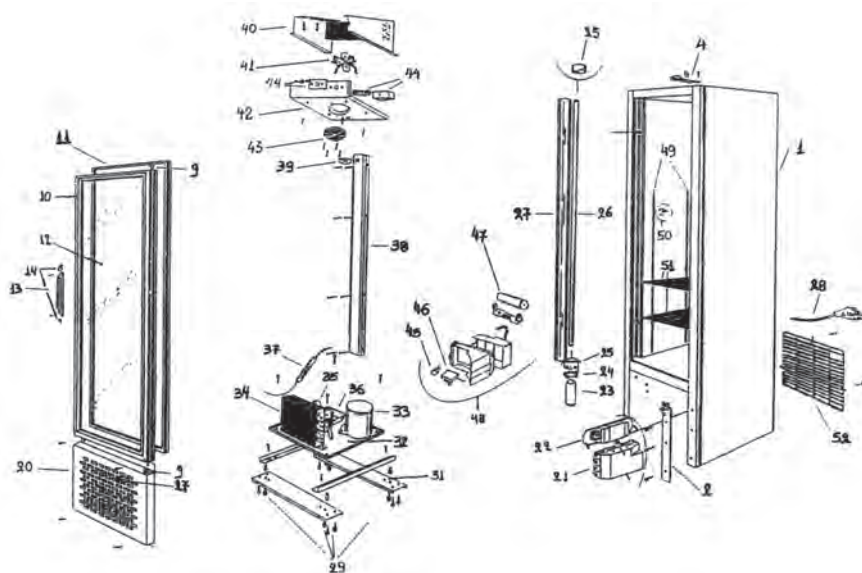
Σχήμα 6.2.1 Μικρός ψυκτικός θάλαμος

6.3 Σωστή θέση τοποθέτησης συμπιεστή για μικρό επαγγελματικό ψυγείο

Το μικρό επαγγελματικό ψυγείο χρησιμοποιείται σε πολλές και διαφορετικές εφαρμογές και μπορεί να περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, τη χρήση σε ένα πολυκατάστημα με πολύ καλές συνθήκες αέρα ή ακόμη σε ένα υπαίθριο περίπτερο όπου αναπτύσσονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες συμπίκνωσης (συνθήκες καύσωνα).

Για το λόγο αυτό η τοποθέτηση του συμπιεστή στο επαγγελματικό ψυγείο πρέπει να είναι προσεκτικά μελετημένη, ώστε η /ο τεχνίτης-ψυκτικός να έχει εύκολη πρόσβαση για τη συντήρηση ή επισκευή του (π.χ. επιτόπου επισκευή ή αφαίρεση του συμπιεστή).

Ένας πολύ καλός τρόπος τοποθέτησης είναι να αποτελεί ενιαία μονάδα μαζί με το συμπυκνωτή και τον ανεμιστήρα, όπου ολόκληρο το συγκρότημα στηρίζεται σε μια κοινή βάση στο κάτω μέρος (κοιλότητα) του ψυκτικού θαλάμου έτσι ώστε να αφαιρείται, όπως φαίνεται σαφώς στο σχήμα 6.3.1.



Περιγραφή

1. Κορμί.
2. Βάση πόρτας
4. Στήριξη πάνω μεντεσέ
9. Θήκη περιστροφής πόρτας
10. Τελάρο αλουμινίου πόρτας
11. Λάστιχο θερμοστεγανότητας
12. Τζάμι
13. Χερούλι
14. Καπάκια χερουλιού
17. Διακόπτης φωτισμού
20. Κάτω περσίδα
21. Μπουάτ
22. Μετασχηματιστής
23. Στάρτερ
24. Βάση στάρτερ
25. Ρευματοδότης λάμπας
26. Λάμπα
27. Κάλυμμα λάμπας
28. Φις - Καλώδιο παροχής
29. Ρεγουλατόροι θέσης ψυγείου
31. Τραβέρσες στήριξης ψυγείου
32. Βάση μηχανής
33. Συμπιεστής πλήρης
34. Συμπυκνωτής
35. Ανεμιστήρας μηχανής πλήρης
36. Λεκάνη αποχέτευσης
37. Φίλτρο
38. Καλύπτρα εσωτερικών σωληνώσεων
39. Χούφτα αποχέτευσης
40. Εξατμιστής
41. Ανεμιστήρας εξατμιστή πλήρης
42. Λεκάνη εξατμιστή
43. Κάλυμμα ανεμιστήρα
44. Θερμοστάτης πλήρης
45. Θερμικό
46. Ρελέ
47. Πυκνωτής
48. Ηλεκτρολογικό κουτί πλήρες
49. Σκαλιέρες
50. Γαντζάκι σχάρας
51. Σχάρα ορόφου
52. Σχάρα μηχανής

Σχήμα 6.3.1 Αποσυναρμολογημένο συγκρότημα επαγγελματικού ψυγείου με αφαιρούμενη βάση.

6.4 Φωτισμός

Τα επαγγελματικά ψυγεία παρέχουν τη δυνατότητα συνεχούς φωτισμού για την εξυπηρέτηση των πελατών. Για το σκοπό αυτό διαθέτουν διαμήκη λάμπα φθορισμού, η οποία τοποθετείται κατά το ύψος του ψυκτικού θαλάμου αριστερά ή δεξιά μέσα σε κατάλληλη διαμήκη υποδοχή έτσι, ώστε να καλύπτει σχεδόν ολόκληρο το ύψος του θαλάμου. Η λυχνία αυτή έχει αντίστοιχο κάλυμμα και τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα χειροκίνητα μέσω διακόπτη.



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Οι κατασκευαστές επαγγελματικών ψυγείων έχουν τυποποιήσει το φάσμα της εμπορικής ψύξης στα ψυγεία συντήρησης των προϊόντων, στα ψυγεία κατάψυξης των προϊόντων και στα μικτά ψυγεία.
- Τα ψυγεία που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση των ανθέων πρέπει να ανταποκρίνονται σε ορισμένες κατασκευαστικές ιδιομορφίες.
- Τα ψυγεία των καφεζαχαροπλαστείων είναι διαρρυθμισμένα έτσι, ώστε να διατηρούν τα αναψυκτικά, τα γλυκά και το κρύο νερό σε θερμοκρασία από 3° έως 8° C.
- Τα ψυγεία των supermarkets παρουσιάζουν την πρωτοτυπία ότι ολόκληρη η πρόσοψή τους δεν έχει μονωτικό υλικό αλλά είναι ελεύθερη για χρήση των πελατών. Τα ψυγεία αυτά έχουν μεγαλύτερα ψυκτικά φορτία για ίση ποσότητα προϊόντων και σχηματίζουν περισσότερο πάγο στον εξατμιστή τους.
- Τα ψυγεία των κρεοπωλείων κατασκευάζονται έτσι, ώστε να μπορούν να διατηρούν 1500- 2500 kg κρέατος σε θερμοκρασία 0° - 2° C. Εσωτερικά φέρουν επένδυση γαλβανισμένης λαμαρίνας και εξωτερικά έχουν ξύλινη επένδυση αρκετού πάχους. Ανάμεσα στο ξύλο και στη λαμαρίνα τοποθετείται το στρώμα μονωτικού υλικού (πολυουρεθάνη ή πολυεστέρας).
- Τα ψυγεία των εστιατορίων έχουν τέτοια εσωτερική διαρρύθμιση, ώστε να διατηρούνται ταυτόχρονα προϊόντα με διαφορετική οσμή και διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης.
- Τα ψυγεία νερού (ψύκτες νερού) κατασκευάζονται σε δύο τύπους: α) Το ψυκτικό στοιχείο αποτελείται από ειδικό χαλκοσωλήνα σε σχήμα σπινθάλ που είναι βυθισμένο στο δοχείο νερού του ψύκτη και β) το ψυκτικό στοιχείο είναι τοποθετημένο περιφερειακά στην εξωτερική επιφάνεια του δοχείου νερού.
- Η θέση του συμπιεστή ενός μικρού επαγγελματικού ψυγείου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε ο τεχνίτης-ψυκτικός να έχει εύκολη πρόσβαση σε αυτόν για τη συντήρηση ή επισκευή του. Συνήθως τοποθετείται σε μια

βάση στο κάτω μέρος του θαλάμου μαζί με το συμπυκνωτή και τον ανεμιστήρα.

