

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΞΗΡΟΣ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΙΚΡΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΩΝ
ΒΙΟΤΕΧΝΩΝ ΕΜΠΟΡΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΓΣΕΒΕΕ ΣΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΡΙΣΗΣ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΠΙΛΟΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ - ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΝΤΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ
ΞΗΡΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ



**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
"ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ"**
Προσανατολισμός στον Άνθρωπο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ

Ινστιτούτο Μικρών Επιχειρήσεων

Γενική Συνομοσπονδία Επαγγελματιών Βιοτεχνών Εμπόρων Ελλάδας

Αριστοτέλους 46

104 33, Αθήνα

Τηλ.: 210 8846 852

Φαξ: 210 8846 853

E-mail: info@imegsevee.gr

www.imegsevee.gr

Εκδότης: **ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ**

Χρονολογία έκδοσης: **2014**

Τίτλος: **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΥΧΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

Συγγραφέας: **Ξηρός Γεώργιος**

Επιμέλεια-Διόρθωση: **Πάντος Παναγιώτης**

Σχεδιασμός – παραγωγή:

 **ACCESS ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΤΕΧΝΕΣ Α.Ε.**

Ποσειδώνος 23 & Συντ. Δαβάκη

144 51 Μεταμόρφωση

Τηλ.: 210 3804 460 - Fax: 210 3847 447

e-mail: access@access.gr

www.access.gr

© ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ

ISBN: 978-618-5025-37-3

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν σύγγραμμα πραγματεύεται βασικές γνώσεις τεχνολογίας της ψύξης. Σε πρώτο επίπεδο επιδιώκεται να αποτελέσει εγχειρίδιο διδασκαλίας στο πλαίσιο της επιμόρφωσης/κατάρτισης των τεχνικών ψυκτικών με στόχο οι επιμορφούμενοι (α) να αποκτήσουν γνώση των σχετικών διατάξεων των κανονισμών (ΕΚ) 842/2006, (ΕΚ) 1516/2007 και (ΕΚ) 303/2008 και (β) να διευρύνουν τις γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες που διαθέτουν προς την κατεύθυνση της εφαρμογής περιβαλλοντικά ορθών πρακτικών αναφορικά με τη διαχείριση των ψυκτικών ουσιών θερμοκηπίου. Σε δεύτερο επίπεδο αναμένεται να συνεισφέρει στην προετοιμασία των επιμορφούμενων για την επιτυχή συμμετοχή τους στη διαδικασία πιστοποίησης σύμφωνα με το ΦΕΚ Β/1447/1406/14-6-2013.

INTRODUCTION

This book deals with basic knowledge on the subject of cooling technology. It is initially intended as a teaching manual for cooling technicians, aiming at a) their acquiring the necessary knowledge of the relevant Commission Regulations (EC) 842/2006, (EC) 1516/2007 and (EC) 303/2008 and b) broadening their knowledge, skills and abilities on implementing environmentally correct practices in managing the greenhouse gases. On a second level it is expected to contribute to the preparation of the trainees, so that they will successfully participate in the certification procedure according to the (Greek) Government Gazette B/1447/1406/14-6-2013.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	7
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ 13

Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου	13
Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	13
Έννοιες κλειδιά – Ορολογία	13
1.1 Εισαγωγή	14
1.2 Πίεση	14
1.3 Θερμοκρασία	16
1.4 Έργο	17
1.5 Ενέργεια	17
1.6 Ισχύς	17
1.7 Θερμότητα	18
1.8 Θερμική ισχύς	18
1.9 Ειδική θερμότητα (ή θερμοχωρητικότητα).....	18
1.10 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας	19
1.11 Εσωτερική ενέργεια	20
1.12 Ενθαλπία	21
1.13 Εντροπία	21
1.14 Το 1ο θερμοδυναμικό αξίωμα	21
1.15 Το 2ο θερμοδυναμικό αξίωμα	21
1.16 Θερμοδυναμικές μεταβολές αερίων	22
1.17 Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.....	24
1.18 Κυκλικές μεταβολές.....	24
1.19 Καταστάσεις της ύλης – Αλλαγές φάσης.....	25
Ανακεφαλαίωση	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΑΤΜΩΝ 29

Εισαγωγή - Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου	29
Σκοπός - Αναμενόμενα αποτελέσματα	29
Έννοιες κλειδιά – Ορολογία	29
2.1 Ψύξη – Ψυκτικά μέσα	30
2.2 Ψυκτικός κύκλος	30
2.3 Το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας	33

2.4	Παράσταση ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα P-h	36
2.5	Θερμοδυναμικά στοιχεία λειτουργίας	37
2.6	Χάραξη του ψυκτικού κύκλου ψυκτικής διάταξης στο διάγραμμα P-h.....	39
	Ανακεφαλαίωση	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΨΥΚΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ **43**

	Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου	43
	Σκοπός - Αναμενόμενα αποτελέσματα	43
	Έννοιες κλειδιά – Ορολογία	43
3.1	Ιδιότητες ψυκτικών ρευστών.....	44
3.2	Κατηγορίες ψυκτικών ρευστών	44
3.3	Κατάταξη ψυκτικών ρευστών.....	45
3.4	Επικινδυνότητα – Αποθήκευση και διακίνηση ψυκτικών ρευστών.....	47
3.5	Θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά και πεδία εφαρμογής	49
3.6	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ψυκτικών ρευστών	51
	Ανακεφαλαίωση	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ - ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ **61**

	Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου	61
	Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	61
	Έννοιες κλειδιά – Ορολογία	61
4.1	Έλεγχος της αντοχής και της στεγανότητας του συστήματος.....	62
4.2	Έλεγχοι για διαρροές.....	65
4.3	Χειρισμός του συστήματος και του ψυκτικού μέσου	69
	Ανακεφαλαίωση	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΑΣΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ, ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ **81**

	Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου	81
	Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	81
	Έννοιες κλειδιά – Ορολογία	81
5.1	Συμπιεστές	82
5.2	Συμπυκνωτές	93
5.3	Εξατμιστές	100
5.4	Εκτονωτικές διατάξεις.....	105
5.5	Βοηθητικά εξαρτήματα – Όργανα ελέγχου.....	112
5.6	Ορθή εγκατάσταση εξαρτημάτων του συστήματος	120
	Ανακεφαλαίωση	124

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ **125**

	Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου	125
	Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	125
	Έννοιες κλειδιά – Ορολογία	125

6.1	Εκχέλιωση - εκτόνωση χαλκοσωλήνων	126
6.2	Κάμψεις χαλκοσωλήνων.....	128
6.3	Μαλακές - σκληρές συγκολλήσεις χαλκοσωλήνων	128
6.4	Στήριξη χαλκοσωλήνων	134
	Ανακεφαλαίωση.....	136

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

137

	Διαγράμματα P-h και πίνακες χαρακτηριστικών μεγεθών διαφόρων ψυκτικών ρευστών	137
--	--	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

147



Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου

Η **θερμοδυναμική** σήμερα δεν έχει ως αντικείμενο μόνο τη θεωρία της θερμότητας, αλλά αποτελεί μια **γενική ενεργειακή θεωρία**, που εξετάζει τη μεταφορά της ενέργειας, τις μετατροπές των μορφών ενέργειας, καθώς και τις προϋποθέσεις που απαιτούνται για τη μεταφορά και τις μετατροπές αυτές. Ολόκληρος ο τεχνικός τομέας που έχει σχέση με την ενέργεια, δηλαδή όλη η «ενεργειακή τεχνική», απαιτεί ως υπόβαθρο τη θερμοδυναμική. Συνεπώς η τεχνική πληρότητα του τεχνικού ψυκτικού εξαρτάται απόλυτα από το βαθμό της γνώσης του αντικειμένου της θερμοδυναμικής. Με γνώμονα τις θερμοδυναμικές διεργασίες και τα καταστατικά μεγέθη, ο τεχνικός ψυκτικός μπορεί να διακρίνει τη θερμοδυναμική κατάσταση του ψυκτικού ρευστού σε κάθε σημείο της ψυκτικής μηχανής και να επιλέγει τους σωστούς τρόπους για το χειρισμό της.



Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα

Να είναι σε θέση οι καταρτιζόμενοι:

- Να διατυπώνουν τα φυσικά μεγέθη με τις μονάδες μέτρησής τους.
- Να διατυπώνουν το 1ο θερμοδυναμικό αξίωμα.
- Να διατυπώνουν το 2ο θερμοδυναμικό αξίωμα.
- Να συνδέουν τα θερμοδυναμικά αξιώματα με τον ψυκτικό κύκλο.
- Να αναφέρουν τις θερμοδυναμικές μεταβολές των αερίων.
- Να περιγράφουν τις καταστάσεις της ύλης (φάσεις) και τις αλλαγές φάσης.



Έννοιες κλειδιά – Ορολογία

Πίεση, έργο, ενέργεια, ισχύς, θερμότητα, θερμοκρασία, εξάτμιση, βρασμός, λανθάνουσα θερμότητα, αισθητή θερμότητα, ενθαλπία, εντροπία, εσωτερική ενέργεια, ειδική θερμότητα, θερμοχωρητικότητα, καταστατικά μεγέθη, καταστατική εξίσωση, 1ο θερμοδυναμικό αξίωμα, 2ο θερμοδυναμικό αξίωμα, ισοθερμοκρασιακή μεταβολή, ισόχωρη μεταβολή, ισόθλιπτη μεταβολή, αδιαβατική μεταβολή, κυκλική μεταβολή, θερμοδυναμικός κύκλος, αλλαγή φάσης, θερμότητα συμπίκνωσης, θερμότητα εξάτμισης, κορεσμένο υγρό, κορεσμένος ατμός, ξηρός κορεσμένος ατμός, υπόψυκτο υγρό, υπέρθερμος ατμός.

1.1 Εισαγωγή

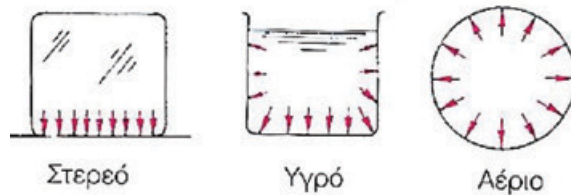
Για να κατανοήσει κανείς τη λειτουργία των ψυκτικών διατάξεων πρέπει να γνωρίζει ορισμένες βασικές έννοιες από τη θερμοδυναμική. Στα συστήματα ψύξης και κλιματισμού συχνά θα χρησιμοποιήσουμε έννοιες όπως πίεση, θερμοκρασία, θερμότητα, έργο, ισχύς, ενέργεια, αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα κ.ά. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις μονάδες μέτρησης των φυσικών μεγεθών, καθότι χρησιμοποιούνται τρία συστήματα μονάδων (Διεθνές Σύστημα, αγγλοσαξονικό σύστημα, μετρικό σύστημα).

1.2 Πίεση

Πίεση είναι η δύναμη (F) που ασκείται σε μια επιφάνεια (A), δηλαδή:

$$P = \frac{F}{A}$$

Τα στερεά σώματα ασκούν πίεση στην επιφάνεια στήριξής τους, τα υγρά στον πυθμένα και στις πλαγίες επιφάνειες του δοχείου όπου είναι τοποθετημένα και τα αέρια προς όλη την επιφάνεια από την οποία περικλείονται.



Η έννοια της πίεσης σε στερεά, υγρά και αέρια

Ατμοσφαιρική πίεση είναι η πίεση που ασκεί ο αέρας της ατμόσφαιρας πάνω σε μια επιφάνεια. Η ατμοσφαιρική πίεση διαφέρει ανάλογα με το υψόμετρο και μετρείται με όργανα που ονομάζονται βαρόμετρα.

Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας ισούται με 760 mm στήλης υδραργύρου και ονομάζεται φυσική ατμόσφαιρα (atm).

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 29,92 \text{ in Hg}$$

Μονάδες μέτρησης πίεσης

Διεθνές Σύστημα (S.I.):

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2, 1 \text{ Kpa} = 1.000 \text{ Pa}, 1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} = 100 \text{ Kpa}$$

Το 1 **bar** ισούται περίπου με την ατμοσφαιρική πίεση (1 bar = 0,98 atm).

Αγγλοσαξονικό σύστημα:

$$1 \text{ psi} = 1 \text{ lbf/in}^2 \text{ (λίβρα δύναμης ανά τετραγωνική ίντσα)}$$

1 **in Hg** (ίντσα στήλης υδραργύρου. Είναι η πίεση που ασκείται από μία στήλη υδραργύρου ύψους 1 in)

Στο κενόμετρο η κλίμακα μέτρησης του κενού μπορεί να είναι σε μικρά στήλης υδραργύρου (microns ή mm)

$$1 \text{ mm Hg} = 1.000 \text{ microns} = 133 \text{ Pa}$$

Μετατροπές μονάδων πίεσης

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ Kpa} = 14,5 \text{ psi}, 1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kg/cm}^2 \text{ (at)} = 1,013 \text{ bar} = 14,7 \text{ psi}$$

$$1 \text{ in Hg} = 25,4 \text{ mm Hg} = 0,491 \text{ psi} = 3,39 \text{ Kpa}$$

ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΙΕΣΗΣ

	1 kg/cm ²	1 atm	1 bar	1 lb/in ²	1KPa
1kg/cm ²	1→	0,97	0,98	14,2	98
1 atm	1,033	←1→	1,013	14,7	101,3
1 bar	1,02	0,98	←1→	14,5	100
1 lb/in ²	0,07	0,068	0,069	←1→	6,89
1 Kpa	0,01	0,0099	0,01	0,145	←1→

Κενό και απόλυτο κενό

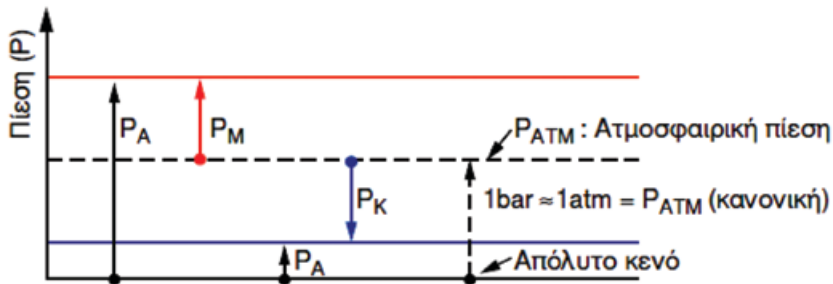
Κενό δημιουργούμε σε ένα χώρο όταν του αφαιρέσουμε μια ποσότητα ατμοσφαιρικού αέρα και **απόλυτο κενό** όταν αφαιρέσουμε όλο τον αέρα του χώρου.

Απόλυτη πίεση ονομάζεται η πίεση της οποίας η μέτρηση αρχίζει από το απόλυτο κενό.

Μανομετρική ονομάζεται η πίεση της οποίας η μέτρηση αρχίζει από τη μία ατμόσφαιρα.

Βάσει των ορισμών προκύπτει ότι:

$$P_{\text{απ}} = P_{\text{μν}} + P_{\text{ατμ}}$$



Απόλυτη και μανομετρική πίεση - Ατμοσφαιρική πίεση και πίεση κενού

Τα όργανα με τα οποία μετράμε τη μανομετρική πίεση λέγονται **μανόμετρα**.

Στις εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού χρησιμοποιείται το σετ μανομέτρων ή κάσα μανομέτρων.

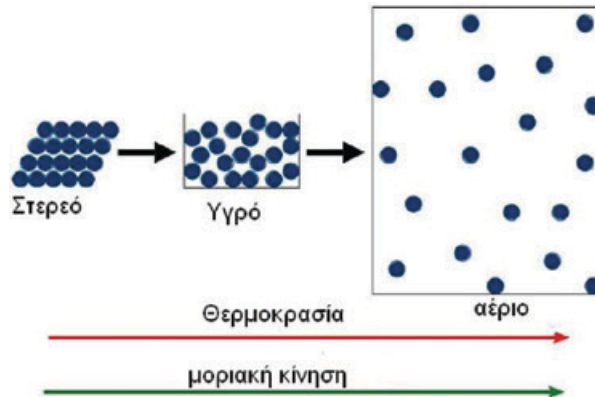


Σετ (κάσα) μανομέτρων.

1.3 Θερμοκρασία

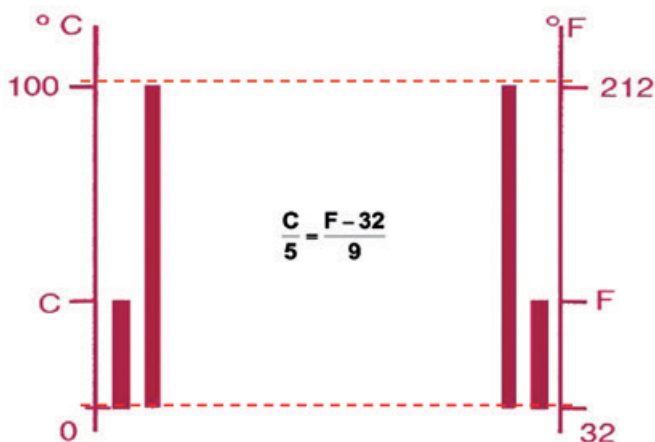
Το φυσικό μέγεθος που μας δείχνει πόσο ζεστό ή πόσο κρύο είναι ένα σώμα είναι η **θερμοκρασία**. Δεν είναι ενέργεια, όπως η θερμότητα, γι' αυτό και δεν μπορούμε να πούμε ότι προστίθεται σε ένα σώμα ή αφαιρείται από αυτό.

Η θερμοκρασία σχετίζεται με τη θερμική κατάσταση ενός σώματος και εκφράζει τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων του. Όσο μεγαλύτερη είναι η κινητική ενέργεια των μορίων του τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία. Αν ήταν δυνατόν τα μόρια να είναι ακίνητα, το σώμα θα έφτανε να έχει την πιο χαμηλή θερμοκρασία που μπορεί να αποκτήσει. Η θερμοκρασία αυτή σε βαθμούς Κελσίου είναι **-273,15** και λέγεται **απόλυτο μηδέν**.



Η θερμοκρασία μετριέται με διάφορους τύπους θερμομέτρων και για τη μέτρησή της χρησιμοποιούνται οι παρακάτω κλίμακες:

Η εκατοντάβαθμη κλίμακα **Κελσίου** (Celsius - °C) και η αγγλοσαξονική κλίμακα **Φαρενάιτ** (Fahrenheit - °F) και αντίστοιχα, για τις απόλυτες θερμοκρασίες, η κλίμακα **Κέλβιν** (Kelvin - K) και η κλίμακα **Ράνκιν** (Rankine - R).



Αντιστοιχία των ενδείξεων θερμομέτρων Κελσίου και Φαρενάιτ

Μετατροπή ενδείξεων θερμοκρασιών

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1,8} \quad \text{και} \quad ^{\circ}\text{F} = 1,8 \cdot ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273 \quad \text{και} \quad ^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460 \quad \text{και} \quad ^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 460$$

$1^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{K}$ (διαφορά θερμοκρασίας 1°C είναι ίδια με 1°K)

$1^{\circ}\text{C} = 1,8^{\circ}\text{F}$ (διαφορά θερμοκρασίας 1°C είναι ίση με $1,8^{\circ}\text{F}$)

1.4 Έργο

Έργο W μιας σταθερής δύναμης που μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της λέγεται το φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με το γινόμενο της δύναμης F επί το διάστημα S που διανύει το σημείο εφαρμογής της.

$$W = F \cdot S$$

Στη θερμοδυναμική, η παραγωγή ή η κατανάλωση έργου μιας μηχανής συνδέεται με τις μεταβολές της κατάστασης ενός αερίου (ή μίγματος αερίων) μέσα στη μηχανή αυτή.

Η μονάδα μέτρησης για το έργο στο S.I. είναι το **Joule (J)** ($1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$).

Στο μετρικό σύστημα μονάδα έργου είναι το 1 kpm (κιλοποντόμετρο). $1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ J}$.

1.5 Ενέργεια

Ενέργεια είναι η ικανότητα των σωμάτων να παράγουν έργο.

Υπάρχουν πολλές μορφές ενέργειας, οι οποίες είναι δυνατόν να μετατραπούν η μία στην άλλη (μηχανική, θερμική, ηλεκτρική, χημική κ.λπ.). Οι μονάδες μέτρησης της ενέργειας είναι ίδιες με τις μονάδες μέτρησης του έργου.

1.6 Ισχύς

Ισχύς είναι το παραγόμενο ή καταναλισκόμενο έργο στη μονάδα του χρόνου.

$$P = \frac{W}{t}$$

Οι μονάδες της ισχύος προκύπτουν από τη σχέση $P = W/t$, αν αντικαταστήσουμε το έργο και το χρόνο με τις αντίστοιχες μονάδες τους.

Διεθνές σύστημα (S.I.):

Ένα Watt είναι η ισχύς μιας μηχανής που παράγει έργο 1 Joule σε χρόνο 1 sec .

$$1 \text{ KW} = 1.000 \text{ W}$$

Μετρικό σύστημα: 1 kpm/sec

Συχνά χρησιμοποιούνται ορισμένα παράγωγα αυτής της μονάδας, όπως ο μετρικός ίππος (PS ή CV): $1 \text{ PS} = 75 \text{ kpm/sec}$

και ο αγγλικός ίππος (HP - horsepower): $1 \text{ HP} = 76 \text{ kpm/sec}$

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$1 \text{ KW} = 1,36 \text{ PS} \quad 1 \text{ KW} = 1,34 \text{ HP}$$

$$1 \text{ PS} = 0,736 \text{ KW} \quad 1 \text{ HP} = 0,746 \text{ KW}$$

1.7 Θερμότητα

Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας που μεταφέρεται, προστίθεται ή αφαιρείται από ένα σύστημα/σώμα εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας.

Η θερμότητα ρέει φυσιολογικά μόνο από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα άλλο χαμηλότερης θερμοκρασίας. Η ροή της θερμότητας μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στη θερμοκρασία των σωμάτων ή/και αλλαγή της κατάστασής τους.

Το ποσό θερμότητας που προστίθεται ή αφαιρείται από ένα σώμα με αποτέλεσμα την αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας του, αντίστοιχα, ονομάζεται **αισθητή θερμότητα**.

Το ποσό θερμότητας που προστίθεται ή αφαιρείται από ένα σώμα με αποτέλεσμα την αλλαγή της κατάστασης-φάσης του ονομάζεται **λανθάνουσα θερμότητα**.

Μονάδες θερμότητας

Διεθνές σύστημα (S.I.):	Τζάουλ (J) και κιλοτζάουλ (kJ)
Μετρικό σύστημα:	Θερμίδα (cal) και χιλιοθερμίδα (Kcal)
Αγγλοσαξονικό σύστημα:	B.T.U.
Μετατροπές μονάδων θερμότητας	
1 Kcal \approx 4,18 kJ \approx 4 BTU	

1.8 Θερμική ισχύς

Θερμική ισχύς ονομάζεται το ποσό της θερμότητας που μεταβιβάστηκε από ένα σώμα σε ένα άλλο στη μονάδα του χρόνου.

Μονάδες θερμικής ισχύος:

Διεθνές σύστημα (S.I.):	Watt (W) = J/sec
Μετρικό σύστημα:	Kcal/h
Αγγλοσαξονικό σύστημα:	Btu/h
Ισχύουν οι σχέσεις:	
1 Kcal/h \approx 4 Btu/h	
1 Kcal/h \approx 1,161 W	
1 KW = 3.413 Btu/h	

ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ					
	KW	Kcal/h	BTU/h	HP	TR (Ψυκτικός τόνος)
1 KW	1	860	3413	1,34	0,3
1 Kcal/h	0,0011	1	3,96	0,0015	0,0003
1 BTU/h	0,003	0,252	1	0,0004	0,00008
1 HP	0,746	642	2546	1	0,21
1 TR	3,5	3000	12000	4,7	1

1.9 Ειδική θερμότητα (ή θερμοχωρητικότητα)

Η **ειδική θερμότητα (c)** ενός σώματος εκφράζει το ποσό θερμότητας που χρειάζεται ανά μονάδα μάζας (1 kg) του σώματος για να μεταβληθεί η θερμοκρασία του κατά 1 °K (=1 °C).

Μονάδες μέτρησης ειδικής θερμότητας:

Διεθνές σύστημα (S.I.):	$\text{kJ/Kg} \cdot \text{K}$
Μετρικό σύστημα:	$\text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Αγγλοσαξονικό σύστημα:	$\text{Btu/lb} \cdot ^\circ\text{F}$



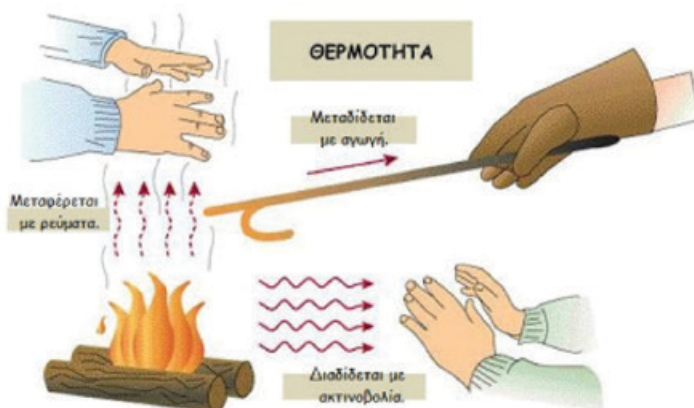
Νερό και σίδηρος ίδιας μάζας απαιτούν διαφορετικά ποσά θερμότητας για ίδια αύξηση θερμοκρασίας

Για τον υπολογισμό της θερμότητας Q που πρέπει να προστεθεί ή να αφαιρεθεί από τη μάζα m ενός σώματος **ειδικής θερμότητας c** ώστε η θερμοκρασία του να μεταβληθεί από θ_1 σε θ_2 χρησιμοποιείται η σχέση:

$$Q = m \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

1.10 Τρόποι μετάδοσης της θερμότητας

Η θερμότητα μεταδίδεται πάντοτε από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται με τρεις τρόπους: με **αγωγή**, με **μεταφορά** και με **ακτινοβολία**.



Τρόποι μετάδοσης θερμότητας

α) Με αγωγή

Είναι το βασικό σύστημα μετάδοσης της θερμότητας διαμέσου των στερεών. Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μεταβίβαση της θερμικής ενέργειας από το θερμότερο στο ψυχρότερο μέρος ενός σώματος χωρίς να μεταφέρεται η ύλη του. Για κάθε υλικό υπάρχει ο **συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ)** που ανάλογα με το μέγεθός του μας

δίνει την ποιότητα της αγωγιμότητας των σωμάτων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, τόσο πιο αυξημένη θα είναι η ροή θερμότητας.

Μονάδες του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας

Διεθνές σύστημα (S.I.):	1 W/m · K
Μετρικό σύστημα:	Kcal/h · m °C

Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων υλικών

Χαλκός (χαλκοσωλήνων)	$\lambda = 320 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Αλουμίνιο	$\lambda = 220 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Σίδηρος καθαρός	$\lambda = 73 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Μονωτικά (πολυουραιθάνιο κ.λπ.)	$\lambda = 0,029 \text{ έως } 0,035 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

β) Με μεταφορά

Είναι η τυπική μέθοδος μετάδοσης για τα ρευστά. Στη μετάδοση θερμότητας με μεταφορά γίνεται μετακίνηση μάζας μέσα σε ένα ρευστό. Οι θερμότερες μάζες του ρευστού κατευθύνονται σε περιοχές με ψυχρότερες μάζες, στις οποίες δίνουν θερμότητα. Η κίνηση αυτή μπορεί να γίνει είτε από μόνη της (φυσική κυκλοφορία) είτε με τη βοήθεια κάποιας συσκευής ή μηχανής (εξαναγκασμένη κυκλοφορία).

Ο υπολογισμός του ποσού της θερμότητας που μεταδίδεται με μεταφορά (συναγωγή) είναι πολύπλοκος, γιατί είναι δύσκολο να υπολογιστεί ένας σπουδαίος παράγοντας, που είναι ο συντελεστής θερμικής μεταβίβασης (ή ειδικής αγωγιμότητας), τον οποίο συμβολίζουμε με το γράμμα α .

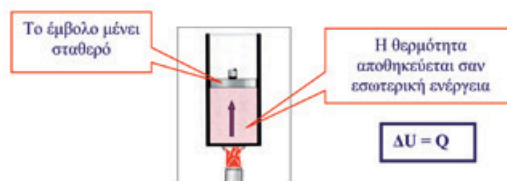
γ) Με ακτινοβολία

Είναι η μετάδοση θερμότητας που γίνεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, λόγω της θερμοκρασίας που έχει ένα σώμα. Όλα τα σώματα με θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Για τη μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία δεν απαιτείται η ύπαρξη ύλης ή επαφή των σωμάτων.

1.11 Εσωτερική ενέργεια

Εσωτερική ενέργεια (U) ενός σώματος ή συστήματος ονομάζουμε το σύνολο όλων των μορφών ενέργειας που περιέχει σε συγκεκριμένη θερμοδυναμική κατάσταση το σώμα. Σε μικροσκοπικό επίπεδο η ενέργεια αυτή εκφράζει την κινητικότητα των μορίων του σώματος και τις ελκτικές και απωθητικές δυνάμεις μεταξύ τους.

Η εσωτερική ενέργεια είναι καταστατικό μέγεθος (η τιμή της εξαρτάται από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα σύστημα και όχι από το «δρόμο» που ακολουθήθηκε για να φτάσει το σύστημα στην κατάσταση αυτή) και μας ενδιαφέρει κυρίως η μεταβολή της και όχι η απόλυτη τιμή της.



Αύξηση της εσωτερικής ενέργειας

1.12 Ενθαλπία

Η **ενθαλπία** δηλώνει το ποσό της ενέργειας (θερμότητας) που απαιτήθηκε για να φθάσει το σώμα στη θερμοδυναμική κατάσταση που το εξετάζουμε.

Η ενθαλπία (H) εκφράζεται μαθηματικά από την ακόλουθη σχέση:

$$H = U + P \cdot V,$$

όπου U η εσωτερική ενέργεια, P η πίεση και V ο όγκος.

Μονάδα μέτρησης της ενθαλπίας είναι το Joule. Το ποσό της ενθαλπίας που περιέχεται στη μονάδα μάζας ενός σώματος, ονομάζεται **ειδική ενθαλπία** και μετριέται σε J/kg ή σε Kcal/kg και σε Btu/lb.

1.13 Εντροπία

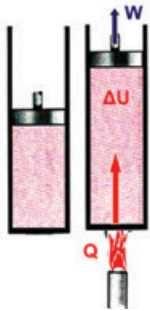
Η γνώση της ενέργειας ενός συστήματος δεν είναι αρκετή για να ξέρουμε πόσο έργο μπορεί να αποδώσει το σύστημα.

Η **εντροπία** είναι μια καταστατική ιδιότητα που εξαρτάται από την κατάσταση και όχι από τον τρόπο που φτάσαμε σε αυτή την κατάσταση. Μετρά την ενεργειακή «ποιότητα» ενός συστήματος, δηλαδή το πόσο εύκολα μπορεί ένα σύστημα να αποδώσει ενέργεια με φυσικό τρόπο.

Η εντροπία μετριέται σε Joule ανά βαθμό θερμοκρασίας ($J / ^\circ K$). Συνήθως μας ενδιαφέρει η **εντροπία ανά μονάδα μάζας** ($J / kg \cdot K$).

1.14 Το 1ο θερμοδυναμικό αξίωμα

Το **1ο θερμοδυναμικό αξίωμα** ορίζει: «*Η θερμότητα (Q) που δίνεται σε ένα αέριο ισούται με το άθροισμα της μεταβολής της εσωτερικής του ενέργειας (ΔU) και του έργου (W) που μας δίνει το αέριο*». Ισχύει δηλαδή:



$$Q = \Delta U + W$$

Με απλά λόγια το 1ο θερμοδυναμικό αξίωμα θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής:

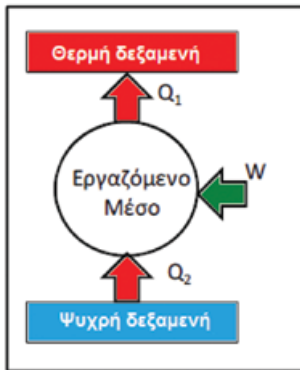
Η ενέργεια που περιέχεται σε ένα σύστημα ούτε γεννιέται ούτε καταστρέφεται. Αλλάζει μόνο μορφές.

1.15 Το 2ο θερμοδυναμικό αξίωμα

α) Για θερμικές μηχανές

«Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί θερμική μηχανή η οποία να μετατρέπει θερμότητα σε έργο χωρίς ταυτόχρονα να παρέχει κάποια θερμότητα προς μια δεξαμενή χαμηλότερης θερμοκρασίας.»

β) Για ψυκτικές μηχανές



Αρχή λειτουργίας ψυκτικής μηχανής

Η θερμότητα μεταδίδεται - ρέει φυσιολογικά μόνο από περιοχές υψηλότερων θερμοκρασιών (θερμά σώματα) σε περιοχές χαμηλότερων θερμοκρασιών (ψυχρότερα σώματα). Εμείς στην ψύξη επιδιώκουμε το αντίθετο. Να έχουμε δηλαδή μετάβαση θερμότητας από σώμα χαμηλής θερμοκρασίας προς σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας. Το **2ο θερμοδυναμικό αξίωμα** ορίζει:

«Είναι αδύνατο να μεταβιβαστεί θερμότητα από σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας προς σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας χωρίς να καταναλωθεί κάποιο έργο».

1.16 Θερμοδυναμικές μεταβολές αερίων

Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα αέριο περιγράφεται μακροσκοπικά από την πίεση, τον όγκο και τη θερμοκρασία του.

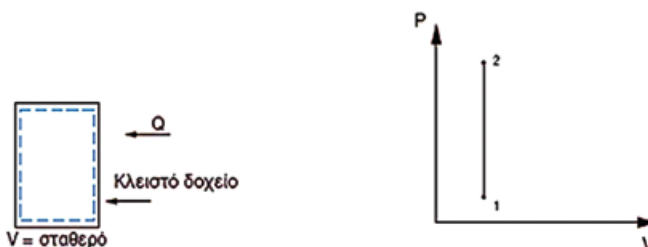
Τα μεγέθη αυτά (πίεση - όγκος - θερμοκρασία) για ορισμένη ποσότητα αερίου δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά συσχετίζονται. Για παράδειγμα, αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία σε μια κλειστή φιάλη που περιέχει αέριο θα αυξηθεί και η πίεση.

Τις αλλαγές κατάστασης των αερίων μπορούμε να τις απεικονίσουμε πάνω σε διαγράμματα. Ένα από τα πιο συνηθισμένα είναι το διάγραμμα P-V.

Ισόογκη μεταβολή

Ισόογκη ονομάζεται η μεταβολή κατά την οποία ο όγκος του αερίου παραμένει σταθερός. Στην ισόογκη μεταβολή η πίεση μεταβάλλεται ανάλογα με την απόλυτη θερμοκρασία.

$$\text{Ισχύει η σχέση: } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

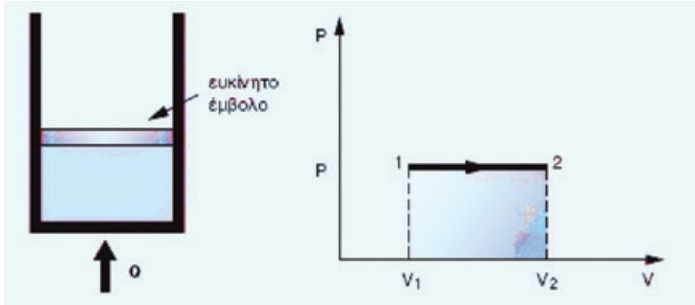


Ισόογκη μεταβολή: ο όγκος του αερίου παραμένει σταθερός

Ισόθλιπτη μεταβολή

Ισόθλιπτη ονομάζεται η μεταβολή κατά τη διάρκεια της οποίας η πίεση παραμένει σταθερή. Στην ισόθλιπτη μεταβολή ο όγκος μεταβάλλεται ανάλογα με την απόλυτη θερμοκρασία.

$$\text{Ισχύει η σχέση: } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

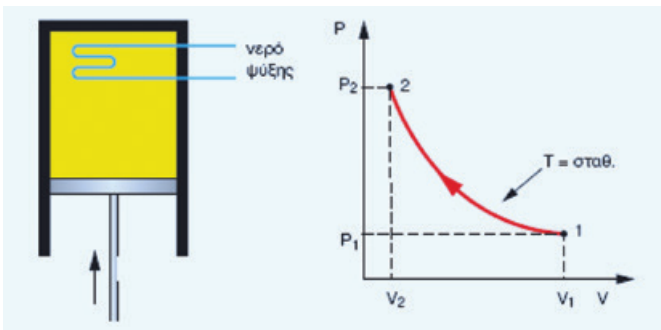


Ισόθλιπτη μεταβολή: η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή

Ισοθερμοκρασιακή μεταβολή

Μια μεταβολή κατά τη διάρκεια της οποίας η θερμοκρασία παραμένει σταθερή ονομάζεται **ισοθερμοκρασιακή**. Στην ισοθερμοκρασιακή μεταβολή ο όγκος μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς την απόλυτη πίεση.

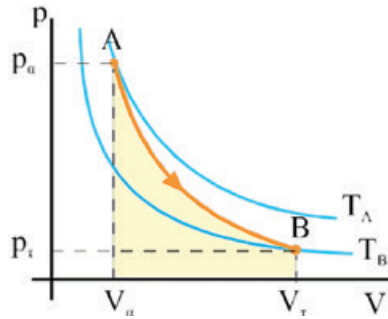
$$\text{Ισχύει η σχέση: } P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$



Ισοθερμοκρασιακή μεταβολή

Αδιαβατική μεταβολή

Τέλος, **αδιαβατική** ονομάζεται η μεταβολή κατά τη διάρκεια της οποίας το αέριο δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον.



Αδιαβατική μεταβολή

1.17 Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων

Από το συνδυασμό των νόμων των αερίων προκύπτει η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Όπου :

P: η απόλυτη πίεση του αερίου

V: ο όγκος του

n: ο αριθμός των mol του αερίου

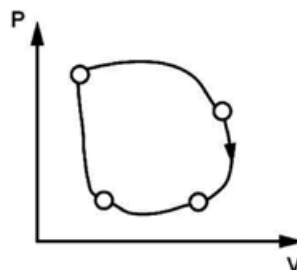
T: η απόλυτη θερμοκρασία του

R: η σταθερά των ιδανικών αερίων

Το ιδανικό ή τέλειο αέριο είναι ένα πρότυπο που μας βοηθά να κατανοήσουμε τη συμπεριφορά των πραγματικών αερίων. Προς το τέλειο αέριο πλησιάζει στην πράξη κάθε αέριο που βρίσκεται μακριά από το σημείο υγροποίησης, π.χ. το οξυγόνο, το υδρογόνο σε συνηθισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

1.18 Κυκλικές μεταβολές

Όταν το αέριο, μετά από μια σειρά μεταβολών, επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση, λέμε ότι έκανε μια κυκλική μεταβολή ή κύκλο. Κυκλικές μεταβολές υφίσταται το εργαζόμενο μέσο στις θερμικές και ψυκτικές μηχανές.



➤ Το αέριο μετά από μια σειρά μεταβολών επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση

➤ Η εσωτερική ενέργεια στην αρχική και τελική κατάσταση είναι η ίδια

έργο που πήραμε – έργο που δώσαμε	=	θερμότητα που δώσαμε – θερμότητα που πήραμε
--------------------------------------	---	--

Κυκλική μεταβολή

1.19 Καταστάσεις της ύλης – Αλληλαγές φάσης

Με τον όρο «φάσεις» (ή **φυσικές καταστάσεις** ή **καταστάσεις της ύλης**) εννοούμε τις τρεις διαφορετικές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί μια ουσία στη φύση, δηλαδή τη στερεή, την υγρή και την αέρια.

Κατά τις μετατροπές από μια φάση σε μια άλλη είτε απορροφάται είτε αποβάλλεται θερμότητα προς το περιβάλλον. Έτσι, κατά την τήξη και κατά τη μετατροπή του υγρού σε ατμό απορροφάται θερμότητα από το περιβάλλον. Αντιθέτως, κατά την πήξη των σωματίων και κατά τη μετατροπή των ατμών σε υγρό αποβάλλεται θερμότητα προς το περιβάλλον.

Ονομάζουμε **τήξη** ενός στερεού σώματος το φαινόμενο της μεταβολής του σε υγρό με την προσθήκη θερμότητας. Η τήξη ενός στερεού σώματος συμβαίνει πάντα στην ίδια θερμοκρασία (εφόσον δεν αλλάζει η πίεση). Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται **θερμοκρασία τήξης**.