- Τα επαγγελματικά ψυγεία φωτίζονται συνεχώς με μια διαμήκη λυχνία φθορισμού, η οποία τοποθετείται σε ολόκληρο το ύψος του ψυκτικού θαλάμου.

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Πώς έχουν τυποποιηθεί τα επαγγελματικά ψυγεία, ώστε να καλύπτουν όλες τις ανάγκες της αγοράς;
2. Πώς είναι διαμορφωμένα τα ψυγεία των ανθοπωλείων;
3. Πώς διατηρούνται τα λουλούδια στη χώρα μας και σε ποια θερμοκρασία;
4. Τι είδους ψυκτικές μηχανές και τι είδους εξατμιστές χρησιμοποιούνται στα ψυγεία των ανθοπωλείων;
5. Πώς κατασκευάζεται το τοίχωμα των ψυγείων για καφεζαχαροπλαστεία (κλειστές βιτρίνες);
6. Ποια είναι η κατάλληλη θερμοκρασία για τα ψυγεία των καφεζαχαροπλαστείων και ποιοι συμπίεστές χρησιμοποιούνται;
7. Ποια ιδιομορφία παρουσιάζουν τα ψυγεία των supermarkets;
8. Ποιες θερμοκρασίες επικρατούν στα πιο πάνω ψυγεία;
9. Τι είδους συμπίεστές και εξατμιστές χρησιμοποιούνται στα ψυγεία των supermarkets;
10. Για ποιο φορτίο κρέατος κατασκευάζονται τα ψυγεία των κρεοπωλείων και ποιες θερμοκρασίες διατηρούν;
11. Πως είναι κατασκευασμένο το τοίχωμα του θαλάμου των ψυγείων κρεοπωλείων;
12. Ποιοι συμπίεστές και ποιοι εξατμιστές χρησιμοποιούνται στα ψυγεία των κρεοπωλείων;
13. Πως κατασκευάζεται το τοίχωμα του θαλάμου των ψυγείων εστιατορίων;
14. Πως διαρρυθμίζεται ο εσωτερικός χώρος των ψυγείων εστιατορίων και γιατί;
15. Ποιες θερμοκρασίες επικρατούν στα διάφορα τμήματα ενός ψυγείου εστιατορίου;

16. Τι είδους συμπιεστές χρησιμοποιούνται στα ψυγεία εστιατορίων;
17. Να αναφέρετε τις δύο βασικές κατηγορίες των ψυκτών νερού όσον αφορά τη διάταξη του ψυκτικού τους στοιχείου.
18. Από ποια επί μέρους φορτία συνίσταται το ψυκτικό φορτίο ενός ψύκτη νερού;
19. Τι είδους συμπιεστές χρησιμοποιούνται στους ψύκτες νερού;

ΨΥΞΗ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΔΥΟ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΑ ΜΕΣΑ

7.1 ΨΥΞΗ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ



Να καταλάβει ο μαθητής τη διαφορά μεταξύ των διατάξεων με απορρόφηση και των μηχανών με συμπιεστή ατμών.

Να γνωρίζει το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων με απορρόφηση.

Να γνωρίζει τις θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται με διατάξεις αμμωνίας - νερού και διαλύματος βρωμιούχου λιθίου - νερού.

Να μπορεί να περιγράφει τη λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης.

Μέχρι τώρα εξετάστηκαν οι ψυκτικές συσκευές (οικιακό ψυγείο κ.λπ.) που λειτουργούν με ένα μόνο εργαζόμενο (ψυκτικό) μέσο. Στην πράξη όμως έχουν μεγάλη εφαρμογή μέθοδοι παραγωγής ψυκτικής ισχύος, που χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα εργαζόμενα σώματα. Οι πιο πολλές από αυτές απαιτούν για τη λειτουργία τους δύο εργαζόμενα μέσα.

7.1 Ψύξη με απορρόφηση

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται δύο εργαζόμενα μέσα, το ψυκτικό μέσο και το μέσο απορρόφησης. Κλασικά ζευγάρια τέτοιων μέσων είναι:

1. Αμμωνία - Νερό ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$), το ψυκτικό μέσον είναι η αμμωνία και το μέσον απορρόφησης το νερό.
2. Νερό - Διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$), το ψυκτικό μέσον είναι το νερό και μέσον απορρόφησης το διάλυμα βρωμιούχου λιθίου.

Οι διατάξεις με απορρόφηση, όπως και οι διατάξεις συμπίεσης ατμών, χρησιμοποιούν για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος το φαινόμενο της ατμοποίησης. Είναι φυσικό, ότι για να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση του ψυκτικού μέσου, πρέπει προηγούμενα αυτό να συμπυκνωθεί σε στάθμη υψηλότερης θερμοκρασίας.

Η διαφορά μεταξύ διατάξεων με απορρόφηση και διατάξεων με συμπίεση ατμών ψυκτικού μέσου είναι ότι στις πρώτες δε χρησιμοποιείται συμπίεστής. Η μεταφορά του ψυκτικού μέσου από τη χαμηλή πίεση (ατμοποίησης) στην υψηλή (συμπύκνωσης) γίνεται με τη χρήση του φαινόμενου της απορρόφησης. Το ψυκτικό μέσον που έχει ήδη ατμοποιηθεί απορροφάται από το μέσον απορρόφησης, οπότε δημιουργείται στην περιοχή χαμηλής πίεσης της εγκατάστασης υγρό διάλυμα, που πρέπει να μεταφερθεί στην περιοχή υψηλής πίεσης. Η μεταφορά αυτή γίνεται με χρήση μηχανικής ή θερμοσιφωνικής αντλίας. Η περίπτωση της θερμοσιφωνικής χρησιμοποιείται σε διατάξεις απορρόφησης με αδρανές αέριο στην οποία δεν απαιτείται καθόλου μηχανική ενέργεια. **Αυτό, πέρα από τα άλλα, συνεπάγεται πλήρη έλλειψη κινούμενων μερών και απόλυτα αθόρυβη λειτουργία.** Όταν χρησιμοποιείται μηχανική αντλία, η απαραίτητη μηχανική ενέργεια, σε σχέση με την αντίστοιχη των εγκαταστάσεων με μηχανικό συμπίεστή ατμού, είναι ασήμαντη.