Αν τώρα από τη μάζα ενός υγρού αφαιρούμε συνεχώς θερμότητα, θα φτάσει κάποια στιγμή που το υγρό θα αρχίζει να στερεοποιείται, δηλαδή να πήξει.

Ονομάζουμε **πήξη** ενός υγρού το φαινόμενο της μεταβολής του σε στερεό με την αφαίρεση θερμότητας. Η θερμοκρασία στην οποία συμβαίνει η πήξη ενός υγρού παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του φαινομένου της πήξης. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται **θερμοκρασία πήξης**.

Η τήξη και η πήξη ενός σώματος είναι αντίστροφα φαινόμενα και συμβαίνουν στην ίδια θερμοκρασία, εφόσον η εφαρμοζόμενη πίεση είναι η ίδια. Αν στη μάζα ενός υγρού σώματος προσθέτουμε συνεχώς θερμότητα, σε κάποια στιγμή το υγρό θα αρχίσει να μεταβάλλεται σε αέριο (σε ατμό).

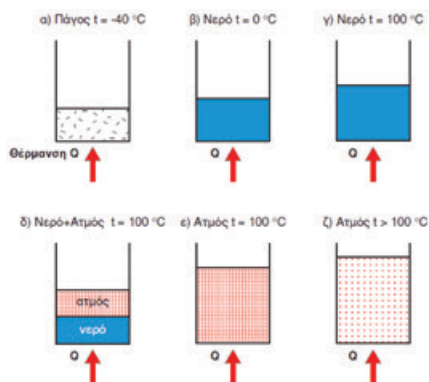
Ονομάζουμε **ατμοποίηση** ενός υγρού το φαινόμενο της μεταβολής του σε αέριο με την προσθήκη θερμότητας.

Η ατμοποίηση ενός υγρού μπορεί να γίνει με τις παρακάτω δύο διαδικασίες:

- Διαδικασία **εξάτμισης**
- Διαδικασία **βρασμού**

Κατά την εξάτμιση έχουμε βραδεία μεταβολή του υγρού σε αέριο μόνον από την ελεύθερη επιφάνειά του. Αντίθετα, όταν το φαινόμενο της ατμοποίησης συμβαίνει σε ολόκληρη τη μάζα του υγρού (με φυσαλίδες) έχουμε βρασμό.

Συμπύκνωση είναι το αντίστροφο φαινόμενο της ατμοποίησης. Σ' αυτήν έχουμε μετατροπή ατμού σε υγρό με αποβολή θερμότητας από το σώμα προς το περιβάλλον.



Μετατροπές φάσης του νερού σε πίεση 1 atm

Η θερμότητα που απορροφάται ή αποβάλλεται κατά τις μετατροπές φάσης των σωμάτων ονομάζεται **λανθάνουσα θερμότητα**, διότι δεν γίνεται αντιληπτή από μεταβολή θερμοκρασίας, δεν έχει δηλαδή ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος, αλλά μόνο την αλλαγή φάσης.

Λανθάνουσα θερμότητα τήξης είναι το ποσό της θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στη μονάδα μάζας ενός στερεού σώματος που βρίσκεται ήδη στη θερμοκρασία τήξης του ώστε ολόκληρη η μάζα του να μετατραπεί σε υγρό της ίδιας θερμοκρασίας (θερμοκρασία τήξης).

Λανθάνουσα θερμότητα πήξης είναι το ποσό της θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από τη μονάδα μάζας ενός υγρού σώματος που βρίσκεται ήδη στη θερμοκρασία πήξης του ώστε ολόκληρη η μάζα του να μετατραπεί σε στερεό της ίδιας θερμοκρασίας.

Στις ψυκτικές εφαρμογές μάς ενδιαφέρει η αλλαγή της κατάστασης του ψυκτικού μέσου από υγρό σε αέριο (ατμοποίηση) και από αέριο σε υγρό (συμπύκνωση).

Το ποσό της θερμότητας που χρειάζεται να απορροφήσει η μονάδα μάζας κορεσμένου υγρού ενός σώματος για να μετατραπεί σε αέριο της ίδιας θερμοκρασίας ονομάζεται **λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης**, ενώ **λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης** είναι το ποσό θερμότητας που αποβάλλει η μονάδα μάζας ξηρού κορεσμένου ατμού ενός σώματος για να μετατραπεί σε υγρό της ίδιας θερμοκρασίας.



Μεταφορά θερμότητας για παραγωγή ψύξης

Η **θερμοκρασία ατμοποίησης ή συμπύκνωσης** εξαρτάται άμεσα από την επικρατούσα πίεση. Σε διαφορετικές πιέσεις έχουμε και διαφορετικές θερμοκρασίες ατμοποίησης ή συμπύκνωσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η επικρατούσα πίεση τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία ατμοποίησης ή συμπύκνωσης. Έτσι, υγρό σε μια δεδομένη θερμοκρασία μπορεί να μετατραπεί σε αέριο, αλλά πρέπει να του ελαττώσουμε την πίεση, ενώ αντίστοιχα αέριο δεδομένης θερμοκρασίας μπορεί να μετατραπεί σε υγρό, αλλά πρέπει να του αυξήσουμε την πίεση. Π.χ. το νερό υπό ατμοσφαιρική πίεση θα ατμοποιηθεί στους 100 °C, σε πίεση 2 atm στους 120 °C, ενώ σε πίεση 0,5 atm θα ατμοποιηθεί στους 82 °C.

Για να εκφράσουμε τις διάφορες καταστάσεις του υγρού και του ατμού χρειαζόμαστε περισσότερους όρους, όπως κορεσμένο υγρό, κορεσμένος ατμός, υπέρθερμος ατμός κ.λπ. Ας τους δούμε αναλυτικά:

Υπόψυκτο υγρό ονομάζουμε το υγρό που βρίσκεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία κορεσμού που αντιστοιχεί στην επικρατούσα πίεση.

Κορεσμένο υγρό ονομάζεται το υγρό που βρίσκεται σε θερμοκρασία κορεσμού που αντιστοιχεί στην επικρατούσα πίεση.

Κορεσμένος ατμός ονομάζεται ο ατμός που βρίσκεται σε πίεση και θερμοκρασία ατμοποίησης και συνυπάρχει με κορεσμένο υγρό.

Ξηρός κορεσμένος ατμός ονομάζεται ο ατμός που βρίσκεται σε πίεση και θερμοκρασία ατμοποίησης και είναι απαλλαγμένος από σταγονίδια υγρού.

Υπέρθερμος ατμός ονομάζεται ο ατμός που βρίσκεται σε θερμοκρασία υψηλότερη από τη θερμοκρασία ατμοποίησης που αντιστοιχεί στην επικρατούσα πίεση.



Ανακεφαλαίωση

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια συνοπτική αναφορά στα συστήματα μονάδων και στις μονάδες μέτρησης των βασικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην ψύξη και τον κλιματισμό. Η σύνδεση των μεγεθών αυτών έγινε στην παρουσίαση των θερμοδυναμικών αξιωμαμάτων με τη βοήθεια των οποίων περιγράφηκαν οι θερμοδυναμικές διεργασίες και οι αλλαγές φάσης της ύλης. Η σύνθεση όλων αυτών οδήγησε στην εισαγωγή του θερμοδυναμικού κύκλου, που αποτελεί μια ισχυρή βάση για την κατανόηση του επόμενου κεφαλαίου, που έχει ως αντικείμενο τον κύκλο ψύξης.

ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΑΤΜΩΝ



Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου

Η σύνθεση και γραφική αναπαράσταση, σε άξονες P-h (πίεσης - ειδ. ενθαλπίας), των επιμέρους θερμοδυναμικών διεργασιών που συμβαίνουν στον εξοπλισμό ενός ψυκτικού-κλιματιστικού συστήματος, συγκροτούν μια κυκλική μεταβολή, η οποία επαναλαμβάνεται κατά τη λειτουργία του συστήματος και αποτελεί τον **ψυκτικό κύκλο**. Η κατανόηση και η δυνατότητα συσχέτισης του ψυκτικού κύκλου με τη λειτουργία του ψυκτικού-κλιματιστικού συστήματος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του γνωστικού αντικειμένου του τεχνικού ψυκτικού. Ο χειρισμός του συστήματος, ο έλεγχος, η διάγνωση των βλαβών και δυσλειτουργιών, η αποκατάσταση του συστήματος πρέπει να γίνονται με βασικό οδηγό τον ψυκτικό κύκλο.



Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα

Να είναι σε θέση οι καταρτιζόμενοι:

- Να αναφέρουν τα κύρια εξαρτήματα του κύκλου ψύξης με μηχανική συμπίεση ατμών.
- Να διακρίνουν και να αναφέρουν τις θερμοδυναμικές μεταβολές και τις αλλαγές φάσης που συμβαίνουν στα κύρια εξαρτήματα.
- Να σχεδιάζουν τον ψυκτικό κύκλο στο διάγραμμα P-h, ως άθροισμα των επιμέρους θερμοδυναμικών μεταβολών.
- Να χαράζουν τον πραγματικό ψυκτικό κύκλο με υπερθέρμανση και υπόψυξη.
- Να ορίζουν και να περιγράφουν τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά λειτουργίας μιας ψυκτικής διάταξης.



Έννοιες κλειδιά – Ορολογία

Ψύξη, ψυκτικός κύκλος, συμπίεστής, συμπυκνωτής, εκτονωτική διάταξη, εξατμιστής, διάγραμμα πίεσης - ενθαλπίας, συμπίεση, συμπίκνωση, εκτόνωση (στραγγαλισμός), εξάτμιση, υπερθέρμανση, υπόψυξη, ψυκτικό αποτέλεσμα, ψυκτική ισχύς, θερμότητα συμπίκνωσης, ισχύς συμπίκνωσης, θερμότητα συμπίεσης, ισχύς συμπίεσης, συντελεστής συμπεριφοράς, ισηνθαλπική μεταβολή, ισηντροπική μεταβολή, θεωρητικός ψυκτικός κύκλος, πραγματικός ψυκτικός κύκλος.

2.1 Ψύξη – Ψυκτικά μέσα

Ψύξη είναι η διαδικασία αφαίρεσης θερμότητας από ένα σώμα ή χώρο και η μεταφορά της σε ένα σώμα ή χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας από το πρώτο. Για την αφαίρεση της θερμότητας χρησιμοποιούνται τα ψυκτικά μέσα. Έτσι λοιπόν **ψυκτικό μέσο** είναι κάθε ουσία που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα ποσά θερμότητας που απαιτούνται κατά τη διαδικασία της ψύξης.

Στον κύκλο ψύξης με συμπίεση ατμών τα ψυκτικά μέσα είναι ρευστά τα οποία απορροφούν και αποβάλλουν θερμότητα κυρίως αλλάζοντας φάση. Επομένως, τα ψυκτικά μέσα πρέπει να μπορούν:

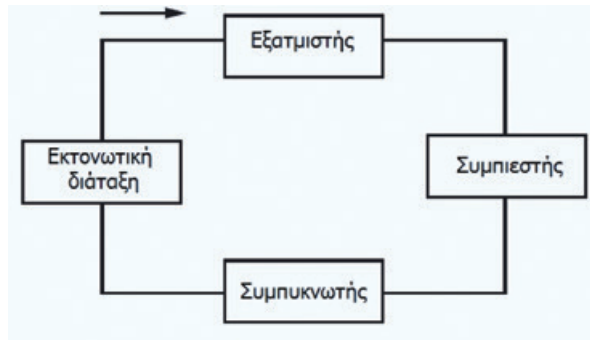
- να εξατμίζονται απορροφώντας θερμότητα από τον ψυχόμενο χώρο ή μέσο
- να συμπιέζονται ώστε να αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία τους
- να συμπυκνώνονται αποβάλλοντας θερμότητα προς το περιβάλλον

Επειδή οι διάφορες ψυκτικές εγκαταστάσεις έχουν ποικίλες απαιτήσεις και εργάζονται κάτω από διαφορετικές θερμοκρασίες, χρησιμοποιούνται αντίστοιχα διάφορα ψυκτικά ρευστά. (Περισσότερα για τα ψυκτικά ρευστά θα αναφερθούν στο Κεφάλαιο 3.)

2.2 Ψυκτικός κύκλος

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος ψύξης βασίζεται στη μηχανική συμπίεση ατμών. Το ψυκτικό ρευστό που κυκλοφορεί σε τέτοιες μονάδες υφίσταται μια σειρά κυκλικών μεταβολών, το τελικό αποτέλεσμα των οποίων είναι η παραλαβή θερμότητας από τον ψυχόμενο χώρο και η απόρριψή της στο περιβάλλον.

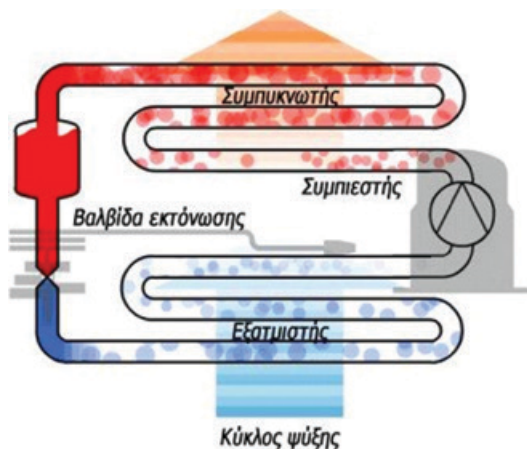
Σύμφωνα λοιπόν με το σύστημα αυτό, το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μέσα σε κλειστό κύκλωμα όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα:



Σχηματική παράσταση ψυκτικού κύκλου

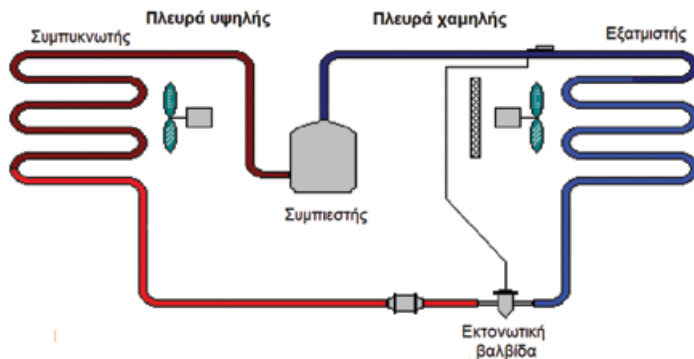
Ο **εξατμιστής** (ή ατμοποιητής ή ψυκτικό στοιχείο) βρίσκεται στο χώρο ή στο μέσο που θέλουμε να ψύξουμε. Μέσα στον εξατμιστή σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο, το οποίο απορροφά θερμότητα από το χώρο ή το μέσο που θέλουμε να ψύξουμε και εξατμίζεται. Ο **συμπιεστής**, που είναι μια αντλία ατμού και τοποθετείται μεταξύ του εξατμιστή και του συμπυκνωτή, αναρροφά το αέριο χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας από τον εξατμιστή και το καταθλίβει σε αέριο υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας στο συμπυκνωτή. Το υψηλής πλέον θερμοκρασίας αέριο οδηγείται στο **συμπυκνωτή**, όπου αποβάλλει θερμότητα προς το περιβάλλον και μετατρέπεται

από υπέρθερμο αέριο υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας σε υγρό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Στη συνέχεια το ψυκτικό υγρό κατευθύνεται προς την **εκτονωτική διάταξη**, όπου εκτονώνεται (στραγγαλίζεται). Έτσι, μειώνεται η υψηλή πίεση που επικρατεί στο συμπυκνωτή, μέχρι τη χαμηλή πίεση που επικρατεί στον εξατμιστή. Στην εκτονωτική διάταξη το ψυκτικό ρευστό μεταβάλλεται από υγρό υψηλής θερμοκρασίας σε μίγμα υγρού και αερίου χαμηλής θερμοκρασίας, γιατί η ποσότητα του ψυκτικού μέσου που εξατμίζεται αμέσως με την αλλαγή της πίεσης απορροφά θερμότητα από την ίδια τη μάζα του. Το ψυκτικό μέσο σε μορφή πλέον μίγματος χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας επιστρέφει στον εξατμιστή για να επαναληφθεί ο κύκλος.



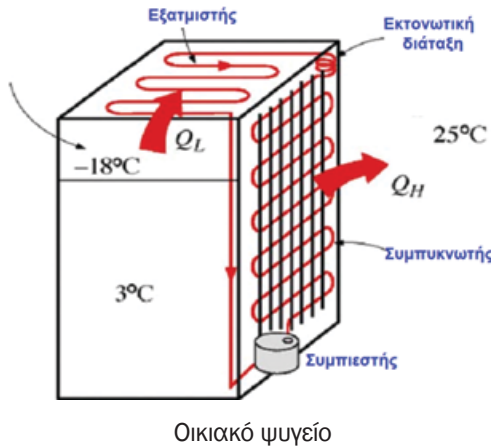
Σχηματική παράσταση ψυκτικού κύκλου

Το ψυκτικό κύκλωμα χωρίζεται στις πλευρές της **υψηλής πίεσης** (από την έξοδο του συμπιεστή μέχρι την είσοδο της εκτονωτικής διάταξης) και της **χαμηλής πίεσης** (από την έξοδο της εκτονωτικής διάταξης μέχρι την είσοδο του συμπιεστή). Στην πλευρά της χαμηλής πίεσης ρυθμίζεται η ατμοποίηση και στην πλευρά της υψηλής πίεσης η συμπύκνωση του ψυκτικού, ενώ ο συμπιεστής και η εκτονωτική διάταξη αποτελούν το όριο μεταξύ της πλευράς της υψηλής πίεσης και της αντίστοιχης της χαμηλής πίεσης.



Σχηματική παράσταση ψυκτικού κύκλου
Πλευρά υψηλής και χαμηλής πίεσης

Με την ψυκτική μηχανή λοιπόν επιτυγχάνουμε τη μεταφορά θερμότητας από έναν ψυχρό σε έναν θερμό χώρο. Σύμφωνα με το **2ο θερμοδυναμικό αξίωμα** πρέπει να δώσουμε μηχανικό έργο. Ας φανταστούμε ένα οικιακό ψυγείο με επιθυμητή θερμοκρασία π.χ. $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ και ψυκτικό μέσο R 134a. Για να γίνει η απορρόφηση της θερμότητας, θα πρέπει η θερμοκρασία ατμοποίησης του ψυκτικού να είναι χαμηλότερη $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Έστω $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Με βάση τον παρακάτω πίνακα η μανομετρική πίεση ατμοποίησης είναι $0,31\text{ bar}$. Όταν όμως εξέρχεται από τον ψυχόμενο χώρο στο περιβάλλον, όπου επικρατεί π.χ. θερμοκρασία $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, πώς είναι δυνατό να συμπυκνωθεί; Για να γίνει η απόρριψη της θερμότητας θα πρέπει η θερμοκρασία συμπύκνωσης να



είναι υψηλότερη από τους $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Συμπύκνωση στην ήδη υπάρχουσα πίεση των $0,31\text{ bar}$ είναι αδύνατο να γίνει. Πρέπει το ψυκτικό από $0,31\text{ bar}$ να αποκτήσει πίεση $9,17\text{ bar}$ (βλ. πίνακα) για να μπορεί να συμπυκνωθεί στους $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Την αύξηση αυτή της πίεσης την αναλαμβάνει ο συμπιεστής.** Χωρίς τη συμπίεση δεν μπορεί να συμπυκνωθεί ο ατμός του ψυκτικού στο χώρο υψηλής θερμοκρασίας ώστε να επαναληφθεί ο κύκλος. Ανάλογο ρόλο έχει η εκτονωτική διάταξη. Αν δεν εκτονωθεί το ψυκτικό υγρό και δεν οδηγηθεί ως υγρό χαμηλής πίεσης στον εξατμιστή, δεν θα πετύχουμε την ατμοποίηση.

Πίνακας θερμοκρασιών - πιέσεων του ψυκτικού ρευστού R 134a

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ $^{\circ}\text{C}$	ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ bar
-20	0,31
-15	0,63
-10	1,00
- 5	1,42
0	1,92
5	2,49
10	3,14
15	3,88
20	4,71
25	5,65
30	6,70
35	7,87
40	9,17
45	10,60
50	12,18

Ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, η εκτονωτική διάταξη και ο εξατμιστής είναι τα τέσσερα βασικά εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται μια ψυκτική μηχανή. Όμως, σπουδαίο ρόλο παίζουν και διατάξεις που βελτιώνουν την απόδοση ή τη λειτουργικότητα του ψυκτικού κυκλώματος, τα λεγόμενα βοηθητικά εξαρτήματα (κατασκευαστικά στοιχεία).