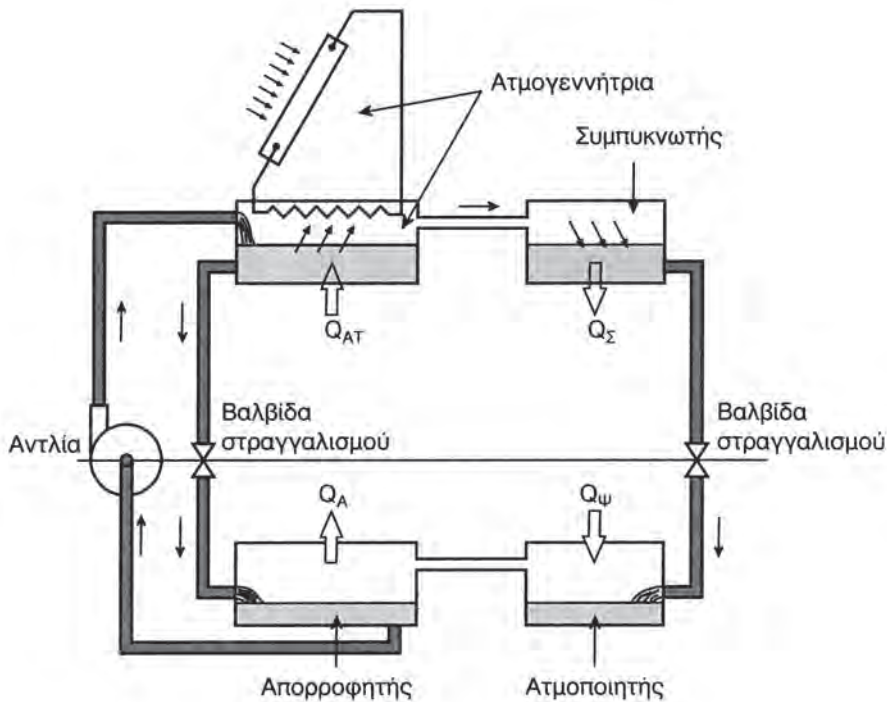
Χαρακτηριστικό γνώρισμα λοιπόν των ψυκτικών διατάξεων με απορρόφηση είναι ότι χρειάζονται ελάχιστη, μέχρι καθόλου, μηχανική ενέργεια και ότι η παραγωγή της ψυκτικής ισχύος εκτελείται μόνο με χρήση θερμικής ενέργειας, που είναι απαραίτητη για το διαχωρισμό του ψυκτικού μέσου από το μέσον απορρόφησης στην υψηλή πίεση. Ο διαχωρισμός γίνεται με βρασμό και κλασματική απόσταξη.

Σε διατάξεις αμμωνίας - νερού, είναι δυνατή η επίτευξη θερμοκρασίας παραγωγής ψυκτικής ισχύος μέχρι και -70°C με μονοβάθμια εγκατάσταση. Θερμοκρασία την οποία καμία μονοβάθμια διάταξη συμπίεσης ατμού δεν μπορεί να πλησιάσει, επειδή απαιτείται μεγάλος λόγος συμπίεσης.

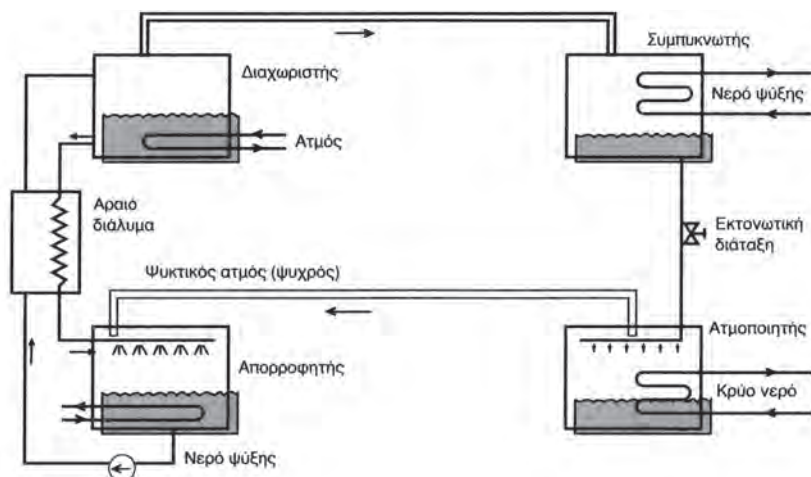
Οι διατάξεις νερού - διαλύματος βρωμιούχου λιθίου έχουν περιορισμένη δυνατότητα θερμοκρασίας ατμοποίησης. Ο περιορισμός προέρχεται από το γεγονός ότι το νερό που χρησιμοποιείται σε αυτές τις διατάξεις ως ψυκτικό μέσον, στερεοποιείται στους 0°C , με αποτέλεσμα οι διατάξεις αυτές να μη χρησιμοποιούνται ποτέ για θερμοκρασίες μικρότερες των 0°C .

Στο σχήμα 7.1.1 παρουσιάζεται κλιματιστική διάταξη νερού - διαλύματος βρωμιούχου λιθίου ($\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$) που χρησιμοποιεί ως πηγή θερμότητας

ηλιακή ενέργεια. Στο σχήμα 7.1.2 διακρίνεται διάταξη απορρόφησης αμμωνίας - νερού ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$). Στα σχήματα 7.1.3 και 7.1.4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα ατμών (Mollier) για την αμμωνία, καθώς και τα διαγράμματα p-h για το μίγμα νερού - διαλύματος βρωμιούχου λιθίου ($\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$).



Σχήμα 7.1.1 “Διάταξη κλιματιστικής συσκευής $\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$ ”



Σχήμα 7.1.2 Διάταξη απορροφητικής συσκευής $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$

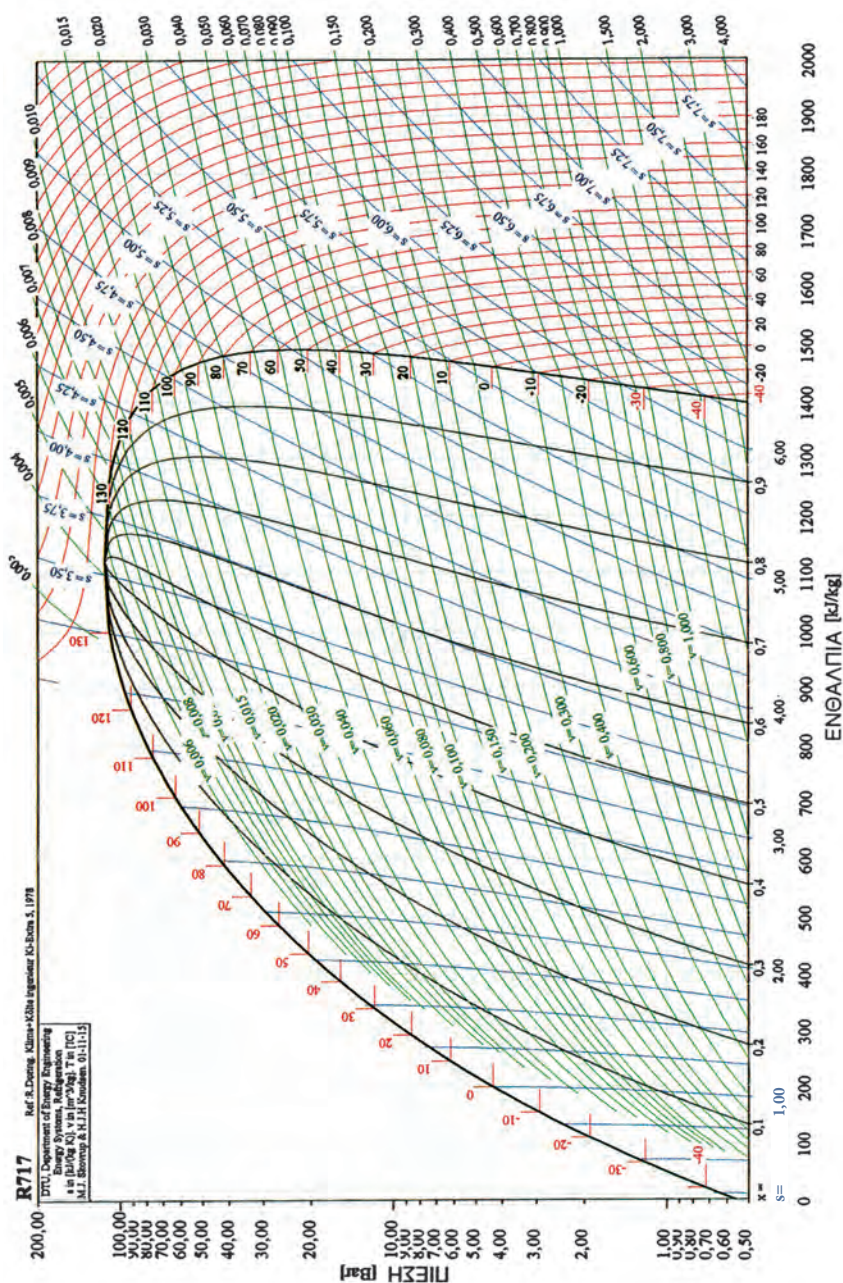
7.1.1 Λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης

Στην ψυκτική μηχανή απορρόφησης οι ατμοί οδηγούνται στον απορροφητήρα και μετά στον ψύκτη, ο οποίος περιέχει σχεδόν καθαρό ψυκτικό ρευστό. Για τη διατήρηση συνεχούς λειτουργίας πρέπει το διαλυτικό μέσον να εμπλουτιστεί με ψυκτικό ρευστό και να οδηγηθεί προς αναμόρφωση, σε άλλο δοχείο (βραστήρα - διαχωριστή) υπό πίεση συμπίκνωσης. Ο σχηματισμένος ατμός στο διαχωριστή μετά την αναθέρμανση οδηγείται στο συμπυκνωτή και στη συνέχεια στον απορροφητήρα που περιέχει το διαλυτικό μέσον που κυκλοφορεί μεταξύ απορροφητήρα και διαχωριστή. Στον απορροφητήρα ασκείται πίεση $P_{\text{ατμ}}$ και θερμοκρασία λίγο υψηλότερη από τη θερμοκρασία ατμοποίησης T_0 . Στο βραστήρα επικρατεί πίεση Ρσυμπ, μεγαλύτερη από την P_0 και θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία συμπίκνωσης.

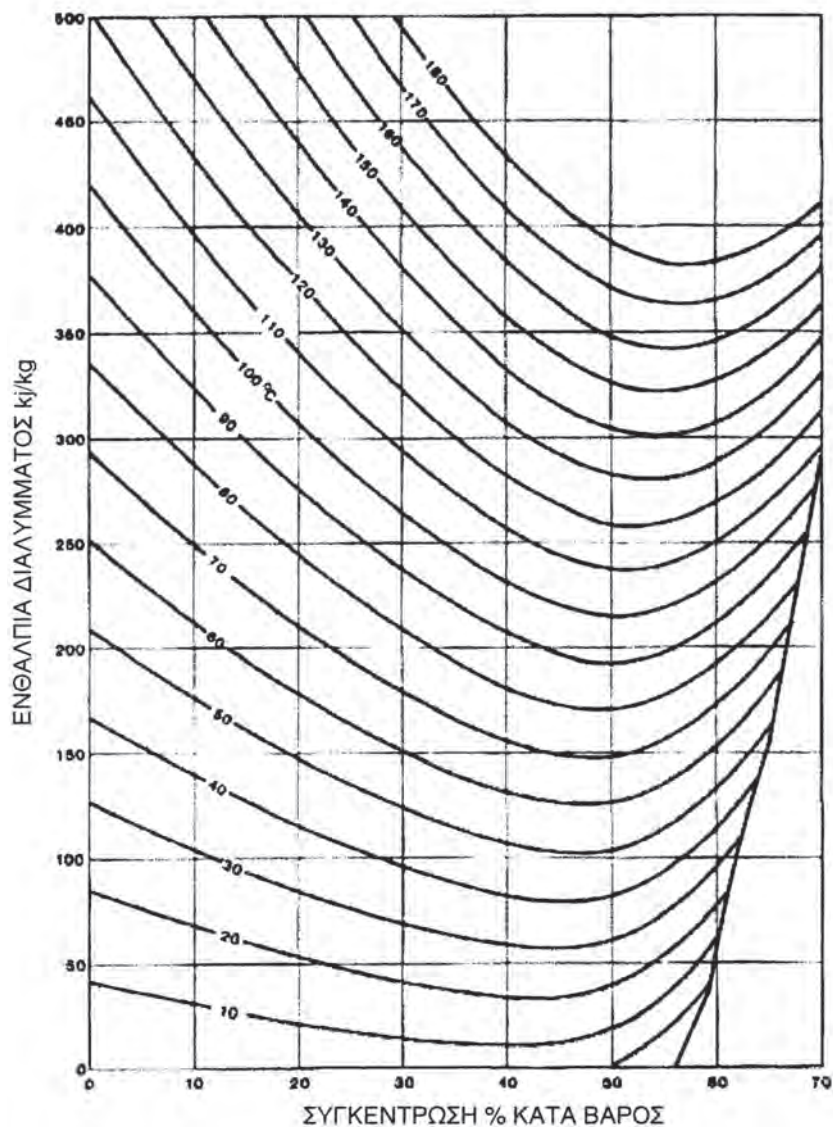
Η αντλία του διαλυτικού μέσου αναρροφά το εμπλουτισμένο σε ψυκτικό ρευστό διαλυτικό μέσο από τον απορροφητήρα και το καταθλίβει στο διαχωριστή. Το καθαρό διαλυτικό μέσον οδηγείται από το διαχωριστή στον απορροφητήρα, αφού πρώτα διέλθει από τη στραγγαλιστική εκτονωτική διάταξη και τον ατμοποιητή. Με τη διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ο ψυκτικός κύκλος. Για την κυκλοφορία των ψυκτικών ρευστών απαραίτητη είναι η ύπαρξη διαφοράς πιέσεων μεταξύ τμήματος ατμοποίησης και συμπίκνωσης, η οποία δημιουργείται από την αντλία διαλυμάτων.

Η αντλία διαλυμάτων αναρροφά από τον απορροφητήρα το διαλυτικό μέσον που είναι εμπλουτισμένο με ψυκτικό ρευστό και το καταθλίβει στο διαχωριστή. Με θέρμανση ατμοποιείται το διάλυμα στο διαχωριστή, ενώ παράλληλα διαχωρίζονται τα στοιχεία του, τα οποία οδηγούνται, το μεν ψυκτικό μέσον στον συμπυκνωτή, το δε υγροποιημένο, φτωχό σε ψυκτικό ρευστό διαλυτικό μέσον μετά από εκτόνωση, στον απορροφητήρα για την εκ νέου απορρόφηση ψυκτικού μέσου. Με τη θέρμανση στο βραστήρα εξέρχεται ο ατμός του εμπλουτισμένου διαλυτικού μέσου και κατά τη διέλευσή του από το συμπυκνωτή υγροποιείται. Ο υγροποιημένος ατμός συγκεντρώνεται στη φιάλη συλλογής, ενώ το ψυκτικό μέσον περνά από το δεύτερο εκτονωτή.