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Φίλτρο - αφυγραντήρας
- Δείκτης ροής
- Συλλέκτης υγρού
- Ελαιοδιαχωριστής
- Συγκρατητής σταγόνων ψυκτικού μέσου (accumulator)
- Βαλβίδα αντεπιστροφής
- Πρεσοστάτης υψηλής - χαμηλής πίεσης
- Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα
- Ρυθμιστής πίεσης εξατμιστή
- Ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης
- Βαλβίδα service

Για όλα τα κύρια τμήματα - συσκευές και τα κατασκευαστικά στοιχεία των ψυκτικών μηχανών θα γίνει ανάπτυξη στο Κεφάλαιο 5.

2.3 Το διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας

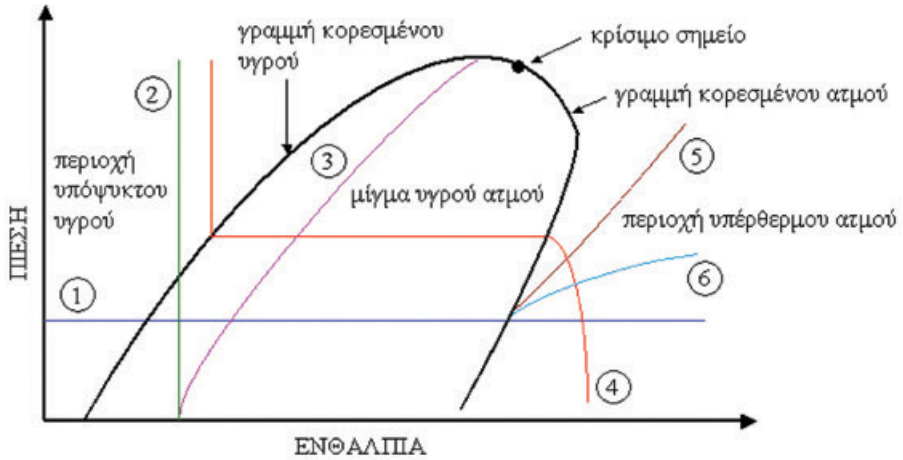
Οι ιδιότητες (τα χαρακτηριστικά) των διαφόρων ψυκτικών μέσων μπορούν να παρασταθούν σε διάγραμμα **P-h**. Η βασική χρησιμότητα των διαγραμμάτων αυτών είναι ότι πάνω σε αυτά μπορούμε να σχεδιάσουμε τον ψυκτικό κύκλο μιας ψυκτικής εγκατάστασης και να κάνουμε υπολογισμούς που αφορούν τη λειτουργία της.

Κάθε διάγραμμα P-h περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

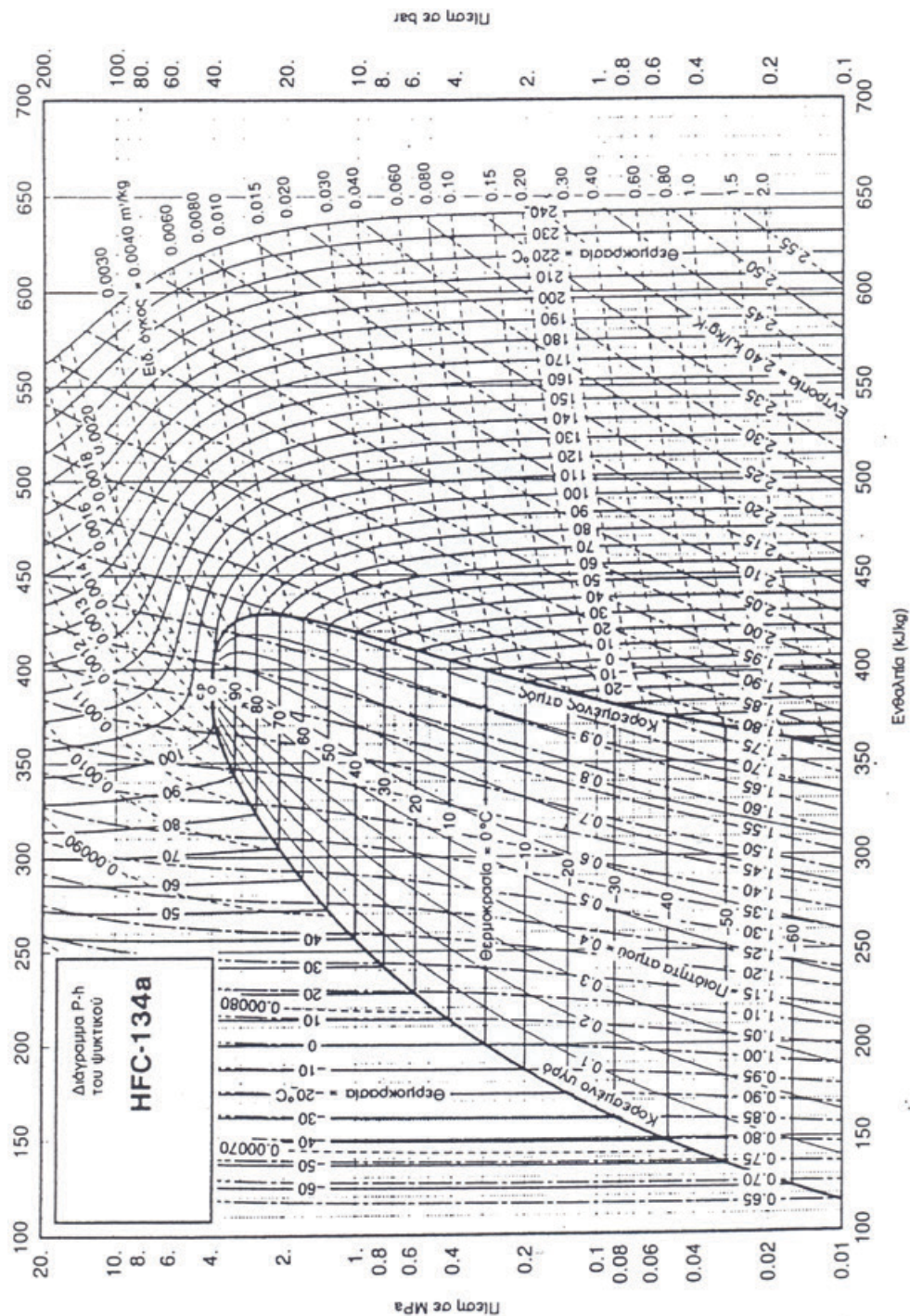
- Στον κατακόρυφο άξονα μετριέται η (απόλυτη) **πίεση** (σε MPa ή bar ή psi) με τις αντίστοιχες οριζόντιες γραμμές (ισόθλιπτες) και στον οριζόντιο άξονα η **ειδική ενθαλπία** (σε kJ/kg ή kcal/kg) με τις αντίστοιχες κατακόρυφες γραμμές (ισενθαλπικές). Η ειδική ενθαλπία χάρη συντομίας θα λέγεται ενθαλπία.
- Στο κέντρο περίπου του διαγράμματος μια καμπύλη σε σχήμα καμπάνας. Το σημείο που βρίσκεται στην κορυφή της καμπάνας λέγεται **κρίσιμο σημείο**.
- Το αριστερό σκέλος της καμπύλης είναι η **καμπύλη κορεσμένου υγρού** και η περιοχή προς τα αριστερά είναι η περιοχή του **υπόψυκτου υγρού**.
- Το δεξιό σκέλος της καμπύλης είναι η **καμπύλη ξηρού κορεσμένου ατμού** και η περιοχή προς τα δεξιά είναι η περιοχή του **υπέρθερμου ατμού**.
- Στο εσωτερικό της καμπάνας συνυπάρχουν υγρό και ατμός του ψυκτικού μέσου. Οι γραμμές **σταθερής ξηρότητας** (ή ποιότητας ατμού) μας δείχνουν το ποσοστό του ψυκτικού μέσου που βρίσκεται σε μορφή ατμού. Οι τιμές που μπορεί να λάβει είναι από 0 έως 1 ή από 0% έως 100%.

- Τις γραμμές **σταθερής θερμοκρασίας** ($^{\circ}\text{C}$) (ισοθερμοκρασιακές).
- Τις γραμμές **σταθερού ειδικού όγκου** (m^3/kg).
- Τις γραμμές **σταθερής εντροπίας** (σε $\text{kJ}/^{\circ}\text{K} \cdot \text{kg}$) (ισεντροπικές).

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΙΕΣΗΣ-ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ



- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| ① Γραμμή σταθερής πίεσης | ④ Γραμμή ισοθερμοκρασιακή |
| ② Γραμμή σταθερής ενθαλπίας | ⑤ Γραμμή ισηντροπική |
| ③ Γραμμή σταθερής ξηρότητας | ⑥ Γραμμή σταθερού ειδικού όγκου |



Διάγραμμα P-h για το ψυκτικό μέσο R 134A

2.4 Παράσταση ψυκτικού κύκλου στο διάγραμμα P-h

Ο βασικός ψυκτικός κύκλος με μηχανική συμπίεση ατμών αποτελείται από τέσσερις θερμοδυναμικές μεταβολές.

Συμπίεση

Η συμπίεση πραγματοποιείται στο συμπιεστή. Το ψυκτικό μέσο σε μορφή ξηρού κορεσμένου ατμού αναρροφάται από το συμπιεστή και συμπιέζεται ισεντροπικά ώστε στο τέλος της συμπίεσης να έχουμε υπέρθερμο ατμό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Στο ψυκτικό μέσο έχει προστεθεί ένα ποσό θερμότητας το οποίο αντιστοιχεί στο έργο συμπίεσης.

Συμπύκνωση

Η μεταβολή αυτή πραγματοποιείται ισόθλιπτα στο συμπυκνωτή, και το ψυκτικό μέσο αποβάλλει τη θερμότητα που πήρε τόσο κατά την ατμοποίησή του στον εξατμιστή όσο και κατά τη φάση της συμπίεσής του.

Στην αρχή έχουμε την αφυπερθέρμανση του ψυκτικού (αποβολή αισθητής θερμότητας) και στη συνέχεια τη συμπύκνωσή του (αλλαγή φάσης, από ξηρό κορεσμένο ατμό σε κορεσμένο υγρό, αποβάλλοντας λανθάνουσα θερμότητα).

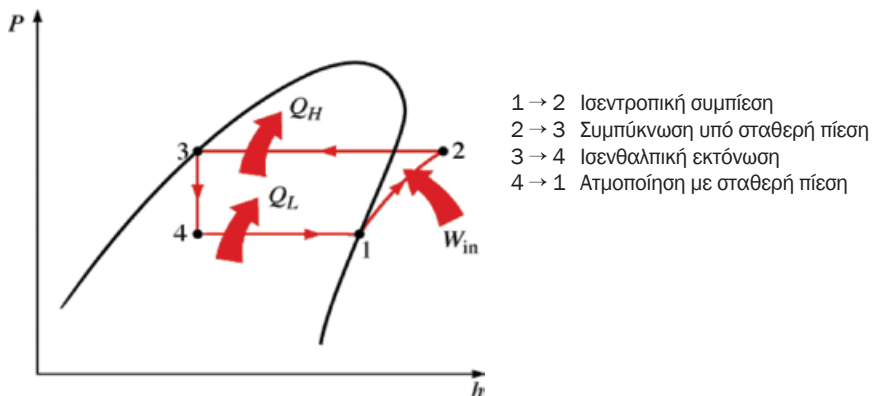
Εκτόνωση

Η εκτόνωση του ψυκτικού μέσου πραγματοποιείται στην εκτονωτική διάταξη της εγκατάστασης. Η μεταβολή αυτή είναι ισενθαλπική και το ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας μεταβάλλεται σε μίγμα υγρού - ατμού χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας.

Ατμοποίηση

Στον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο σε σταθερή πίεση και θερμοκρασία απορροφά θερμότητα (λανθάνουσα) από το χώρο όπου βρίσκεται, ώστε στο τέλος του εξατμιστή να βγαίνει ξηρός κορεσμένος ατμός.

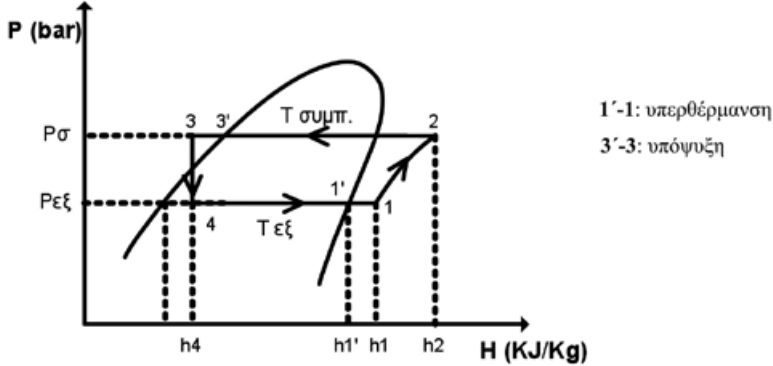
Οι παραπάνω μεταβολές απεικονίζονται στο διάγραμμα P-h με την παρακάτω μορφή:



Βασικός ψυκτικός κύκλος.

Ο ψυκτικός κύκλος με **υπερθέρμανση** και **υπόψυξη** είναι εντελώς παρόμοιος με τον βασικό κύκλο ψύξης, με τη διαφορά ότι το ψυκτικό μέσο στην έξοδο του εξατμιστή είναι υπέρθερμος ατμός και στην έξοδο του συμπυκνωτή υπόψυκτο υγρό.

Υπόψυξη επιδιώκουμε να έχουμε για να μην εμφανίζεται ατμοποίηση του υγρού ψυκτικού (flash gas) στη γραμμή υγρού με αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας της εκτονωτικής βαλβίδας. Υπερθέρμανση επιδιώκουμε πάντοτε, γιατί έτσι αποφεύγουμε τον κίνδυνο να υπάρχουν στην αναρρόφηση του συμπιεστή σταγονίδια υγρού ψυκτικού μέσου που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ζημιές στο συμπιεστή. Δεν είναι επιθυμητή μεγάλη υπερθέρμανση, διότι ενδέχεται να οδηγήσει σε μείωση του COP.



Ψυκτικός κύκλος με υπόψυξη και υπερθέρμανση

2.5 Θερμοδυναμικά στοιχεία λειτουργίας

Στην ψυκτική διάταξη επικρατούν δύο πιέσεις. Η χαμηλή, που επικρατεί στον εξατμιστή (P_{AN}), και η υψηλή, που επικρατεί στον συμπυκνωτή ($P_{ΚΑΤ}$).

Ο λόγος των απόλυτων πιέσεων $\frac{P_{ΚΑΤ}}{P_{AN}} = CR$ ονομάζεται **λόγος συμπίεσης**.

Ψυκτικό αποτέλεσμα ή ψυκτική ικανότητα (q_ψ) λέμε το ποσό της θερμότητας που απορροφά ο ατμοποιητής ανά μονάδα μάζας ψυκτικού ρευστού και μετριέται σε kJ/kg. Το ψυκτικό αποτέλεσμα δίνεται από τη σχέση:

$$q_\psi = h_1 - h_4$$

όπου h_1 και h_4 είναι οι τιμές της ειδικής ενθαλπίας του ψυκτικού μέσου στην έξοδο και την είσοδο του ατμοποιητή αντίστοιχα.

Ψυκτική ισχύς (Q_ψ) μιας διάταξης είναι το ποσό της θερμότητας που αφαιρείται από τον ψυχόμενο χώρο στη μονάδα του χρόνου (σε kW).

$$Q_\psi = \dot{m} \cdot q_\psi$$

όπου \dot{m} η μάζα του κυκλοφορούντος ψυκτικού στη μονάδα του χρόνου (σε kg/sec) και q_ψ το ψυκτικό αποτέλεσμα (σε kJ/kg).

Έργο συμπίεσης (h_c) είναι το έργο που δαπανάται ανά μονάδα μάζας ψυκτικού ρευστού και μετριέται σε kJ/kg. Το έργο συμπίεσης ή θερμότητα συμπίεσης δίνεται από τη σχέση:

$$h_c = h_2 - h_1$$

όπου h_2 και h_1 είναι οι τιμές της ειδικής ενθαλπίας του ψυκτικού μέσου στην έξοδο και την είσοδο του συμπιεστή αντίστοιχα.

Ισχύς συμπίεσής είναι το έργο που δαπανάζεται στη μονάδα του χρόνου (σε KW).

$$W = \dot{m} \cdot h_c$$

όπου \dot{m} η μάζα του ψυκτικού που κυκλοφορεί (σε kg/sec) και h_c η θερμότητα συμπίεσης (σε kJ/kg).

Ικανότητα συμπυκνωτή (q_z) ονομάζουμε το ποσό της θερμότητας που απορρίπτεται από το συμπυκνωτή ανά μονάδα μάζας ψυκτικού ρευστού και μετριέται σε kJ/kg. Η ικανότητα του συμπυκνωτή δίνεται από τη σχέση:

$$q_z = h_2 - h_3$$

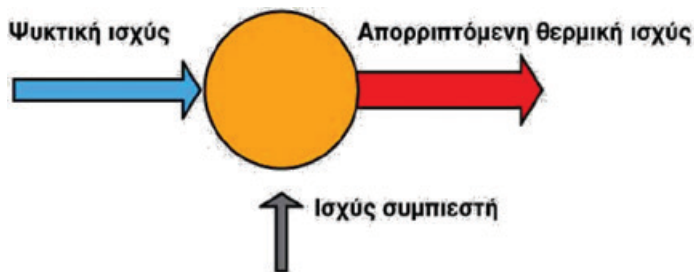
όπου h_2 και h_3 είναι οι τιμές της ειδικής ενθαλπίας του ψυκτικού μέσου στην είσοδο και την έξοδο του συμπυκνωτή αντίστοιχα.

Ισχύς συμπυκνωτή (Q_z) είναι το ποσό της θερμότητας που απορρίπτεται από το συμπυκνωτή στη μονάδα του χρόνου (σε kW).

$$Q_z = \dot{m} \cdot q_z$$

όπου \dot{m} η μάζα του κυκλοφορούντος ψυκτικού στη μονάδα του χρόνου (σε kg/sec) και q_z η ικανότητα του συμπυκνωτή (σε kJ/kg)

$$\text{Ισχύει : } q_z = q_\psi + h_c \text{ και } Q_z = Q_\psi + W$$



Αρχή λειτουργίας ψυκτικής διάταξης

Συντελεστής συμπεριφοράς (COP) ορίζεται ο λόγος της ψυκτικής ικανότητας προς το έργο συμπίεσης ή, ισοδύναμα, ο λόγος της ψυκτικής ισχύος προς την ισχύ που καταναλώνει ο συμπίεστής.

$$COP = \frac{q_\psi}{h_c} = \frac{Q_\psi}{W}$$

Ο συντελεστής συμπεριφοράς (**COP**) είναι ένας αριθμός που χαρακτηρίζει την ποιότητα της ψυκτικής εγκατάστασης από ενεργειακή άποψη. Μπορεί να πάρει τιμές μεγαλύτερες από το 1 και η τιμή του εξαρτάται από τη θερμοκρασία εξάτμισης, τη θερμοκρασία συμπύκνωσης και το είδος του ψυκτικού μέσου που χρησιμοποιείται. (Συγκεκριμένα, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία συμπύκνωσης ο COP μειώνεται, ενώ όταν αυξάνεται η θερμοκρασία εξάτμισης αυξάνεται. Δηλαδή όσο λιγότερο απέχουν μεταξύ τους οι θερμοκρασίες συμπύκνωσης και εξάτμισης τόσο μεγαλώνει ο COP.) Ο συντελεστής συμπεριφοράς λέγεται επίσης και συντελεστής επίδοσης ή λειτουργίας και δεν πρέπει να συγχέεται με το βαθμό απόδοσης μιας θερμικής μηχανής ή μιας ενεργειακής μετατροπής (ακριβώς επειδή η ψυκτική μηχανή δεν μετατρέπει μια μορφή ενέργειας σε άλλη, αλλά απλώς μεταφέρει τη θερμότητα από ένα χώρο σε άλλον). Ουσιαστικά λοιπόν μας δείχνει πόσο αποτελεσματική

είναι η ψυκτική μας μηχανή, πόσο δηλαδή εκμεταλλευόμαστε την ισχύ του συμπιεστή ώστε να παραγάγουμε ψυκτική ισχύ.