Στον ψύκτη εκτελείται ατμοποίηση, η οποία προκαλεί ψύξη και ο παραγόμενος ατμός, περνώντας από τον απορροφητήρα, εκτελεί πλήρως τον ψυκτικό κύκλο. Η λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης μπορεί να είναι συνεχής ή περιοδική.



Σχήμα 7.1.3 Διάγραμμα στρών (Mollier) για την αμμωνία (NH₃).

Σχήμα 7.1.4 “Διάγραμμα μίγματος LiBr/H₂O”

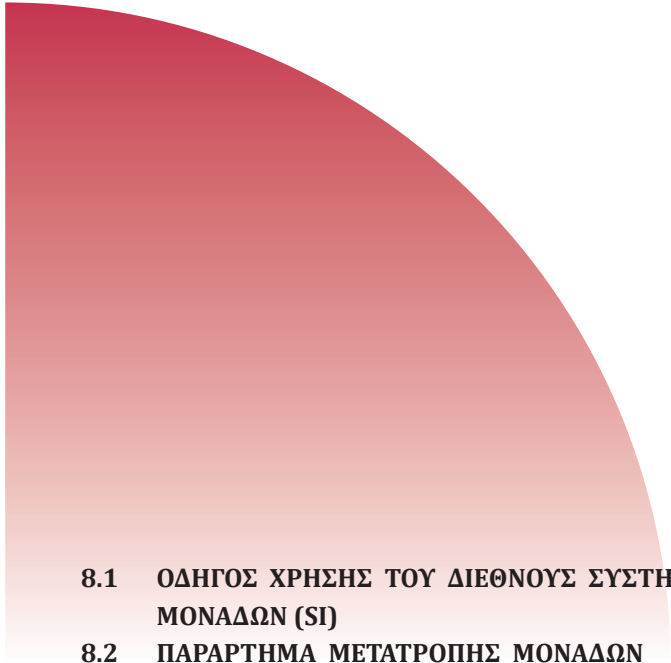
**ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ**

- Στην ψύξη με απορρόφηση χρησιμοποιούνται δύο εργαζόμενα μέσα, δηλ. το ψυκτικό ρευστό και το μέσον απορρόφησης. Δύο κλασικά ζευγάρια τέτοιων μέσων είναι : Αμμωνία - νερό και διάλυμα βρωμιούχου λιθίου - νερού.
- Η διαφορά μεταξύ των διατάξεων με απορρόφηση και μηχανών με συμπίεστή είναι ότι στις πρώτες δε χρησιμοποιείται συμπίεστής, αλλά αντίθετα η μεταφορά του ψυκτικού ρευστού από τη χαμηλή πίεση (ατμοποίησης) στην υψηλή (πίεση συμπύκνωσης) γίνεται με το φαινόμενο της απορρόφησης.
- Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων με απορρόφηση είναι ότι χρειάζεται ελάχιστη, έως καθόλου, μηχανική ενέργεια και ότι η παραγωγή της ψυκτικής ισχύος πραγματοποιείται μόνο με χρήση της θερμικής ενέργειας, η οποία είναι απαραίτητη για το διαχωρισμό του ψυκτικού ρευστού από το μέσον απορρόφησης στην υψηλή πίεση.
- Στις διατάξεις αμμωνίας - νερού είναι δυνατόν να δημιουργηθεί θερμοκρασία μέχρι και -70°C , ενώ οι διατάξεις βρωμιούχου λιθίου - νερού χρησιμοποιούνται για δημιουργία θερμοκρασιών μεγαλύτερων από 0°C .

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

- 1) Ποια μέσα χρησιμοποιούνται στη μέθοδο απορρόφησης;
- 2) Ποια είναι η βασική διαφορά μεταξύ των διατάξεων με απορρόφηση και με συμπίεση ατμών;
- 3) Γιατί στις ψυκτικές διατάξεις με απορρόφηση δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη;
- 4) Ποιο είναι το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων με απορρόφηση;
- 5) Ποιες θερμοκρασίες παράγονται με τις διατάξεις αμμωνίας - νερού και ποιες με τις διατάξεις βρωμιούχου λιθίου - νερού;
- 6) Να περιγράψετε τη λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης με διάλυμα αμμωνίας - νερού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΜΟΝΑΔΕΣ

- 
- 8.1 ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ (SI)
 - 8.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

8.1 Οδηγός Χρήσης του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων (SI)

Το σύγχρονο μετρικό σύστημα είναι γνωστό ως Διεθνές Σύστημα Μονάδων (Système International d'Unités), με τη διεθνή συντομογραφία SI. Το SI έχει αποκτήσει τη διεθνή αναγνώρισή του από τη Συνθήκη του Μέτρου (Meter Convention), που υπογράφηκε στο Παρίσι από τους αντιπροσώπους 17 χωρών στις 20 Μαΐου 1875 και τροποποιήθηκε το 1921. Σήμερα μέλη της είναι 47 χώρες.

Στηρίζεται σε 7 θεμελιώδεις μονάδες που δίνονται στον πίνακα 8.1.1, οι οποίες θεωρούνται (συμβατικά) διαστατικά ανεξάρτητες. Όλες οι άλλες μονάδες είναι παράγωγες μονάδες και σχηματίζονται κατά σύμφωνο τρόπο με πολλαπλασιασμό και διαίρεση μόνο μονάδων του συστήματος, δηλαδή χωρίς αριθμητικούς παράγοντες, πίνακας 8.1.2. Αυτό οδηγεί στο να έχουν ακριβώς την ίδια μορφή οι εξισώσεις αριθμητικών τιμών με τις εξισώσεις μεγεθών χωρίς να χρειάζονται πρόσθετοι αριθμητικοί συντελεστές. Παραδείγματα παραγώγων μονάδων, όπου περιλαμβάνονται και μερικές με ειδικά ονόματα, δίνονται στον πίνακα 8.1.2. Τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων του SI παράγονται με τη χρήση των προθεμάτων που αναγράφονται στον πίνακα 8.1.3.

Πίνακας 8.1.1 Θεμελιώδεις μονάδες του SI

Μέγεθος (Ποσότητα)	Μονάδα	
	Όνομα	Σύμβολο
Μήκος	meter, (μέτρο)	m
Μάζα	kilogram, (χιλιόγραμμα)	kg
Χρόνος	second, (δευτερόλεπτο)	s
Ηλεκτρικό ρεύμα	ampere, (αμπέρ)	A
Θερμοδυναμική θερμοκρασία	kelvin, (Κέλβιν)	K
Ποσότητα ύλης	mole, (γραμμομόριο)	mol
Φωτεινή ένταση	candela, (καντήλα)	cd

Πίνακας 8.1.2 Παραδείγματα παράγωγων μονάδων του SI

Μέγεθος	Μονάδα		
	Όνομα	Σύμβολο	Ισοδύναμη
Δύναμη	newton, (Νιούτον)	N	kg·m/s ²
Πίεση, τάση	pascal, (πασκάλ)	Pa	N/m ²
Έργο, ενέργεια	joule, (τζουλ)	J	N·m
Ισχύς	watt, (βατ)	W	J/s

Σε πολλές περιπτώσεις στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται μονάδες που δεν ανήκουν στο SI, αλλά σε διάφορα άλλα συστήματα, όπως π.χ. το Αγγλικό ή το Μη Διεθνές Μετρικό Σύστημα CGS. Για τη μετατροπή στις μονάδες αυτές από το SI χρησιμοποιούνται διάφοροι συντελεστές. Η μετατροπή αυτή γίνεται με απλό πολλαπλασιασμό της τιμής της δευτερεύουσας μονάδας επί το συντελεστή μετατροπής. Το αποτέλεσμα είναι σε μονάδες του SI. Ο πίνακας 8.1.4 δίνει τους συντελεστές μετατροπής διαφόρων μεγεθών σε μονάδες του SI.