Λόγω τριβών του ψυκτικού υγρού μέσα στο κύκλωμα, η ψυκτική ικανότητα είναι μικρότερη της θεωρητικής, αλλά και η πραγματική απορροφούμενη ισχύς από το συμπιεστή είναι μεγαλύτερη της θεωρητικής. Ο πραγματικός λοιπόν συντελεστής συμπεριφοράς (COP_π) προκύπτει πειραματικά και είναι ο λόγος της πραγματικής ψυκτικής ισχύος που μπορεί να αποδώσει μια ψυκτική μηχανή προς την πραγματική ισχύ που καταναλώνει ο συμπιεστής.

$$\text{COP}_{\pi} = \frac{Q_{\psi\pi}}{W_{\pi}}$$

2.6 Χάραξη του ψυκτικού κύκλου ψυκτικής διάταξης στο διάγραμμα P-h

Έστω ψυκτική διάταξη με ψυκτικό μέσο **R 134a** στην οποία μετρήθηκαν τα εξής στοιχεία λειτουργίας:

Πίεση αναρρόφησης $P_A = 1,9$ bar

Πίεση κατάθλιψης $P_K = 10$ bar

Θερμοκρασία εξόδου από εξατμιστή $T_1 = 5$ °C

Θερμοκρασία εξόδου από συμπυκνωτή $T_3 = 40$ °C

Άρα έχουμε:

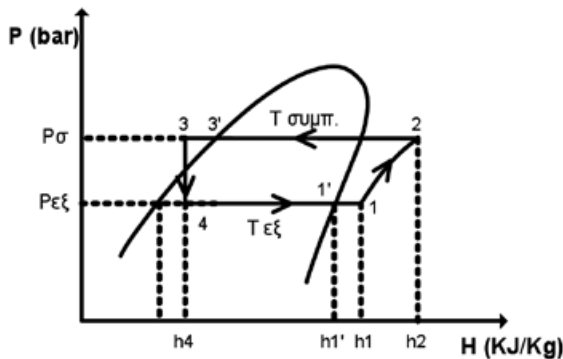
$P_{A, \text{ΑΠΟΛ}} = P_A + 1 = 1,9 + 1 = 2,9$ bar

$P_{K, \text{ΑΠΟΛ}} = P_K + 1 = 10 + 1 = 11$ bar

Θερμοκρασία εξατμίσης (από πίνακα) $T_{1'} = 0$ °C και επομένως υπερθέρμανση 5 °C

Θερμοκρασία συμπύκνωσης (από πίνακα) $T_3 = 43$ °C και επομένως υπόψυξη 3 °C

Μεταφέρουμε τις μετρήσεις πίεσης και θερμοκρασίας στο διάγραμμα P-h και χαράζουμε τον κύκλο ψύξης με την απλή μέθοδο που ακολουθεί:



- Χαράζουμε με διακεκομμένη γραμμή πάνω στο διάγραμμα P-h τις γραμμές σταθερής πίεσης με τιμές $P_{A, \text{ΑΠΟΛ}} = 2,9$ bar και $P_{K, \text{ΑΠΟΛ}} = 11$ bar
- Από το σημείο **3** της γραμμής σταθερής πίεσης με τιμή $P_{K, \text{ΑΠΟΛ}} = 11$ bar και με θερμοκρασία $T_3 = 40$ °C (θερμοκρασία εξόδου από συμπυκνωτή) χαράζουμε κατακόρυφη γραμμή που τέμνει τη διακεκομμένη γραμμή σταθερής πίεσης με τιμή $P_{A, \text{ΑΠΟΛ}} = 2,9$ bar στο σημείο **4**. Η μεταβολή **3** → **4** είναι ισενθαλπική και αποτελεί τη φάση της εκτόνωσης.

- Από το σημείο **4** (σημείο εξόδου από τη θερμοστατική βαλβίδα - εισόδου στον εξατμιστή), χαράζουμε οριζόντια γραμμή (γραμμή σταθερής πίεσης με τιμή $P_{A, \text{ΑΠΟΛ}} = 2,9$ bar) μέχρι το σημείο **1** που έχει θερμοκρασία $T_1 = 5$ °C (θερμοκρασία εξόδου από εξατμιστή). Η μεταβολή **4** → **1** είναι ισόθλιπτη και αποτελεί τη φάση της εξατμίσεως.
- Από το σημείο **1** (σημείο εξόδου από τον εξατμιστή - εισόδου στο συμπιεστή), χαράζουμε παράλληλη ευθεία προς τις γραμμές σταθερής εντροπίας η οποία τέμνει τη διακεκομμένη γραμμή σταθερής πίεσης με τιμή $P_{K, \text{ΑΠΟΛ}} = 11$ bar στο σημείο **2**. Η μεταβολή **1** → **2** είναι ισεντροπική και αποτελεί τη φάση της συμπίεσης.
- Τέλος, ενώνουμε το σημείο **2** (σημείο εξόδου από το συμπιεστή - εισόδου στο συμπυκνωτή) με το σημείο **3** (σημείο εξόδου από το συμπυκνωτή - εισόδου στη θερμοστατική βαλβίδα) και η χάραξη του κύκλου ψύξης ολοκληρώνεται. Η μεταβολή **2** → **3** είναι ισόθλιπτη και αποτελεί τη φάση της συμπύκνωσης.
- Σημειώνουμε τις τιμές ειδικής ενθαλπίας των σημείων του κύκλου ψύξης:
 $h_{3,4} = 256$ kJ/kg
 $h_1 = 398$ kJ/kg
 $h_2 = 402$ kJ/kg
 $h_3 = 430$ kJ/kg

Με βάση τις ειδικές ενθαλπίες που βρήκαμε υπολογίζουμε τα παρακάτω μεγέθη:

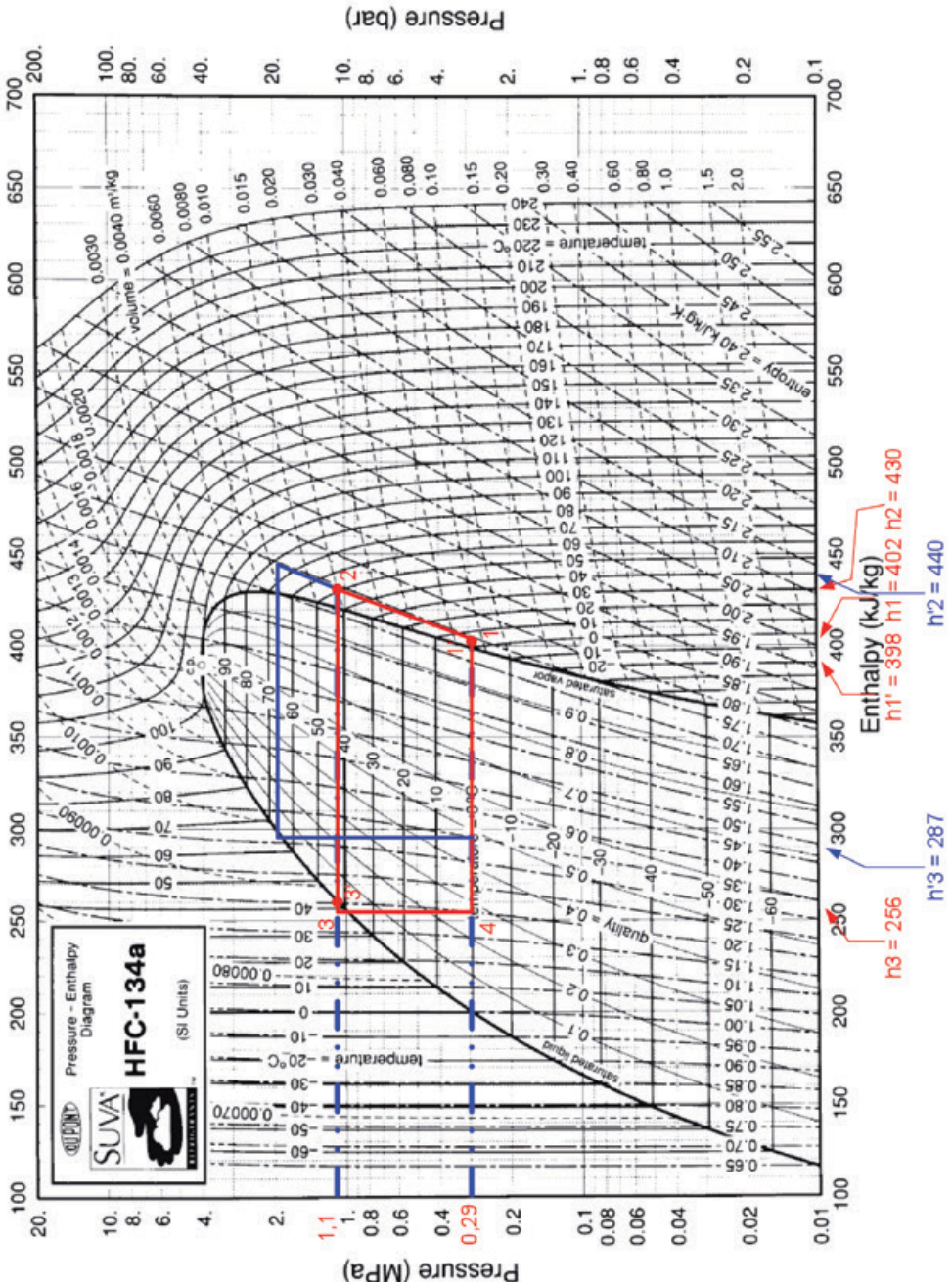
Ψυκτικό αποτέλεσμα (q_ψ)	$q_\psi = h_1 - h_4 = 402 - 256 = 146$ kJ/kg
Έργο συμπίεσης (h_c)	$h_c = h_2 - h_1 = 430 - 402 = 28$ kJ/kg
Ικανότητα συμπυκνωτή (q_z)	$q_z = h_2 - h_3 = 430 - 256 = 174$ kJ/kg
Συντελεστής συμπεριφοράς (COP)	$COP = q_\psi / h_c = 146 / 28 = 5,21$
Λόγος συμπίεσης (CR)	$GR = \frac{P_{\text{KAT.A.}}}{P_{\text{AN.A.}}} = 11 / 2,9 = 3,79$

Ας δούμε τώρα πώς θα μεταβληθούν τα χαρακτηριστικά ψυκτικής διάταξης που εργάζεται με την ίδια υπερθέρμανση και υπόψυξη, με την ίδια θερμοκρασία εξατμίσεως, αλλά με θερμοκρασία συμπύκνωσης μεγαλύτερη κατά 20 °C.

Με τη βοήθεια του διαγράμματος P-h σχεδιάζουμε τον νέο ψυκτικό κύκλο και με βάση τις ειδικές ενθαλπίες που βρήκαμε υπολογίζουμε τα παρακάτω μεγέθη:

Ψυκτικό αποτέλεσμα q'_ψ	$= h'_1 - h'_4 = 402 - 287 = 115$ kJ/kg
Έργο συμπίεσης h'_c	$= h'_2 - h'_1 = 440 - 402 = 38$ kJ/kg
Ικανότητα συμπυκνωτή q'_z	$= h'_2 - h'_3 = 440 - 287 = 153$ kJ/kg
Συντελεστής συμπεριφοράς (COP')	$COP' = q'_\psi / h'_c = 115 / 38 = 3,02$
Λόγος συμπίεσης (CR')	$GR' = \frac{P_{\text{KAT}}}{P_{\text{AN}}} = 18 / 2,9 = 6,2$

Συγκρίνοντας λοιπόν τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι με αύξηση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης έχουμε μείωση του καθαρού ψυκτικού αποτελέσματος, αύξηση του έργου συμπίεσης και τελικά **μείωση του COP**.



Διάγραμμα P-h για το ψυκτικό μέσο R 134a



Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε μια αναλυτική παρουσίαση του **ψυκτικού κύκλου μηχανικής συμπίεσης ατμών**, που αποτελεί το βασικό σημείο αναφοράς για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των ψυκτικών μηχανών. Παρουσιάστηκαν τα βασικά εξαρτήματα και έγινε αναφορά στα κατασκευαστικά στοιχεία που απαιτούνται για τη λειτουργία του ψυκτικού κύκλου. Η αντιστοίχιση των εξαρτημάτων αυτών με τη γραφική παράσταση του κύκλου ψύξης σε άξονες P-h αποτέλεσε έναν από τους βασικούς σκοπούς του κεφαλαίου. Ανάλογη βαρύτητα δόθηκε στα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του κύκλου ψύξης. Η γνώση όλων των εννοιών που αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν στο κεφάλαιο αυτό αποτελεί βασική προϋπόθεση για την καλύτερη προσέγγιση των επόμενων κεφαλαίων, που αναφέρονται στον τρόπο λειτουργίας και στα είδη των βασικών - βοηθητικών εξαρτημάτων, καθώς και στη σωστή εγκατάσταση, έλεγχο, χειρισμό και αποκατάσταση δυσλειτουργιών που ενδέχεται να παρουσιάσουν οι ψυκτικές μηχανές.



Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου

Το ψυκτικό ρευστό αποτελεί την **εργαζόμενη ουσία**, δηλαδή το φορέα της ενέργειας στις ψυκτικές - κλιματιστικές εγκαταστάσεις. Η προϋπόθεση που έπρεπε να τηρεί η εργαζόμενη ουσία μέχρι πριν από μερικά χρόνια ήταν η ικανοποιητική θερμοδυναμική συμπεριφορά. Με βάση αυτή την προϋπόθεση παρασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ψυκτικά ρευστά που περιείχαν χλωρίο. Πολλά από αυτά αποτελούν ακόμα και σήμερα την εργαζόμενη ουσία σε ψυκτικές - κλιματιστικές μονάδες. Σήμερα η παρασκευή των χλωριούχων ψυκτικών ρευστών έχει απαγορευτεί, λόγω της συμβολής τους στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος, και έχουν αντικατασταθεί με άλλα μη χλωριούχα. Η γνώση ότι **τα ψυκτικά ρευστά συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου** (αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη) αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τον τεχνικό ψυκτικό. Η ορθή διαχείριση των ψυκτικών ρευστών πρέπει να αποτελεί βασικό μέλημα του τεχνικού ψυκτικού ώστε να ελαχιστοποιείται η διαφυγή τους στο περιβάλλον.



Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα

Να είναι σε θέση οι καταρτιζόμενοι:

- Να διακρίνουν τις ιδιότητες, τις κατηγορίες και την κατάταξη των ψυκτικών ρευστών.
- Να περιγράφουν και να εξηγούν το φαινόμενο της «τρύπας του όζοντος» και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και τις επιπτώσεις τους.
- Να διακρίνουν τους δείκτες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ψυκτικών ρευστών.
- Να διατυπώνουν τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς.



Έννοιες κλειδιά – Ορολογία

Χλωροφθοράνθρακες, υδροχλωροφθοράνθρακες, υδροφθοράνθρακες, αμιγή ψυκτικά ρευστά, ζεοτροπικά μίγματα, σχεδόν αζεοτροπικά μίγματα, αζεοτροπικά μίγματα, ολίσθηση βρασμού, τρύπα του όζοντος, φαινόμενο του θερμοκηπίου, δείκτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ODP, GWP, TEWI), Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, Πρωτόκολλο του Κιότο, ευρωπαϊκοί κανονισμοί.

3.1 Ιδιότητες ψυκτικών ρευστών

Το ψυκτικό ρευστό είναι η «εργαζόμενη ουσία» που παραλαμβάνει το ποσό θερμότητας από το χώρο χαμηλής θερμοκρασίας και το μεταφέρει, με χρήση της ψυκτικής μηχανής, στο χώρο με την υψηλή θερμοκρασία, όπου και το απορρίπτει.

Ιδανικά ψυκτικά μέσα δεν υπάρχουν για όλα τα είδη των ψυκτικών και κλιματιστικών εγκαταστάσεων, αλλά ανάλογα με την εφαρμογή γίνεται η επιλογή του καταλληλότερου ψυκτικού.

Τα ψυκτικά μέσα λοιπόν θα πρέπει να παρουσιάζουν τις παρακάτω ιδιότητες:

- Να μην είναι δηλητηριώδη ή τοξικά
- Να μην είναι εύφλεκτα ή εκρηκτικά
- Να μπορούν να ανιχνευθούν εύκολα
- Να έχουν χαμηλή θερμοκρασία βρασμού σε ατμοσφαιρική πίεση
- Να έχουν μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης
- Να έχουν μικρό ειδικό όγκο
- Να έχουν χημική ευστάθεια
- Να μην καταστρέφουν τις λιπαντικές ιδιότητες του ψυκτελαίου
- Να μην είναι διαβρωτικά
- Να είναι χαμηλού κόστους
- Να είναι φιλικά προς το περιβάλλον

3.2 Κατηγορίες ψυκτικών ρευστών

Εκτός από τις ανόργανες ενώσεις (αμμωνία - NH_3 , διοξείδιο του άνθρακα - CO_2 κ.λπ.), τα υπόλοιπα ψυκτικά μέσα προέρχονται βασικά από το μεθάνιο (CH_4) ή το αιθάνιο (C_2H_6) με αντικατάσταση ατόμων υδρογόνου από άτομα χλωρίου ή φθορίου ή αποτελούν μίγματα τέτοιων ενώσεων. Οι ενώσεις αυτές λέγονται αλλιώς «αλογονομένοι υδρογονάνθρακες».

Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση διακρίνονται σε:

- **Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)**
(χημικές ενώσεις άνθρακα με χλώριο και φθόριο)
- **Υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs)**
(χημικές ενώσεις άνθρακα με υδρογόνο, χλώριο και φθόριο)
- **Υδροφθοράνθρακες (HFCs)**
(χημικές ενώσεις άνθρακα με υδρογόνο και φθόριο)

Τα ψυκτικά ρευστά συμβολίζονται με το λατινικό γράμμα **R**, από τη λέξη Refrigerant (ψυκτικό μέσο), και στη συνέχεια με έναν διψήφιο ή τριψήφιο αριθμό (πιθανόν και ένα γράμμα του λατινικού αλφαβήτου) που υποδηλώνει τη χημική ένωσή τους.

Η ονομασία ενός ψυκτικού μέσου δίνεται με μια παράσταση της μορφής:

R-xyz

Όπου:

x: Αριθμός των ατόμων άνθρακα, μειωμένος κατά ένα (C-1)

y: Αριθμός των ατόμων υδρογόνου, αυξημένος κατά ένα (H+1)

z: Αριθμός των ατόμων φθορίου

και επειδή ο γενικός χημικός τύπος είναι $\text{C}_m\text{H}_n\text{F}_p\text{Cl}_q$, ο αριθμός των ατόμων χλωρίου προκύπτει από τη σχέση: $q = (2m + 2) - n - p$.

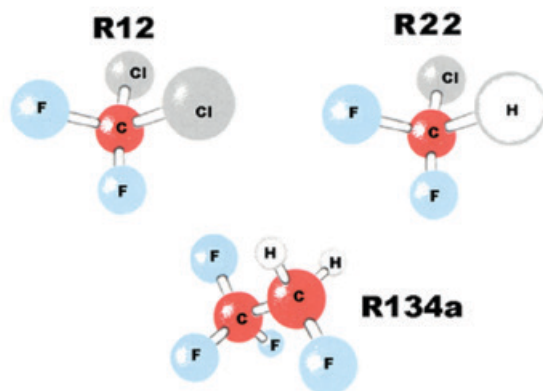
π.χ. Ψυκτικό μέσο CF_2Cl_2 (διχλωροδιφθορομεθάνιο)

Η χημική του σύσταση είναι $\text{C}_1\text{F}_2\text{Cl}_2$

Για τις τιμές x, y, z προκύπτει ότι:

$$x = 1 - 1 = 0 \quad y = 0 + 1 = 1, \quad z = 2$$

Η ονομασία του λοιπόν, είναι **R12** (όταν το πρώτο ψηφίο είναι 0 παραλείπεται).



Μόρια των R-12, R-22, R-134a

Οι ανόργανες ενώσεις κωδικοποιούνται με το γράμμα **R** και ακολουθεί ένας τριψήφιος αριθμός που έχει:

Στις εκατοντάδες τον αριθμό επτά (7) και ακολουθεί το μοριακό βάρος του ρευστού.

π.χ. Αμμωνία (NH_3): Μοριακό βάρος: $14 + 3 = 17$. Άρα: **R717**.

3.3 Κατάταξη ψυκτικών ρευστών

■ Αμιγή ψυκτικά ρευστά

Ως αμιγή χαρακτηρίζονται τα ψυκτικά ρευστά που έχουν ένα συγκεκριμένο χημικό τύπο.