Πίνακας 8.1.3 Προθέματα του SI

Παράγοντας (πολλαπλασιασμού)	Πρόθεμα	Σύμβολο
10 ¹²	tera, (τέρα)	T
10 ⁹	giga, (γίγα)	G
10 ⁶	mega, (μέγα)	M
10 ³	kilo, (κίλο/χίλιο)	k
10 ²	hecto, (εκτο/εκατό)	h
10 ¹	deca, (ντέκα/δέκα)	da
10 ⁻¹	deci, (ντέσι/δέκατο)	d
10 ⁻²	centi, (σάντι/εκατοστό)	c
10 ⁻³	milli, (μίλι/χιλιοστό)	m
10 ⁻⁶	micro, (μικρό)	μ
10 ⁻⁹	nano, (νάνο)	n
10 ⁻¹²	pico, (πίκο)	p

Σημαντική παρατήρηση που μπορεί να τονιστεί είναι για τη μετατροπή μονάδων διάφορων μεγεθών. Αυτή δύναται να είναι συνάρτηση δύο ή περισσότερων βασικών μεγεθών.

Παραδείγματος χάριν, αν θεωρηθεί η ειδική ροή θερμότητας q , που οι μονάδες της στο αγγλικό σύστημα είναι $\text{Btu}/(\text{hft}^2)$, ενώ στο SI είναι W/m^2 . Στον πίνακα 8.1.4 αναγράφεται ότι ο συντελεστής μετατροπής είναι 3,16. Πώς προκύπτει όμως αυτό;

Με αναλυτικότερη παρατήρηση πιστοποιείται ότι αποτελείται από συνδυασμό δύο βασικών μονάδων. Δηλαδή από:

$$\frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2} = \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{\text{ft}^2}$$

Από τον πίνακα 8.1.4 επίσης λαμβάνεται ο συντελεστής μετατροπής των Btu/h , που είναι η ισχύς, στο SI, δηλαδή σε W είναι 0,2931 και των ft^2 , που είναι η επιφάνεια, σε m^2 είναι 0,0929. Συνεπώς, από τις ακόλουθες πράξεις προκύπτει:

$$\frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2} = 0,29 \cdot \text{W} \cdot \frac{1}{0,09 \cdot \text{m}^2} = \frac{0,29}{0,09} \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 3,16 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Ο συντελεστής μετατροπής που προκύπτει από τον παραπάνω συλλογισμό είναι πράγματι 3,16, όπως και στον πίνακα. Με τη μέθοδο αυτή δύναται να υπολογιστεί κάθε συντελεστής μετατροπής για όλους τους συνδυασμούς (συσχετίσεις) βασικών μεγεθών.

Πίνακας 8.1.4 Συντελεστές μετατροπής

Μέγεθος	Μονάδα συστημάτων εκτός SI = Συντελεστής μετατροπής * Μονάδα SI	
Μήκος	ft (πόδι) = 0,3048 · m	m = 3,2808 · ft
	in (ίντσα) = 0,0254 · m	m = 39,37008 · in
Επιφάνεια	ft ² = 0,0929 · m ²	m ² = 10,7643 · ft ²
	in ² = 6,45·10 ⁻⁴ · m ²	m ² = 1550,3875 · in ²
Όγκος	ft ³ = 0,02832 · m ³	m ³ = 35,3107 · ft ³
	litre (λίτρο) = 10 ⁻³ · m ³	m ³ = 1000 · litre
	in ³ = 1,63810 ⁻⁵ · m ³	m ³ = 61050,061 · in ³
Ταχύτητα	ft/s = 0,3048 · m/s	m/s = 3,2808 · ft/s
	ft/h = 8,46710 ⁻⁵ · m/s	m/s = 8,467 · 10 ⁻⁵ · ft/h
Μάζα	lb (λίμπρα) = 0,4536 · kg	kg = 0,4536 · lb
Πυκνότητα	lb/ft ³ = 16,018 · kg/m ³	kg/m ³ = 16,018 · lb/ft ³
	kg/ft ³ = 35,315 · kg/m ³	kg/m ³ = 35,315 · kg/ft ³
Ενέργεια	cal = 4,186 · J	J = 0,2388 · cal
	Btu = 1055,1 · J	J = 9,48 · 10 ⁻⁴ · Btu
Ισχύς	hp = 746 · W	W = 0,0013 · hp
	kcal/h = 1,163 · W	W = 0,8598 · kcal/h
	Btu/h = 0,2931 · W	W = 3,4118 · Btu/h
	RT (ψυκτ. Τον.) = 3516,9 · W	W = 2,841 · 10 ⁻⁴ · RT
	RT (ψυκτ. Τον.) = 3,52 · kW	kW = 0,2841 · RT
Πίεση	RT (ψυκτ. Τον.) = 12000 · Btu/h	Btu/h = 8,33 · 10 ⁻⁵ RT (ψυκτ. Τον.)
	1 atm = 101325 · Pa	Pa = 9,869 · 10 ⁻⁶ · atm
	1 at = 98100 · Pa	Pa = 1,02 · 10 ⁻⁵ · at
	1 at = 14,7 · psi	1 psi = 0,068 · at
	in water = 249,09 · Pa	Pa = 4,0146 · 10 ⁻³ · in water
	in Hg = 3386,5 · Pa	Pa = 2,9529 · 10 ⁻⁴ · in Hg
	mm Hg = 133,33 · Pa	Pa = 7,55 · 10 ⁻³ · mm Hg
	psi = 6895 · Pa	Pa = 1,4503 · 10 ⁻⁴ · psi
	1 bar = 10 ⁵ · Pa	Pa = 10 ⁻⁵ · bar
	Btu/ft ² °Fh	5,6787 W/m ² K
Θερμοκρασία	1 K = 1°C	
	1 K = 1,8°F	1°F = 0,55 K
Θερμοκρασιακές κλίμακες	0°C = 273,14 K	0K = -273,14 °C
	0°C = 32°F	0°F = -18 °C

8.2 Παραδείγματα μετατροπής μονάδων

8.2.1 Πίεση

Να μετατραπούν οι 6 ατμόσφαιρες (at) σε κιλοπασκάλ (kPa), πασκάλ (Pa), bar και psi

ΛΥΣΗ

$$1 \text{ at} = 98100 \cdot \text{Pa}, \text{ επομένως οι } 6 \text{ at} = 6 \cdot 98100 \cdot \text{Pa} = 588600 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}, \text{ άρα } 588600 \text{ Pa} = 588,6 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \cdot \text{Pa} = 100000 \text{ Pa}, \text{ άρα τα } 588600 \text{ Pa} = 5,886 \text{ bar}$$

$$1 \text{ Pa} = 1,4503 \cdot 10^{-4} \text{ psi}, \text{ άρα } 588600 \text{ Pa} = 588600 \cdot 1,4503 \cdot 10^{-4} \cdot \text{psi} = 88,2 \text{ psi}$$

$$1 \text{ at} = 14,7 \cdot \text{psi}, \text{ άρα } 6 \cdot 14,7 \cdot \text{psi} = 88,2 \text{ psi}$$