- **Σειρά του μεθανίου:** Περιέχει ένα άτομο άνθρακα.
π.χ. R12 (CCl_2F_2), R32 (CH_2F_2)
- **Σειρά του αιθανίου:** Περιέχει δύο άτομα άνθρακα.
π.χ. R134a (CH_2FCF_3)
- **Σειρά του προπανίου:** Περιέχει τρία άτομα άνθρακα.
π.χ. R290 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$)
- **Σειρά του βουτανίου:** π.χ. R-600 (βουτάνιο), R600a (ισοβουτάνιο).
- **Ανόργανες ενώσεις (σειρά 700):** π.χ. R717 (αμμωνία), R-744 (διοξείδιο του άνθρακα).

■ Μίγματα

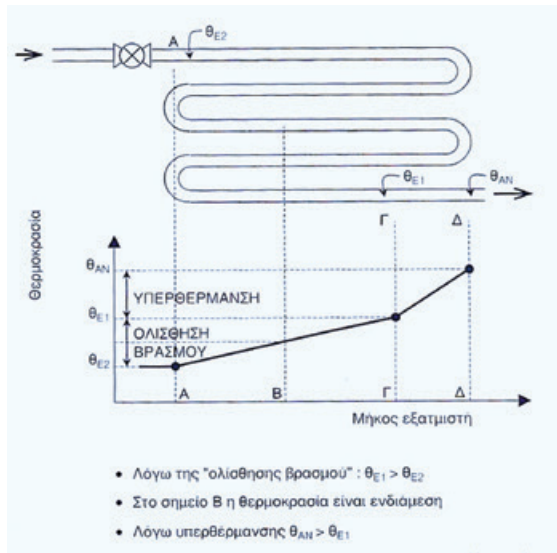
- **Αζεοτροπικά**

Σχηματίζονται με την ανάμιξη δυο αμιγών ψυκτικών ρευστών σε καθορισμένη αναλογία και συμπεριφέρονται σαν ένα ψυκτικό μέσο με σταθερή ογκομετρική σύσταση στις διάφορες φάσεις του ψυκτικού κύκλου. Κατά τη φάση της ατμοποίησης και συμπύκνωσης υπό σταθερή πίεση διατηρείται σταθερή και η θερμοκρασία. Σειρά 500, π.χ. R-500, R-502

- **Ζεοτροπικά**

Σχηματίζονται με την ανάμιξη δύο ή περισσότερων αμιγών ψυκτικών ρευστών σε καθορισμένη αναλογία και παρουσιάζουν αλλαγή στην ογκομετρική τους σύσταση στις διάφορες φάσεις του ψυκτικού κύκλου, η δε θερμοκρασία εξάτμισης ή συμπύκνωσης μεταβάλλεται, δηλαδή παρουσιάζουν, όπως λέμε, ολίσθηση βρασμού. Π.χ. R-407C.

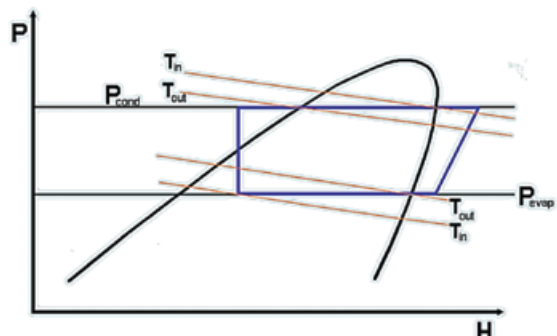
Ολίσθηση ή φάσμα βρασμού είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εξάτμισης ή συμπύκνωσης όταν το ψυκτικό είναι σε κατάσταση κορεσμένου υγρού και της θερμοκρασίας εξάτμισης ή συμπύκνωσης όταν το ψυκτικό είναι σε κατάσταση κορεσμένου ατμού, υπό σταθερή πίεση. Π.χ. R-407C. Μερικά από τα μίγματα αυτά, που παρουσιάζουν μικρές μεταβολές και έτσι εμφανίζονται να συμπεριφέρονται σχεδόν σαν ένα ενιαίο ψυκτικό μέσο (ολίσθηση βρασμού μικρότερη των 3 °C) λέγονται **σχεδόν αζεοτροπικά μίγματα**. Π.χ. R-410A. Ο χαρακτηριστικός αριθμός των ζεοτροπικών και σχεδόν αζεοτροπικών μιγμάτων αρχίζει από 4 (Σειρά 400).



Θερμοκρασίες εξατμιστή με ζεοτροπικό ρευστό

Στα ζεοτροπικά μίγματα η υπερθέρμανση μετράται πάνω από τη θερμοκρασία κορεσμένου ατμού (dew point) στη χαμηλή πίεση και η υπόψυξη κάτω από τη θερμοκρασία κορεσμένου υγρού (bubble point) στην υψηλή πίεση.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ P-H ΖΕΟΤΡΟΠΙΚΩΝ ΜΙΓΜΑΤΩΝ



3.4 Επικινδυνότητα – Αποθήκευση και διακίνηση ψυκτικών ρευστών

Τα ψυκτικά ρευστά χωρίζονται με κριτήριο την **τοξικότητα** στις κατηγορίες **A** (μη τοξικά) και **B** (τοξικά) και με κριτήριο την **αναφλεξιμότητα** στις κατηγορίες **1** (μη αναφλέξιμο), **2** (μικρή αναφλεξιμότητα) και **3** (μεγάλη αναφλεξιμότητα). Καθορίζονται έτσι οι κλάσεις επικινδυνότητας στις οποίες κατατάσσονται τα διάφορα ψυκτικά ρευστά.

Κλάση επικινδυνότητας	Χαρακτηριστικά
A1	Μη αναφλέξιμο - Χαμηλή τοξικότητα
A2	Μικρή αναφλεξιμότητα - Χαμηλή τοξικότητα
A3	Μεγάλη αναφλεξιμότητα - Χαμηλή τοξικότητα
B1	Μη αναφλέξιμο - Υψηλή τοξικότητα
B2	Μικρή αναφλεξιμότητα - Υψηλή τοξικότητα
B3	Μεγάλη αναφλεξιμότητα - Υψηλή τοξικότητα

Κλάσεις επικινδυνότητας ψυκτικών ρευστών

π.χ. **R-134a** κλάση επικινδυνότητας **A₁**
R-717 (αμμωνία) κλάση επικινδυνότητας **B₂**








































Τα ψυκτικά ρευστά αποθηκεύονται και διακινούνται υγροποιημένα, σε κυλίνδρους (μπουκάλες) υπό πίεση. Οι κύλινδροι αυτοί είναι βαμμένοι ή έχουν χρωματική ένδειξη μ' ένα κωδικό χρώμα, χαρακτηριστικό και ορισμένο για κάθε ψυκτικό ρευστό.

Φιάλες αποθήκευσης ψυκτικών υγρών

Τα ψυκτικά μέσα μπορούν να προκαλέσουν ατυχήματα (όπως έκρηξη ή ανάφλεξη) ή και βλάβες στο προσωπικό (όπως ασφυξία, καρδιακές επιπλοκές, τοξικές επιπτώσεις, κρυοπαγήματα κ.λπ.) αν δεν τηρούνται κατά τη χρήση τους, τη διακίνηση και την αποθήκευσή τους ορισμένοι κανόνες ασφαλείας.

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΨΥΚΤΙΚΟ ΥΓΡΟ	ΚΛΑΣΗ ΕΠΙΚΤΗΤΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΧΗΜΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΡΩΜΑ ΦΙΑΛΗΣ
R - 11	A1	CFC	Τριχλωροφθορομεθάνιο	 Πορτοκαλί
R - 12	A1	CFC	Διχλωροδιφθορομεθάνιο	 Άσπρο
R - 13	A1	CFC	Χλωροτριφθορομεθάνιο	 Ανοιχτό μπλέ
R - 14	A1	PFC	Τετραφθορομεθάνιο	 Μουσταρδί
R - 22	A1	HCFC	Χλωροδιφθορομεθάνιο	 Ανοιχτό πράσινο
R - 23	A1	HFC	Τριφθορομεθάνιο	 Ανοιχτό μπλέ/γκρί
R - 32	A2	HFC	Διφθορομεθάνιο	 Λωρίδα άσπρη/κόκκινη
R - 113	A1	CFC	1,1,2 Τριχλωρο-1,2,2 Τριφθοροαιθάνιο	 Βιολετί
R - 114	A1	CFC	1,2 Διχλωρο-1,1,2,2 Τετραφθοροαιθάνιο	 Σκούρο μπλέ
R - 115	A1	CFC	Χλωροπενταφθοροαιθάνιο	 Λωρίδα άσπρη/κόκκινη
R - 116	A1	PFC	Εξαφθοροαιθάνιο	 Σκούρο γκρί
R - 123	B1	HCFC	2,2 Διχλωρο-1,1,1 Τριφθοροαιθάνιο	 Ανοιχτό γκρί/μπλέ
R - 124	A1	HCFC	2-Χλωρο-1,1,1,2-Τετραφθοροαιθάνιο	 Σκούρο πράσινο
R - 125	A1	HFC	Πενταφθοροαιθάνιο	 Καφετί
R - 134a	A1	HFC	1,1,1,2-Τετραφθοροαιθάνιο	 Ανοιχτό θαλασσί
R - 143a	A2	HFC	1,1,1- Τριφθοροαιθάνιο	 Λωρίδα άσπρη/κόκκινη
R - 152a	A2	HFC	1,1-Διφθοροαιθάνιο	 Λωρίδα άσπρη/κόκκινη
R - 290	A3	HC	Προπάνιο	(%)  Άσπρο
R - 500	A1	CFC	R - 12 / R - 152a	73,8/26,2  Κίτρινο
R - 502	A1	CFC	R - 22 / R - 115	48,8/51,2  Ανοιχτό βιολετί
R - 503	A1	CFC	R - 23 / R - 13	40,1/59,9  Μπλέ πράσινο
R - 507	A1/A1	HFC	R - 125 / R - 143a	50/50  Μπλέ πράσινο
R - 717	B2		Αμμωνία	 Άσμη
R - 401A	A1/A1	HCFC	R - 22 / R - 152a / R - 124	53/13/34  Κόκκινο
R - 401B	A1/A1	HCFC	R - 22 / R - 152a / R - 124	61/11/28  Μουσταρδί
R - 401C	A1/A1	HCFC	R - 22 / R - 152a / R - 124	33/15/52  Μπλέ πράσινο
R - 402A	A1/A1	HCFC	R - 125 / R - 290 / R - 22	60/02/38  Ανοιχτό καφέ
R - 402B	A1/A1	HCFC	R - 125 / R - 290 / R - 22	38/02/60  Πράσινο/μπλέ (λαδί)
R - 403A	A1/A1	HCFC	R - 290 / R - 22 / R - 218	05/75/20  Ανοιχτό βυσσινί
R - 404A	A1/A1	HFC	R - 125 / R - 143a / R - 134a	44/52/04  Πορτοκαλί
R - 406A	A1/A2	HCFC	R - 22 / R - 600a / R - 142b	55/04/41  Ανοιχτό γκρί/πράσινο
R - 407A	A1/A1	HFC	R - 32 / R - 125 / R - 134a	20/40/40  Ανοιχτό πράσινο
R - 407B	A1/A1	HFC	R - 32 / R - 125 / R - 134a	10/70/80  Κρεμ
R - 407C	A1/A1	HFC	R - 32 / R - 125 / R - 134a	23/25/52  Καφετί
R - 408A	A1/A1	HCFC	R - 125 / R - 143a / R - 22	07/46/47  Βυσσινί
R - 409A	A1/A1	HCFC	R - 22 / R - 124 / R - 142b	60/25/15  Μουσταρδί
R - 410A	A1/A1	HFC	R - 32 / R - 125	50/50  Ροζ

3.5 Θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά και πεδία εφαρμογής

Τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά των διαφόρων ψυκτικών ρευστών μπορούν να παρασταθούν στο διάγραμμα **P-h** και οι τιμές των χαρακτηριστικών μεγεθών τους σε καταστάσεις κορεσμού (υγρού και αερίου) σε πίνακες (βλ. Παράρτημα).

Τα πιο διαδεδομένα ψυκτικά ρευστά είναι:

α) Εκείνα που μέχρι πριν από λίγα χρόνια χρησιμοποιήθηκαν σε πολλές ψυκτικές εφαρμογές, αλλά ήδη έχει απαγορευτεί η παραγωγή τους (από το 1996) και η χρήση τους. Είναι ψυκτικά **χλωροφθοράνθρακες (CFCs)** και όπως θα δούμε και στην παράγραφο 3.6 θεωρείται ότι έχουν συντελέσει περισσότερο από κάθε άλλο ψυκτικό μέσο στην καταστροφή του προστατευτικού στρώματος του όζοντος στην ατμόσφαιρα.

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Το **R-11** (σε μεγάλες εγκαταστάσεις κλιματισμού με φυγοκεντρικούς πολυβάθμιους συμπιεστές).
- Το **R-12** (σε μικρού και μέσου μεγέθους οικιακά και επαγγελματικά ψυγεία και σε κλιματιστικές συσκευές αυτοκινήτων).
- Το **R-502** (σε εφαρμογές ψύξης χαμηλών θερμοκρασιών).

β) Τα ενδιάμεσα ψυκτικά ρευστά, που είναι **υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs)** και είναι λιγότερο βλαβερά για το περιβάλλον από τα προηγούμενα. Έχει απαγορευτεί η παραγωγή τους και η χρήση τους (μέχρι 1/1/2015 επιτρέπεται η χρήση HCFCs που προέρχονται από ανακύκλωση). Το κυριότερο από αυτά είναι:

- Το **R-22** (σε μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις κλιματισμού και εφαρμογές ψύξης χαμηλών θερμοκρασιών).

γ) Τα νέα οικολογικά ψυκτικά ρευστά, που είναι **υδροφθοράνθρακες (HFCs)** και δεν έχουν καμιά επίπτωση στο όζον. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε νέες εγκαταστάσεις, αλλά και σε πολλές υπάρχουσες, ύστερα από κατάλληλες μετατροπές που γίνονται με ορισμένη διαδικασία. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στα **ψυκτέλαια**, διότι τα ψυκτικά HFCs δεν συνεργάζονται με τα κοινά ψυκτέλαια (ορυκτέλαια) με τα οποία συνεργάζονται τα ψυκτικά CFCs, αλλά μόνο με τα νέα πολυεστερικά ψυκτέλαια (POE), που είναι κατάλληλα για τα οικολογικά ψυκτικά ρευστά.

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Το **R-134a**

Όνομασία:	Τετραφθοροαιθάνιο
Χημικός τύπος:	$C_2H_2F_4$
Κλάση επικινδυνότητας:	A ₁
Κωδικό χρώμα:	Ανοιχτό γαλάζιο
Θερμοκρασία βρασμού (1 atm):	-26,1 °C
Λανθ. θερμότητα ατμοποίησης:	217 kJ/kg
Λιπαντικό:	Πολυεστερικό
Χρήσεις:	Σε οικιακά και επαγγελματικά ψυγεία συντήρησης, κλιματισμό αυτοκινήτων και σε μερικές περιπτώσεις κεντρικού κλιματισμού με ψύκτες νερού

- Το **R-404A**

Όνομασία:	Σχεδόν αζεotropικό μίγμα (ολίσθηση 0,8 °C)
Χημικός τύπος:	R-125 (C ₂ HF ₅) 44% κατά βάρος R-143a (C ₂ H ₃ F ₃) 52% κατά βάρος R-134a (C ₂ H ₂ F ₄) 4% κατά βάρος
Κλάση επικινδυνότητας:	A ₁
Κωδικό χρώμα:	Σκούρο πορτοκαλί
Θερμοκρασία βρασμού (1 atm):	-46,6 °C θερμ. κορεσμ. υγρού – bubble point -45,8 °C θερμ. κορεσμ. ατμού – dew point
Λανθ. θερμότητα ατμοποίησης:	200 kJ/kg
Λιπαντικό:	Πολυεστερικό
Χρήσεις:	Εφαρμογές ψύξης χαμηλών θερμοκρασιών

- Το **R-407C**

Όνομασία:	Ζεotropικό μίγμα (ολίσθηση βρασμού 7,1 °C)
Χημικός τύπος:	R-32 (CH ₂ F ₂) 23% κατά βάρος R-125 (C ₂ HF ₅) 25% κατά βάρος R-134a (C ₂ H ₂ F ₄) 52% κατά βάρος
Κλάση επικινδυνότητας:	A ₁
Κωδικό χρώμα:	Σοκολατί
Θερμοκρασία βρασμού (1 atm):	-43,8 °C θερμ. κορεσμ. υγρού – bubble point -36,7 °C θερμ. κορεσμ. ατμού – dew point
Λανθ. θερμότητα ατμοποίησης:	248 kJ/kg
Λιπαντικό:	Πολυεστερικό
Χρήσεις:	Εγκαταστάσεις κλιματισμού

Η απώλεια ψυκτικού (διαρροή) **R-407C** χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, επειδή τα συστατικά του έχουν διαφορετική θερμοκρασία βρασμού, αφού είναι ζεotropικό μίγμα. Επομένως, είναι πιθανόν η διαρροή να έχει ως επακόλουθο τη μεταβολή της σύστασης του ψυκτικού μέσου. Γι' αυτό το λόγο σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές ψυκτικών συστημάτων (κυρίως για κλιματισμό) που λειτουργούν με R-407C συνιστούν σε κάθε περίπτωση απώλειας ψυκτικού μέσου να αδειάσει τελείως το κύκλωμα, να επισκευαστεί η διαρροή και να ξαναγίνει πλήρωση με νέο ψυκτικό R-407C. Τέλος, το ψυκτικό ρευστό πρέπει να αφαιρεθεί από τη φιάλη πλήρωσης σε **υγρή μορφή**, για να μην αλλάξει η σύσταση του μίγματος. Για το λόγο αυτό, η φιάλη πλήρωσης πρέπει να τοποθετείται αντεστραμμένη (εάν δεν έχει βαλβίδα δυο εξόδων), ώστε να μπορεί το ψυκτικό να αφαιρεθεί σε υγρή μορφή και η πλήρωση του συστήματος να γίνει με το ψυκτικό στην υγρή του φάση από την πλευρά της κατάθλιψης. Εάν η πλήρωση δεν μπορεί να ολοκληρωθεί και χρειάζεται να γίνει προσθήκη ψυκτικού από την πλευρά της αναρρόφησης με το συμπιεστή σε λειτουργία, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ειδική βαλβίδα που μετατρέπει το ψυκτικό σε αέρια μορφή και μάλιστα σε αργό ρυθμό, ώστε να προλαβαίνει να εξατμιστεί πλήρως πριν εισέλθει στο συμπιεστή.

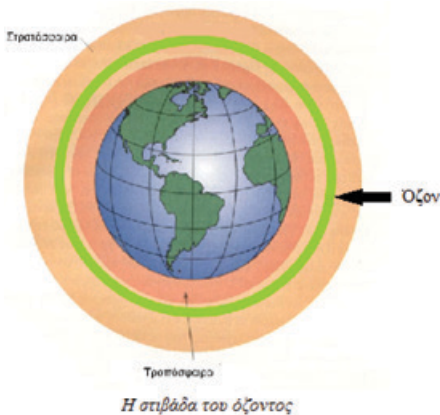
- Το R-410A

Όνομασία:	Σχεδόν αζεotropικό μίγμα (ολίσθηση 0,1 °C)
Χημικός τύπος:	R-32 (CH ₂ F ₂) 50% κατά βάρος R-125 (C ₂ HF ₅) 50% κατά βάρος
Κλάση επικινδυνότητας:	A ₁
Κωδικό χρώμα:	Pοζ
Θερμοκασία βρασμού (1 atm):-	51,5 °C
Λανθ. θερμοκρασία ατμοποίησης:	272 kJ/kg
Λιπαντικό:	Πολυεστερικό
Χρήσεις:	Εγκαταστάσεις κλιματισμού

Σε περίπτωση διαρροής η σύνθεση του ψυκτικού δεν αλλοιώνεται πολύ (πρακτικά μπορεί να γίνει συμπλήρωση με ψυκτικό). Βέβαια, όπως για όλα τα ζεοτροπικά ή σχεδόν αζεοτροπικά μίγματα, το ψυκτικό ρευστό πρέπει να αφαιρεθεί από τη φιάλη πλήρωσης σε **υγρή μορφή**, για να μην αλλάξει η σύσταση του μίγματος.