8.2.2 Θερμοκρασία

α. Να μετατραπούν οι -30°C σε K και $^{\circ}\text{F}$

ΛΥΣΗ

$$1. -30^{\circ}\text{C} = 273 + (-30) \text{ K} = 243 \text{ K}$$

$$2. 1^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32, \text{ επομένως οι } -30^{\circ}\text{C} = 1,8(-30) + 32 = -22^{\circ}\text{F}$$

β. Να μετατραπούν οι -40°C σε K και $^{\circ}\text{F}$

ΛΥΣΗ

$$3. -40^{\circ}\text{C} = 273 + (-40) \text{ K} = 233 \text{ K}$$

$$4. 1^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32, \text{ επομένως οι } -40^{\circ}\text{C} = 1,8(-40) + 32 = -40^{\circ}\text{F}$$

γ. Να μετατραπούν οι 40°C σε K και $^{\circ}\text{F}$

ΛΥΣΗ

$$5. 40^{\circ}\text{C} = 273 + (40) \text{ K} = 313 \text{ K}$$

$$6. 1^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32, \text{ επομένως οι } 40^{\circ}\text{C} = 1,8(40) + 32 = 104^{\circ}\text{F}$$

8.2.3 Ενέργεια

α. Να μετατραπούν τα 100000 Btu σε kJ

ΛΥΣΗ

$$1 \text{ Btu} = 1055,1 \cdot \text{J} = 1,0551 \cdot \text{kJ}, \text{ επομένως τα } 100000 \text{ Btu} = 1,0551 \cdot 100000 \text{ kJ} = 105510 \text{ kJ}$$

β. Να μετατραπούν τα 50000 J σε Btu

ΛΥΣΗ

$$1 \text{ J} = 9,48 \cdot 10^{-4} \text{ Btu}, \text{ επομένως τα } 50000 \text{ J} = 50000 \cdot 9,48 \cdot 10^{-4} \text{ Btu} = 47,4 \text{ Btu}$$

8.2.4 Ισχύς

α. Να μετατραπούν τα 24000 Btu/h σε kW

ΛΥΣΗ

$$1 \text{ Btu/h} = 0,2931 \cdot \text{W}, \text{ επομένως τα } 24000 \text{ Btu/h} = 24000 \cdot 0,2931 \cdot \text{W} = 7034,4 \text{ W}$$

$$\text{όμως το } 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}, \text{ άρα τα } 7034,4 \text{ W} = 7,0344 \text{ kW}$$

β. Να μετατραπούν οι 3 RT (ψυκτικοί τόνοι) σε kW

ΛΥΣΗ

$$1 \text{ RT}(\text{ψυκτ. Τον.}) = 3,52 \cdot \text{kW}, \text{ επομένως οι } 3 \text{ RT} = 3 \cdot 3,52 \cdot \text{kW} = 10,56 \text{ kW}$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. “Ψυκτικές διατάξεις” Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος
2. “Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις”, Δημήτριος Κουρεμένος
3. “Εγκαταστάσεις ψύξης I”, Whitman, Johnson and Tomczyk, εκδόσεις ΙΩΝ
4. “Εργαστήριο θερμάνσεως, ψύξεως και κλιματισμού”, Αντώνιος Ασημακόπουλος
5. “Μεταλλοτεχνία - συγκολλήσεις”, Αλέξιος Καρμίρης
6. “Principles of Refrigeration”, Roy Dossat
7. “Air Conditioning and Refrigeration Repairs”, Roger Fischer, Ken Chernoff
8. “Modern Air Conditioning Practice”, Norman Harris
9. “Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική”, Εκδόσεις ΣΕΛΕΤΕ, Ι. Στάικου, Αθήνα 1977.
10. “Φυσική - Θερμότητα”, Εκδόσεις ΣΕΛΕΤΕ, Α. Παπαζήσης, Αθήνα 1977
11. “Air Conditioning”, Εκδόσεις Γκιούρδας, Recknagel-Spreanger, Αθήνα 1977-78.
12. “Advanced Engineering Thermodynamics”, Εκδόσεις Pergamon Press, R.S.Benson, Oxford-London 1967.
13. “Heat Transfer”, Εκδόσεις J.Wiley and Sons, M.Jacob, New York 1957.

14. "Heat Transmission", Εκδόσεις McGraw-Hill, W.H.McAdams, London 1958.
15. "Applied Heat", Εκδόσεις H.E.B.Ltd, T.H.Tomas and R.Hunt, London 1970.
16. "The Laws and Applications of Thermodynamics", Εκδόσεις Pergamon Press, A.D.Buckingham, Oxford-London 1964.
17. ASHRAE - Handbook of Fundamentals (1972)
18. ASHRAE - Handbook and Product Directory System (1973)
19. ASHRAE - Guide and Data Book, Applications(1968),
20. Equipment (1969)
21. R.PLANK, Handbuch der Kaeltechnik, Springer Verlag, Berlin (12 Τόμοι)
22. The Journal of Refrigeration, London (Διάφορα)
23. ASHRAE - Journal, New York
24. Refrigeration and air conditioning (in SI units) by C. P. Arora
25. Βιομηχανία ψύχους: Ι. Βαγιανός (1956)
26. Σημειώσεις Ψύξης - Ε.Μ.Π. (Μέρος Ι,ΙΙ), Σ.Χατζηδάκης
27. Modern refrigeration and air conditioning by A.D. Althouse
28. Principles on Refrigeration by R.W. Marsh
29. Ψυκτικές μηχανές: Σ. Χατζηλάου
30. Εργαστηριακές ασκήσεις ψύξης : Α. Ασημακόπουλου
31. Τεχνολογία ψύξης : Α. Ασημακόπουλου
32. Φυρογένης, Technical Data
33. Trane Air Conditioning and Technical Data
34. Daikin Air Conditioning and Technical Data
35. York Air Conditioning and Technical Data
36. Carrier Air Conditioning, Technical Data and System Design manual
37. Daikin, Carrier, York Co, Westin house, Dunham bush, Europain Air Therm e.g. Bulletin

PROSPECT

1. *TALOS - ΧΑΛΚΟΣ Α.Ε*
2. *ΕΨΕΜ*
3. *VULKAN LOKRING*
4. *CRYSTAL*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ 9

1.1	Εισαγωγή - Η έννοια της ψύξης	12
1.2	Ιστορικά στοιχεία	18
1.3	Σύγχρονες εφαρμογές της ψύξης	21
1.4	Είδη ψυγείων και καταψυκτών	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ 37

2.1	Γενικά περί ψυγείων - Η κατασκευαστική δομή του οικιακού ψυγείου - προβλήματα ψυκτικού θαλάμου	41
	α. Ο εξατμιστής (στοιχείο ατμοποίησης)	41
	β. Ο συμπιεστής	45
	γ. Ο συμπυκνωτής	47
	δ. Η εκτονωτική (στραγγαλιστική) διάταξη	49
2.2	Η κατασκευαστική δομή του μικρού επαγγελματικού ψυγείου	51
2.3	Η κατασκευαστική δομή του οικιακού ή μικρού επαγγελματικού καταψύκτη	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΥΓΡΑ (ΜΕΣΑ) 71

3.1	Εισαγωγή - είδη ψυκτικών υγρών για οικιακά ψυγεία, προστασία περιβάλλοντος	74
	Κανένα ψυκτικό μέσον δεν είναι τέλειο	75
	Διάκριση και ταξινόμηση των ψυκτικών ρευστών	80