3.6 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ψυκτικών ρευστών

Η τρύπα του όζοντος



Το όζον είναι τύπος αερίου οξυγόνου το οποίο βρίσκεται στην τροπόσφαιρα (η χαμηλότερη ατμοσφαιρική ζώνη, η οποία εκτείνεται 12 km περίπου από το έδαφος) και τη στρατόσφαιρα (η ζώνη η οποία εκτείνεται 12-50 km από το έδαφος). Δημιουργείται από τη συνένωση ενός ατόμου οξυγόνου και ενός μορίου οξυγόνου με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός. Είναι απόλυτα ασταθές αέριο και το μόριό του έχει τρία άτομα οξυγόνου (O₃).

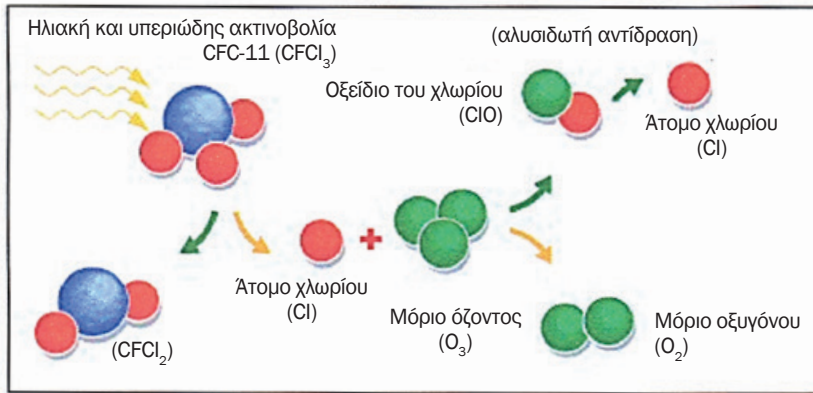
Όταν σχηματιστεί το όζον της στρατόσφαιρας, τότε μπορεί να διασπαστεί με απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου σε μόρια οξυγόνου (O₂) και σε άτομα οξυγόνου (O). Την ίδια στιγμή παράγεται όζον διαμέσου της φωτοσύνθεσης και της σύνδεσης του οξυγόνου (O₂) με το ελεύθερο οξυγόνο (O). Έτσι, το όζον παράγεται σταθερά και καταστρέφεται στη στρατόσφαιρα (90% του όζοντος βρίσκεται στη στρατόσφαιρα ενώ το 10% στην τροπόσφαιρα) και προστατεύει την επιφάνεια της γης από την υπεριώδη ακτινοβολία, οι ακτίνες της οποίας στο μεγαλύτερο μέρος τους απορροφώνται από αυτό.

Αυτή η ισορροπία συνεχίζεται χιλιάδες χρόνια. Όμως, τα τελευταία χρόνια έχει διαπιστωθεί ότι αρκετές χημικές ουσίες συντελούν στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Οι χλωροφθοράνθρακες περιλαμβάνονται ανάμεσα σε αυτές τις ουσίες.

Ας δούμε πώς και γιατί αυτές οι ουσίες καταστρέφουν το όζον. Όταν οι χλωροφθοράνθρακες διαρρέουν στην ατμόσφαιρα, ανέρχονται στη στρατόσφαιρα, όπου διαχέονται και λόγω της μεγάλης χημικής τους σταθερότητας (διάρκεια ζωής μέχρι και 110 χρόνια) παραμένουν για πολλά χρόνια εκεί.

Με την υπεριώδη ακτινοβολία ελευθερώνεται από τον χλωροφθοράνθρακα ένα άτομο χλωρίου, το οποίο αντιδρά με το όζον. Έτσι, το όζον (O₃) διασπάται σε κοινό οξυ-

γόνο (O_2) και το χλώριο ενώνεται με το ελεύθερο άτομο του οξυγόνου για να σχηματίσει οξειδίο του χλωρίου (ClO), το οποίο αργότερα αντιδρά με άλλο άτομο οξυγόνου για να γίνουν κανονικό οξυγόνο. Το άτομο του χλωρίου αφήνεται ελεύθερο να συνεχίσει την καταστροφή του. Αυτός ο κύκλος μπορεί να επαναληφθεί 100.000 φορές.



Διαδικασία καταστροφής του όζοντος

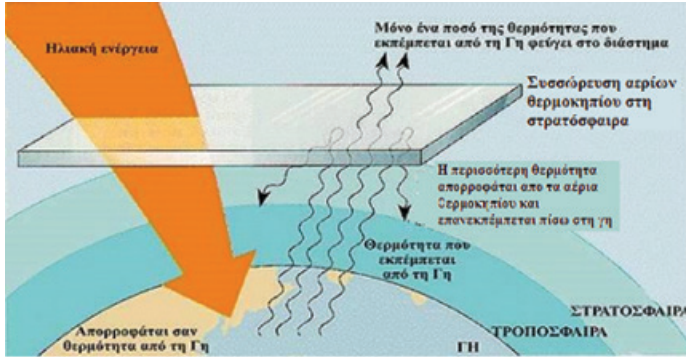
Οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs) περιέχουν λιγότερο χλώριο και η παρουσία του υδρογόνου χαλαρώνει τη δομή του μορίου και μειώνει τη διάρκεια ζωής σε δέκα χρόνια περίπου. Έτσι, η συμβολή τους στην καταστροφή του όζοντος είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs).

Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Οι όροι «θέρμανση του πλανήτη» ή «φαινόμενο του θερμοκηπίου» χρησιμοποιούνται ευρέως για να περιγράψουν την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης με την πάροδο του χρόνου. Υπολογίζεται ότι τον τελευταίο αιώνα το κλίμα της Γης έχει θερμανθεί κατά 0,6 έως 0,9 βαθμούς Κελσίου. Οι επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι «το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης των μέσων θερμοκρασιών παγκοσμίως που παρατηρείται από τα μέσα του εικοστού αιώνα είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στην παρατηρούμενη αύξηση των ανθρωπογενών (ανθρώπινης προέλευσης) συγκεντρώσεων αερίων θερμοκηπίου». Τα σημαντικότερα αέρια θερμοκηπίου ανθρώπινης προέλευσης είναι εκείνα που καλύπτονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο: διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μεθάνιο (CH_4), υποξείδιο του αζώτου (N_2O) και φθοριούχα αέρια ανθρώπινης προέλευσης (HFC, PFC, SF_6). Οι ουσίες που καταστρέφουν το όζον και ελέγχονται βάσει του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) και οι αλογονάνθρακες (halons) αποτελούν επίσης σημαντικά αέρια θερμοκηπίου.

Ας δούμε πώς τα αέρια θερμοκηπίου οδηγούν στη θέρμανση του πλανήτη: Η Γη λαμβάνει ενέργεια από τον ήλιο με τη μορφή ηλιακού φωτός (ηλιακή ακτινοβολία βραχέων κυμάτων), το οποίο διεισδύει στην ατμόσφαιρα σχετικά απρόσκοπτα. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων αντανακλάται από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της Γης πίσω στο διάστημα. Το υπόλοιπο 70% απορροφάται από την επιφάνεια της Γης (έδαφος, ωκεανοί) και το χαμηλότερο τμήμα της ατμόσφαιρας. Όταν απορροφάται θερμαίνει την επιφάνεια της Γης και επανεκπέμπεται ως θερμική ακτινοβο-

λία μεγάλου μήκους κύματος (υπέρυθρη). Αυτή η υπέρυθρη ακτινοβολία δεν μπορεί να διεισδύσει στην ατμόσφαιρα εξίσου απρόσκοπτα όσο η ακτινοβολία βραχέων κυμάτων, αλλά αντανακλάται από τα σύννεφα και απορροφάται από τα αέρια θερμοκηπίου της ατμόσφαιρας. Με τον τρόπο αυτό τα αέρια θερμοκηπίου παγιδεύουν θερμότητα μέσα στο σύστημα επιφάνειας-τροπόσφαιρας.



Φαινόμενο θερμοκηπίου

Δείκτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ψυκτικών ρευστών

Για την ποσοτικοποίηση και κυρίως τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ψυκτικών υγρών χρησιμοποιούνται οι παρακάτω δείκτες (ASHRAE 1998):

- **ODS** (Ozone Depleting Substances) - Ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος
- **ODP** (Ozone Depletion Potential) - Δυναμικό καταστροφής του όζοντος
- **GWP** (Global Warming Potential) - Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη

Ο δείκτης GWP εκφράζει τη σχετική δυνατότητα ενός αερίου να παγιδεύει ακτινοβολούμενη ενέργεια. Ως αναφορά χρησιμοποιείται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που έχει μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα κι έτσι το GWP συνδέεται με κάποια μεγάλη χρονική κλίμακα (π.χ. 100 χρόνων), ώστε να συγκριθεί σε αυτό το χρονικό διάστημα η επίδραση διαφορετικών αερίων.

- **TEWI** (Total Equivalent Warming Impact)

Ο δείκτης TEWI χρησιμοποιείται για να εκφράσει την άμεση (διαμέσου της ακτινοβολούμενης ενέργειας) αλλά και την έμμεση (διαμέσου κατανάλωσης ενέργειας που η παραγωγή της συνδέεται με εκπομπή CO_2) συνεισφορά μιας διάταξης στο φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Ψυκτικό υγρό	ODP	GWP (100 yrs)
R-12	1	8.100
R-22	0,055	1.500
R-125	0	2.800
R-134a	0	1.300
R-404A	0	3.260
R-407C	0	1.530
R-410A	0	1.730

Δείκτες ODP και GWP των κυριότερων ψυκτικών ρευστών

Ψυκτικό	Δυναμικό καταστροφής του όζοντος	Δυναμικό υπερθέρμανσης	Αναφλεξιμότητα	Τοξικότητα
CFCs	Υψηλό	Υψηλό	Μη αναφλέξιμο	Όχι
HCFCs	Χαμηλό	Υψηλό	Μη αναφλέξιμο	Όχι
HFCs	Μηδενικό	Υψηλό	Μη αναφλέξιμο	Όχι
Υδρογονάνθρακες	Μηδενικό	Πολύ χαμηλό	Χαμηλή	Όχι
Αμμωνία	Μηδενικό	Μηδενικό	Υψηλή	Ναι

Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των ψυκτικών μέσων

Αντιμετώπιση των δυσμενών συνεπειών από τη χρήση των ψυκτικών ρευστών

Η συνεχής απελευθέρωση αλογονομένων υδρογονανθράκων (CFCs, HCFCs, HFCs, κ.λπ.) έχει ανατρέψει τη φυσική ισορροπία του μηχανισμού σχηματισμού και καταστροφής του όζοντος και έχει συντελέσει στη επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι σημαντικότερες απώλειες στη στιβάδα του όζοντος παρατηρήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80 στην Ανταρκτική. Στη συνέχεια, αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρήθηκε και στο βόρειο ημισφαίριο. Μετά λοιπόν την αποκάλυψη των σοβαρών επιπτώσεων που έχουν δημιουργηθεί (και εξακολουθούν να δημιουργούνται) στο περιβάλλον από τη χρήση των ψυκτικών μέσων, η παγκόσμια κοινότητα άρχισε να παίρνει κάποια μέτρα για να περιοριστούν, όσο είναι δυνατόν, αυτές.

Το **Μάρτιο του 1985** υπογράφηκε η **συνθήκη της Βιέννης** για την προστασία της στιβάδας του όζοντος. Το **Σεπτέμβριο του 1987** υπογράφηκε το γνωστό μας **Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ**, που αποτελεί την κορύφωση των πρωτοβουλιών που αναπτύχθηκαν για

την προστασία του όζοντος. Οι 157 χώρες που συνυπέγραψαν το πρωτόκολλο δεσμεύτηκαν, βάσει ενός υποχρεωτικού χρονοδιαγράμματος, για τη σταδιακή κατάργηση της χρήσης ουσιών που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος. Το χρονοδιάγραμμα αυτό αναθεωρείται συνεχώς σε διάφορες διεθνείς συνόδους (Λονδίνο 1990, Κοπεγχάγη – η πιο σπουδαία – 1992, Μόντρεαλ 1997, Πεκίνο 1999) με τις ημερομηνίες εξάλειψης να τροποποιούνται σύμφωνα με την τεχνολογική πρόοδο.

Το **Πρωτόκολλο του Κιότο** του **1997** προέκυψε από τη σύμβαση-πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές που είχε υπογραφεί στη διάσκεψη του **Ρίο**, τον Ιούνιο του **1992**. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012 τουλάχιστον κατά 5% σε σχέση με το έτος βάσης 1990. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δεσμευθεί να μειώσει κατά την περίοδο 2008-2012 τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά 8% σε σχέση με το έτος βάσης 1990. Το Πρωτόκολλο του Κιότο καλύπτει τα σημαντικότερα αέρια θερμοκηπίου: διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και τις τρεις ομάδες φθοριούχων αερίων, τα λεγόμενα «αέρια F»: υδροφθοράνθρακες (HFC), υπερφθοράνθρακες (PFC) και εξαφθοριούχο θείο (SF₆). Η Ευρωπαϊκή Ένωση επικύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο το **Μάιο του 2002**.

Για να μειωθούν οι εκπομπές των αλογονομένων υδρογονανθράκων η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει τον κανονισμό **(ΕΚ) 2037/2000** σχετικά με τις ουσίες που μειώνουν τη στιβάδα του όζοντος και τον κανονισμό **(ΕΚ) 842/2006** για ορισμένα φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου που συμβάλλουν στη θέρμανση του πλανήτη.

Κανονισμός (ΕΚ) 2037/2000 της ΕΕ για τις ODS

Ο κανονισμός ισχύει από **1/10/2000** και προβλέπει τα εξής:

1. Έλεγχος στην προμήθεια και χρήση για τα συστήματα που περιέχουν CFCs [**Άρθρο 4.1/4.4 (II) και (III)**]

Από την 1η Οκτωβρίου 2000 απαγορεύτηκε η προμήθεια CFCs.

Από την 1η Ιανουαρίου 2001 απαγορεύτηκε η χρήση αυτών των ψυκτικών ουσιών για τη συντήρηση του υπάρχοντος εξοπλισμού. Εξαιρείται η χρήση τους για ορισμένους στρατιωτικούς σκοπούς μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2008.

2. Έλεγχος χρήσης HCFCs – Νέος εξοπλισμός (**Άρθρο 5.1 γ**)

Από την 1η Ιανουαρίου 2001 απαγορεύτηκε η χρήση HCFCs στην κατασκευή νέου εξοπλισμού για όλες τις εφαρμογές ψύξης και κλιματισμού, με εξαίρεση τα αναστρέψιμα συστήματα κλιματισμού / αντλίες θερμότητας, στα οποία απαγορεύεται να χρησιμοποιούνται HCFCs από την 1η Ιανουαρίου 2004 σε κάθε εξοπλισμό που θα παραχθεί μετά την 31η Δεκεμβρίου 2003.

3. Έλεγχος χρήσης HCFCs – Υφιστάμενος εξοπλισμός

Από την 1η Ιανουαρίου 2010 απαγορεύεται η χρήση αχρησιμοποίητων υδροχλωροφθορανθράκων.

Από την 1η Ιανουαρίου 2015 απαγορεύεται η χρήση κάθε είδους HCFCs.

4. Ανάκτηση και καταστροφή (**Άρθρο 16**)

Όλα τα ODS που χρησιμοποιούνται στον εξοπλισμό ψύξης και κλιματισμού πρέπει να ανακτώνται κατά τη συντήρηση και επισκευή του εξοπλισμού ή πριν από τη διάλυση ή την τελική απόσυρσή του. Από την 1η Ιανουαρίου 2001 ανακτημένα CFCs

πρέπει να καταστρέφονται με περιβαλλοντικά αποδεκτή τεχνολογία. Για τα οικιακά ψυγεία και καταψύκτες τα πιο πάνω ισχύουν από την 31η Δεκεμβρίου 2001. Ανακτημένα HCFCs μπορεί είτε να καταστραφούν είτε να επαναχρησιμοποιηθούν μέχρι το 2015.

5. Πρόληψη διαρροών (Άρθρο 17)

Πρέπει να λαμβάνεται κάθε πρακτικά δυνατό προληπτικό μέτρο για την αποτροπή και ελαχιστοποίηση των διαρροών ελεγχόμενων ουσιών. Ο σταθερός εξοπλισμός που περιέχει περισσότερα από **3 kg** ψυκτικής ουσίας ODS πρέπει να ελέγχεται **ετησίως** για τυχόν διαρροές.

Τα κράτη μέλη καθορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις όσον αφορά τα προσόντα του προσωπικού που συντηρεί, επισκευάζει και διατηρεί εξοπλισμό που περιέχει ψυκτικές ουσίες ODS και το αργότερο ως την 1η Δεκεμβρίου 2001, τα κράτη μέλη υποβάλλουν έκθεση στην επιτροπή σχετικά με τις προαναφερθείσες απαιτήσεις προσόντων.

Επιπτώσεις

Η εφαρμογή των κανονισμών είχε, έχει και θα έχει σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην αγορά όσο και στον καταναλωτή. Αυτές μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Οι εισαγωγές χλωροφθορανθράκων (CFCs) ή εξοπλισμού που τους περιέχει έχουν απαγορευτεί. Τα CFCs που βρίσκονται στον εξοπλισμό που θα απορριφθεί πρέπει να αφαιρεθούν και να καταστραφούν με μια περιβαλλοντικά αποδεκτή τεχνολογία.
- Οι εισαγωγές εξοπλισμού ψύξης ή κλιματισμού που περιέχει υδροχλωροφθορανθρακες, συνήθως R22, έχουν απαγορευτεί. Οι χημικές βιομηχανίες έχουν ήδη παραγάγει μια σειρά ψυκτικών μέσων που θα αντικαταστήσουν τα CFCs (όπου είναι δυνατόν και συμφέρον) στις λειτουργούσες ακόμη εγκαταστάσεις με HCFCs ή με HFC ψυκτικά μέσα.
- Οι εγκαταστάτες και συντηρητές ψυκτικού εξοπλισμού απαιτείται να διαθέτουν ειδικές γνώσεις και πείρα για τις διαδικασίες χειρισμού των νέων ψυκτικών ρευστών και λιπαντικών. Από την 1η Ιανουαρίου 2015 απαγορεύεται η χρήση κάθε είδους HCFCs.

Κανονισμός (ΕΚ) 842/2006 για τη χρήση φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου

Ο γενικός στόχος του κανονισμού για τα **φθοριούχα αέρια** είναι η μείωση των εκπομπών φθοριούχων αερίων μέσω μιας σειράς μέτρων ή δράσεων που καλύπτουν όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Ως αποτέλεσμα, ο κανονισμός επηρεάζει διάφορους παράγοντες στη διάρκεια του κύκλου ζωής των φθοριούχων αερίων, στους οποίους περιλαμβάνονται παραγωγοί, εισαγωγείς και εξαγωγείς φθοριούχων αερίων, κατασκευαστές και εισαγωγείς ορισμένων προϊόντων και εξοπλισμού που περιέχει φθοριούχα αέρια και χειριστές του εξοπλισμού αυτού.

Ο κανονισμός ισχύει από τις **4 Ιουλίου 2007** και μεταξύ άλλων, ειδικά σε ό,τι αφορά τους χρήστες εξοπλισμού / συστημάτων που περιέχουν φθοριούχα αέρια, προβλέπει:

1. Πρόληψη διαρροών από ορισμένο εξοπλισμό. Ταχύτερη δυνατή επισκευή ανιχνευθείσας διαρροής (**Άρθρο 3 παράγραφος 1**).

2. Εγκατάσταση, συντήρηση ή επισκευή, συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης διαρροών σε ορισμένα συστήματα και εξοπλισμό, από πιστοποιημένο προσωπικό και επιχειρήσεις (**Άρθρο 5**).
3. Ανάκτηση φθοριούχου αερίου κατά τη διάρκεια συντήρησης ή επισκευής και πριν από την τελική διάθεση προϊόντων και εξοπλισμού (**Άρθρο 4**).
4. Ορισμένος εξοπλισμός υπόκειται σε τακτικούς ελέγχους διαρροής από πιστοποιημένο προσωπικό [ετησίως σε εφαρμογές που περιέχουν άνω των **3 kg** φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου (εκτός από ερμητικά σφραγισμένα συστήματα με λιγότερο από **6 kg**), **ανά εξάμηνο** σε εφαρμογές που περιέχουν άνω των **30 kg**, **ανά τρίμηνο** σε εφαρμογές που περιέχουν άνω των **300 kg**] (**Άρθρο 3 παράγραφος 2**).
5. Τήρηση σχετικών αρχείων για ορισμένο εξοπλισμό (σε συστήματα που περιέχουν άνω των **3 kg** φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου) (**Άρθρο 3 παράγραφος 6**).
6. Εγκατάσταση συστημάτων ανίχνευσης διαρροής σε ορισμένες εφαρμογές (σε εφαρμογές που περιέχουν άνω των **300 kg** φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου) (**Άρθρο 3 παράγραφος 3**).