	Κώδικας, χρώματα δοχείων αποθήκευσης των ψυκτικών ρευστών	82
3.2	Ανακύκλωση Ψυκτικών Ρευστών	93
	Συλλογή ψυκτικού ρευστού	95
	Ανακύκλωση ψυκτικού ρευστού	96
	Η σημασία της ανακύκλωσης των ψυκτικών ρευστών στην προστασία του περιβάλλοντος	100
3.3	Το κυκλικό διάγραμμα της ψύξης με συμπίεση ατμών	101
	Το διάγραμμα πίεσης - ενθαλπίας (p-h)	101
	Καμπύλες κορεσμένου υγρού - κορεσμένου ατμού	103
	Καμπύλες σταθερής ποιότητας	104
	Καμπύλες σταθερής θερμοκρασίας (Ισοθερμοκρασιακές)	106
	Ισεντροπικές γραμμές	108
	Καμπύλες σταθερού όγκου	108
3.3.1	Απεικόνιση του ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα p-h	110
	A. Ο απλός κύκλος κορεσμένου ατμού	110
	A.1 Συμπίεση	110
	A.2 Συμπύκνωση	111
	A.3 Στραγγαλισμός (εκτόνωση)	113
	A.4 Ατμοποίηση	113
	A.5 Ψυκτική ικανότητα - Ψυκτική ισχύς	113
	A.6 Συντελεστής συμπεριφοράς (COP)	114
	B. Ο ψυκτικός κύκλος με υπερθέρμανση του ατμού	115

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΤΑ ΟΙΚΙΑΚΑ ΨΥΓΕΙΑ 127

4.1	Ο συμπιεστής	133
4.1.1	Ο κύλινδρος	134
4.1.2	Έμβολο - διωστήρας	134
4.1.3	Ο στροφαλοφόρος άξονας	135
4.1.4	Βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης Ανάλυση του κύκλου λειτουργίας του συμπιεστή	135
4.1.5	Το εκτόπισμα του εμβόλου	137
4.1.6	Η θεωρητική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή	138
4.1.7	Η πραγματική ψυκτική ικανότητα του συμπιεστή	139

4.1.8	Ο λόγος συμπίεσης	140
4.1.9	Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης	140
4.1.10	Παράγοντες που επηρεάζουν τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης	142
4.1.11	Ανάλυση του κύκλου λειτουργίας του συμπιεστή	145
4.1.12	Παρατηρήσεις επί της συμπεριφοράς των παλινδρομικών συμπιεστών	147
4.1.13	Η ψυκτική ικανότητα των παλινδρομικών συμπιεστών	147
4.1.14	Η μεταβολή της ισχύος του συμπιεστή συναρτήσει της θερμοκρασίας αναρρόφησης και κατάθλιψης	148
4.1.15	Συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας συμπιεστή	148
4.2	Άλλα είδη συμπιεστών	150
4.3	Ο Συμπυκνωτής του οικιακού ψυγείου	152
4.3.1	Αποβολή θερμότητας στον συμπυκνωτή	153
4.3.2	Κυκλοφορία αέρα ψύξης	154
4.3.3	Χαρακτηριστικά μεγέθη απόδοσης συμπυκνωτή	155
4.3.4	Προσδιορισμός θερμικής απόδοσης του συμπυκνωτή	155
4.3.5	Επιλογή αερόψυκτων συμπυκνωτών	156
4.3.6	Συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας συμπυκνωτή	157
4.4	Εκτονωτικές διατάξεις (στραγγαλιστικές βαλβίδες)	160
4.4.1	Ο τριχοειδής σωλήνας	160
4.4.2	Θερμοστατική εκτονωτική διάταξη (σταθερής υπερθέρμανσης)	162
4.5	Ο Ατμοποιητής (εξατμιστής)	168
4.5.1	Ατμοποιητές οικιακών και μικρών επαγγελματικών ψυγείων	169
4.5.2	Γενική κατάταξη ατμοποιητών	179
4.5.3	Συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας ατμοποιητή	181
4.5.4	Εκλογή ατμοποιητών	182
4.6	Αυτόματη απόψυξη, συμπυκνώματα απόψυξης	183
4.6.1	Αποπάγωση (απόψυξη) των ατμοποιητών	183
4.6.2	Η συχνότητα της απόψυξης	185
4.6.3	Απόψυξη με ηλεκτρική αντίσταση	186
4.6.4	Απόψυξη με θερμό ατμό	189

4.6.5 Αποπτάγωση με τη χρήση νερού	190
4.6.6 Συμπυκνώματα της απόψυξης	191
4.6.7 Η επίδραση της (ΔΤ) των ατμοποιητών, στη διαμόρφωση της σχετικής υγρασίας των ψυκτικών θαλάμων	193
4.7 Ψύξη του λαδιού του συμπιεστή	195
4.8 Ο οικιακός ψυκτικός θάλαμος	198
4.9 Καλωδιώσεις και μηχανισμοί ελέγχου	204
4.10 Σωστή θέση τοποθέτησης οικιακού ψυγείου	209
4.11 Μηχανισμοί ελέγχου συμπιεστή	210
4.12 Κύκλωμα εκκίνησης του συμπιεστή	212
4.13 Κύκλος Απόψυξης	219
4.14 Θερμαντήρες παρεμπόδισης σχηματισμού υγρασίας	220
4.15 Φωτισμός	220
4.16 Κινητήρες των ανεμιστήρων	221
4.17 Λειτουργία μηχανισμού παρασκευής πάγου	222

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Ο ΟΙΚΙΑΚΟΣ Η ΜΙΚΡΟΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΣ

ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ 239

5.1 Θάλαμος ή κιβώτιο του καταψύκτη	241
5.2 Μηχανισμοί ελέγχου. Συντήρηση καταψύκτη. Μετακίνηση καταψύκτη	247
5.3 Προσωρινή αποθήκευση τροφίμων	249

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΜΙΚΡΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΨΥΓΕΙΑ..... 253

6.1 Επαγγελματική ψύξη για μικρά επαγγελματικά ψυγεία	255
Ψυγεία συντήρησης των προϊόντων	256
Ψυγεία ανθοπωλείων	256
Ψυγεία καφεζαχαροπλαστέων (βιτρίνες κλειστές)	257
Ψυγεία των Super Market	257
Ψυγεία κρεοπωλείων	258
Ψυγεία εστιατορίων	259
Ψυγεία νερού	260

6.2	Μικρός ψυκτικός θάλαμος	261
6.3	Σωστή θέση τοποθέτησης συμπιεστή για μικρό επαγγελματικό ψυγείο	262
6.4	Φωτισμός	264

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΨΥΞΗ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΔΥΟ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΑ ΜΕΣΑ..... 269

7.1	Ψύξη με απορρόφηση	271
7.1.1	Λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης	274

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΕΣ 281

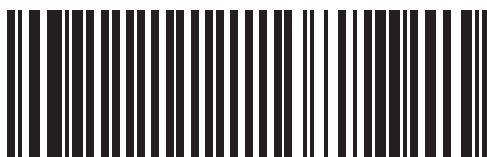
8.1	Οδηγός Χρήσης του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων (SI)	283
8.2	Παραδείγματα μετατροπής μονάδων	287
8.2.1	Πίεση	287
8.2.2	Θερμοκρασία	287
8.2.3	Ενέργεια	288
8.2.4	Ισχύς	288

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 289

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κωδός βιβλίου: 0-24-0085
ISBN Set 978-960-06-3168-5
Τ.Α΄ 978-960-06-3169-2



(01) 000000 0 24 0085 3