Ο κανονισμός συμπληρώνεται από 10 κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (εκτελεστικές πράξεις), οι οποίοι καθορίζουν τεχνικές πτυχές ορισμένων διατάξεών του. Δύο από αυτούς είναι ο κανονισμός (**ΕΚ**) **1516/2007**, που αφορά τη θέσπιση των στοιχειωδών προδιαγραφών των ελέγχων για τον εντοπισμό διαρροής σε σταθερό εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας που περιέχουν ορισμένα φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου και ο κανονισμός (**ΕΚ**) **303/2008**, που αφορά τη θέσπιση των ελάχιστων απαιτήσεων και των όρων αμοιβαίας αναγνώρισης για την πιστοποίηση εταιρειών και προσωπικού όσον αφορά τον σταθερό εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας που περιέχει ορισμένα φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με τον κανονισμό (**ΕΚ**) **303/2008** δραστηριότητες όπως ελέγχους για διαρροές, ανάκτηση, εγκατάσταση, συντήρηση ή εξυπηρέτηση εξοπλισμού ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας που περιέχουν ορισμένα φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου μπορεί να εκτελεί μόνο προσωπικό που διαθέτει την κατάλληλη πιστοποίηση. Συγκεκριμένα:

- α) οι κάτοχοι πιστοποιητικού της **κατηγορίας I** μπορούν να ασκούν όλες τις δραστηριότητες, όπως έλεγχοι για διαρροές, ανάκτηση, εγκατάσταση, συντήρηση ή εξυπηρέτηση, σε οποιοδήποτε εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας.
- β) οι κάτοχοι πιστοποιητικού της **κατηγορίας II** μπορούν να ασκούν τις δραστηριότητες ανάκτησης, εγκατάστασης, συντήρησης ή εξυπηρέτησης σε εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας που περιέχει λιγότερο από **3 kg** ή, στην περίπτωση των ερμητικώς σφραγισμένων συστημάτων που φέρουν τη σχετική επισήμανση, λιγότερο από **6 kg** φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου. Σε εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας που περιέχει πάνω από 3 kg, ή 6 kg στην περίπτωση των ερμητικώς σφραγισμένων συστημάτων, φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου μπορούν να διενεργούν ελέγχους διαρροής υπό την προϋπόθεση ότι αυτοί δεν απαιτούν παρέμβαση στο κύκλωμα ψύξης.
- γ) οι κάτοχοι πιστοποιητικού της **κατηγορίας III** μπορούν να ασκούν τη δραστηριότητα της ανάκτησης σε εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας που περιέχει λιγότερο από **3 kg** ή, στην περίπτωση των ερμητικώς σφραγισμένων συστημάτων

που φέρουν τη σχετική επισήμανση, λιγότερο από **6 kg** φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου.

- δ) οι κάτοχοι πιστοποιητικού της **κατηγορίας IV** μπορούν να διενεργούν ελέγχους διαδροής υπό την προϋπόθεση ότι αυτοί δεν απαιτούν παρέμβαση στο κύκλωμα ψύξης το οποίο περιέχει φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου.

Για την καλύτερη κατανόηση των κανονισμών θα αναφερθούμε παρακάτω σε ορισμούς που αναφέρονται στους ευρωπαϊκούς κανονισμούς:

- Ως **«εγκατάσταση»** νοείται η σύνδεση τουλάχιστον δύο τεμαχίων εξοπλισμού ή κυκλωμάτων που περιέχουν ή προορίζονται να περιέχουν ως ψυκτικό μέσο φθοριούχο αέριο θερμοκηπίου, με σκοπό τη συναρμολόγηση συστήματος στον ίδιο τον τόπο λειτουργίας του, συμπεριλαμβανομένων των εργασιών με τις οποίες ψυκτικοί αγωγοί συστήματος συνδέονται για να αποτελέσουν κύκλωμα ψύξης, ανεξαρτήτως της ανάγκης πλήρωσης του συστήματος μετά τη συναρμολόγηση.
- Ως **«συντήρηση ή εξυπηρέτηση»** νοούνται όλες οι δραστηριότητες, πλην της αντικησης και των ελέγχων για διαρροές, οι οποίες απαιτούν παρέμβαση στα συστήματα που περιέχουν ή προορίζονται να περιέχουν φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου. Ειδικότερα, οι δραστηριότητες τροφοδότησης του συστήματος με φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου, απομάκρυνσης ενός ή περισσότερων τεμαχίων του κυκλώματος ή του εξοπλισμού, επανασυναρμολόγησης δύο ή περισσότερων τεμαχίων του κυκλώματος ή του εξοπλισμού, καθώς και επισκευής μετά από διαρροή.
- **«Χειριστής»** ονομάζεται το φυσικό ή νομικό πρόσωπο που είναι όντως υπεύθυνο για την τεχνική λειτουργία του εξοπλισμού και των συστημάτων που εμπίπτουν στον παρόντα κανονισμό. Τα κράτη μέλη μπορούν, σε καθορισμένες και συγκεκριμένες περιστάσεις, να ορίζουν ότι ο κύριος είναι υπεύθυνος για τις υποχρεώσεις του χειριστή.
- **«Διάθεση στην αγορά»** ονομάζεται η παροχή ή διάθεση σε τρίτο, για πρώτη φορά εντός της Κοινότητας, έναντι αμοιβής ή δωρεάν, προϊόντων και εξοπλισμού που περιέχουν φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου ή η λειτουργία των οποίων εξαρτάται από τα αέρια αυτά, και η οποία περιλαμβάνει εισαγωγή στην τελωνειακή επικράτεια της Κοινότητας.
- **«Χρήση»** ονομάζεται η χρησιμοποίηση φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου κατά την παραγωγή, επαναπλήρωση, επισκευή ή συντήρηση προϊόντων και εξοπλισμού που καλύπτονται από τον παρόντα κανονισμό.
- **«Αντλία θερμότητας»** ονομάζεται συσκευή ή εγκατάσταση που αφαιρεί θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας από τον αέρα, το νερό ή το έδαφος και παρέχει θερμότητα.
- **«Σύστημα ανίχνευσης διαρροής»** ονομάζεται βαθμονομημένη μηχανική, ηλεκτρική ή ηλεκτρονική συσκευή, η οποία ανιχνεύει τη διαρροή φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου και ειδοποιεί το χειριστή.
- **«Ερμητικά σφραγισμένο σύστημα»** ονομάζεται σύστημα στο οποίο όλα τα μέρη που περιέχουν ψυκτικό μέσο στεγανοποιούνται με αυτογενή ή ετερογενή συγκόλληση ή με παρόμοια μόνιμη σύνδεση που μπορεί να περιλαμβάνει σφραγισμένα ή προστατευμένα σημεία πρόσβασης τα οποία καθιστούν δυνατή την κατάλληλη επιδιόρθωση ή τελική διάθεση και έχουν διαπιστωμένη ποσότητα διαρροής λιγότερο από 3 γραμμάρια ετησίως υπό πίεση τουλάχιστον ενός τετάρτου της μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης.

- «**Περιέκτης**» ονομάζεται προϊόν κυρίως για τη μεταφορά ή την αποθήκευση φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου.
- «**Περιέκτης μιας χρήσεως**» ονομάζεται περιέκτης ο οποίος είναι σχεδιασμένος για να μην επαναπληρώνεται και ο οποίος χρησιμοποιείται για την επισκευή, τη συντήρηση ή την πλήρωση εξοπλισμού ψύξης, κλιματισμού ή αντλίας θερμότητας, για συστήματα πυροπροστασίας ή για εξοπλισμό μεταγωγής υψηλής τάσης ή για την αποθήκευση ή τη μεταφορά διαλυτών που περιέχουν φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου.
- «**Ανάκτηση**» ονομάζεται η συλλογή και αποθήκευση φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου, π.χ. από μηχανήματα, εξοπλισμό και περιέκτες.
- «**Ανακύκλωση**» ονομάζεται η επαναχρησιμοποίηση ανακτηθέντος φθοριούχου αερίου του θερμοκηπίου μετά από διαδικασία βασικού καθαρισμού.
- «**Ποιοτική αποκατάσταση**» ονομάζεται η επανεπεξεργασία ανακτηθέντος φθοριούχου αερίου του θερμοκηπίου προκειμένου να επιτευχθεί συγκεκριμένο πρότυπο επιδόσεων.



Ανακεφαλαίωση

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια περιγραφή των ψυκτικών ρευστών. Παρουσιάστηκε το φαινόμενο της τρύπας του όζοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και δείκτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με αυτά. Ακολούθησε η περιγραφή των τρόπων αντιμετώπισης των δυσμενών συνεπειών από τη χρήση των ψυκτικών μέσων και η εισαγωγή των ευρωπαϊκών κανονισμών (ΕΚ) 2037/2000, 842/2006, 303/208. Όλα όσα αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο συνδέονται άμεσα με το 4ο και το 6ο Κεφάλαιο.

ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ - ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ



Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να συντελέσουν στη διαφυγή του ψυκτικού μέσου ενός ψυκτικού-κλιματιστικού συστήματος. Ο τεχνικός ψυκτικός καλείται να αποκαταστήσει το σύστημα αλλά και να αποκλείσει κατά το δυνατό την επανάληψη της διαρροής. Η αποτελεσματική επέμβασή του εξαρτάται άμεσα από τη γνώση των παραγόντων που οδηγούν σε διαρροή αλλά και των μεθόδων που πρέπει να χρησιμοποιήσει για να εντοπίσει την πηγή της. Ο εντοπισμός του σημείου ή των σημείων της διαρροής δεν είναι πάντα εύκολος και ο τεχνικός ψυκτικός πρέπει να είναι σε θέση να επιλέξει την κατάλληλη μέθοδο ελέγχου ή να συνδυάσει διάφορες μεθόδους, άμεσες ή έμμεσες, ανάλογα με τις προδιαγραφές και τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες του συστήματος. Η ορθή και αποτελεσματική χρήση καθώς και η ερμηνεία των ενδείξεων των οργάνων και συσκευών ελέγχου αποτελεί μία από τις βασικότερες προϋποθέσεις για την αντιμετώπιση της βλάβης.



Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα

Να είναι σε θέση οι καταρτιζόμενοι:

- Να καταγράφουν σε αρχείο τα δεδομένα του συστήματος που ελέγχουν.
- Να συντάσσουν έκθεση με τους ελέγχους που πραγματοποίησαν στο σύστημα.
- Να χειρίζονται επιδέξια τα μετρητικά όργανα ελέγχου ώστε να ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές.
- Να χειρίζονται επιδέξια και με ευχέρεια τις συσκευές και τα εργαλεία δημιουργίας κενού και ανάκτησης.
- Να αναφέρουν και να περιγράφουν συνοπτικά τους έμμεσους και άμεσους τρόπους ελέγχου των διαρροών.
- Να ερμηνεύουν τις ενδείξεις και τη συμπεριφορά των συσκευών ελέγχου.



Έννοιες κλειδιά – Ορολογία

Ανοχή συστήματος, στεγανότητα συστήματος, εκκένωση συστήματος, άμεσες μέθοδοι ελέγχου διαρροών, έμμεσες μέθοδοι ελέγχου διαρροών, ανάκτηση, ανακύκλωση, αναγέννηση, πλήρωση ή φόρτιση, προσθήκη ή συμπλήρωση, έλεγχος πλήρωσης, υπόψυξη, υπερθέρμανση.

4.1 Έλεγχος της αντοχής και της στεγανότητας του συστήματος

Όλα τα συστήματα ψύξης - κλιματισμού που περιέχουν φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου πρέπει να υποστούν ελέγχους υπό πίεση για να εξακριβωθεί η αντοχή τους και η στεγανότητά τους ως προς διαρροές.



Φιάλη αζώτου με ρυθμιστή πίεσης και μανόμετρα

Ο έλεγχος της αντοχής του συστήματος πρέπει να γίνεται με συμπίεση αζώτου βάσει των αρχείων του. Η πίεση ελέγχου πρέπει να είναι 1,4 φορές μεγαλύτερη από τη μέγιστη πίεση λειτουργίας του συστήματος (η μέγιστη πίεση λειτουργίας του συστήματος εξαρτάται από τη μέγιστη θερμοκρασία συμπύκνωσης, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τη μέγιστη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου και η οποία συνήθως σχετίζεται με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος). Σε πολλά συστήματα θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός των πλευρών υψηλής και χαμηλής πίεσης – η πλευρά χαμηλής πίεσης δεν θα πρέπει να υπόκειται στον έλεγχο πίεσης της πλευράς υψηλής πίεσης – εκτός και αν όλα τα εξαρτήματα μπορούν να ανταπεξέλθουν στις πιέσεις αυτές. Η πίεση ελέγχου πρέπει να κρατηθεί σταθερή για τουλάχιστον 15 λεπτά και μετά να ελαττώνεται μέχρι τη μέγιστη

πίεση λειτουργίας για να διενεργηθεί ο έλεγχος της στεγανότητας.

Κατά τη διάρκεια ελέγχων για στεγανότητα ως προς διαρροές, όλες οι συνδέσεις θα πρέπει να ελέγχονται ως προς διαρροές (π.χ. με σαπουνό νερο). Το σύστημα θα πρέπει να παραμείνει υπό την πίεση ελέγχου όσο το δυνατόν περισσότερο (για παράδειγμα τουλάχιστον 24 ώρες) και κάθε αλλαγή πίεσης πρέπει να παρακολουθείται. Εάν η πίεση μειώνεται εξαιτίας διαρροών (μπορεί αυτό να οφείλεται και στο ότι η πίεση του αζώτου αλλάζει, όταν αλλάζει και η θερμοκρασία περιβάλλοντος), η διαρροή πρέπει να εντοπιστεί, να επισκευαστεί και το σύστημα να ελεγχθεί εκ νέου πριν την πλήρωση.

Εκκένωση του συστήματος

Τα συστήματα θα πρέπει να εκκενώνονται, με τη βοήθεια μιας αντλίας κενού, για την απομάκρυνση των μη συμπυκνώσιμων αερίων και υγρασίας. Μη συμπυκνούμενα αέρια και τυχόν υγρασία μέσα στο ψυκτικό κύκλωμα προκαλούν λειτουργικά προβλήματα και μειώνουν την ψυκτική απόδοση του συστήματος. Τα μη συμπυκνούμενα αέρια καταλαμβάνουν ζωτικό όγκο στο συμπυκνωτή με αποτέλεσμα να μειώνεται η ενεργός επιφάνειά του και να έχουμε αυξημένες πιέσεις λειτουργίας. Η παρουσία υγρασίας δημιουργεί διαβρώσεις στα διάφορα εξαρτήματα της ψυκτικής μηχανής, αποσύνθεση του ψυκτικού μέσου, διάλυση του ψυκτελαίου κ.λπ. Για αποτελεσματική εκκένωση θα πρέπει:

- Η αντλία κενού να είναι διβάθμια και να συνδέεται και με τις δύο πλευρές του συστήματος.
- Το κενό να μετρηθεί χρησιμοποιώντας μετρητή κενού.
- Να βεβαιωθείτε πως δεν υπάρχουν απομονωμένα σημεία του συστήματος (π.χ. εάν υπάρχουν ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες θα πρέπει ανοίγονται).
- Το σύστημα να εκκενωθεί μέχρι την τιμή των 500 microns (29,9 in Hg ή 0,67 mbar) για κενό σε νέα συστήματα και 1000 microns (59,8 in Hg ή 1,33 mbar) για ήδη υπάρχοντα συστήματα.

- Να χρησιμοποιείται η διαδικασία του τριπλού κενού η οποία είναι πιο αποτελεσματική διαδικασία κενού από το βαθύ κενό. Στο τριπλό κενό η διαδικασία κενού διενεργείται σε τρία στάδια (κενό, μετά από 20 λεπτά σπάσιμο του κενού με άζωτο, μετά 15 λεπτά κενό, μετά από 20 λεπτά σπάσιμο του κενού με άζωτο, μετά 15 λεπτά κενό, κράτημα του κενού για 20 λεπτά).
- Να έχετε υπόψη ότι η διαδικασία του κενού σε ένα σύστημα δεν μπορεί να χρονολογηθεί γι' αυτό δεν πρέπει να κάνετε κενό βάσει χρόνου.

Πρακτική εφαρμογή

Δημιουργία κενού σε ψυκτικό σύστημα

1. Συνδέστε τους εύκαμπτους σωλήνες του σετ των μανομέτρων στις βαλβίδες service του συστήματος.
2. Φέρτε τις βαλβίδες service στην ενδιάμεση θέση.
3. Προσαρμόστε τον μεσαίο σωλήνα του σετ των μανομέτρων στην αντλία κενού.
4. Βάλτε σε λειτουργία την αντλία και στη συνέχεια ανοίξτε τις βάνες των μανομέτρων.
5. Όταν επιτευχθεί το κατάλληλο κενό κλείστε τις βάνες των μανομέτρων, σταματήστε την αντλία κενού και περιμένετε για 10 λεπτά παρακολουθώντας το μανόμετρο χαμηλής πίεσης. Αν η πίεση δεν ανέβει, τότε έχει γίνει ένα καλό κενό στο σύστημα. Αν η πίεση αυξηθεί, σημαίνει ότι υπάρχει διαρροή στο σύστημα και θα πρέπει να βάλετε πίεση στο σύστημα για να εντοπίσετε τη διαρροή, να τη διορθώσετε και στη συνέχεια να επαναληφθεί η διαδικασία δημιουργίας κενού.

Καταγραφή δεδομένων συστήματος σε αρχείο

Οι χειριστές εφαρμογών που περιέχουν άνω των **3 kg φορτίου φθοριούχου αερίου** –ανεξαρτήτως αν το σύστημα είναι ερμητικά σφραγισμένο ή όχι– οφείλουν να τηρούν αρχεία σχετικά με τον εξοπλισμό και να τα διαθέτουν στην αρμόδια εθνική αρχή ή στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατόπιν σχετικής αίτησης.

Τα αρχεία σχετικά με τον εξοπλισμό (βλ. δείγμα εντύπου παρακάτω) πρέπει να περιέχουν τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Ονοματεπώνυμο, ταχυδρομική διεύθυνση, αριθμό τηλεφώνου του χειριστή.
- Πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα και τον τύπο φθοριούχου αερίου που έχει εγκατασταθεί (εάν δεν αναφέρονται στις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή ή στην επισήμανση, πρέπει να προσδιορίζονται από πιστοποιημένο προσωπικό).
- Ημερομηνίες και αποτελέσματα ελέγχου αντοχής και ελέγχου στεγανότητας.
- Ποσότητες φθοριούχων αερίων που προστέθηκαν.
- Ποσότητες φθοριούχων αερίων που ανακτώνται κατά τη συντήρηση ή την επισκευή και την τελική διάθεση.
- Προσδιοριζόμενη αιτία της ανιχνευθείσας διαρροής.
- Ταυτότητα της εταιρείας / του προσωπικού που εκτέλεσε τις σχετικές εργασίες.
- Ημερομηνίες και αποτελέσματα των τακτικών ελέγχων διαρροών.
- Ημερομηνίες και αποτελέσματα των ελέγχων του συστήματος ανίχνευσης διαρροών (εφόσον είναι εγκατεστημένο).
- Οποιαδήποτε άλλη σχετική πληροφορία.

Αρχείο σχετικά με τον εξοπλισμό					
Όνοματεπώνυμο χειριστή					
Ταχυδρομική διεύθυνση					
Αριθμός τηλεφώνου					
Όνομα εξοπλισμού		Αριθμός αναφοράς			
Περιγραφή		Ερμητικά σφραγισμένο;		Ναι / Όχι	
Τόπος		Ημερομηνία εγκατάστασης			
Τύπος ψυκτικού μέσου		Φορτίο ψυκτικού μέσου [kg]			
Διεξαγωγή ελέγχου αντοχής και στεγανότητας					
Ημερομηνία	Τεχνικός / εταιρεία επισκευής	Αποτέλεσμα ελέγχου αντοχής	Αποτέλεσμα ελέγχου στεγανότητας		
Προσθήκη ψυκτικού μέσου					
Ημερομηνία	Τεχνικός / εταιρεία επισκευής	Τύπος ψυκτικού μέσου	Προσθεθείσα ποσότητα [kg]	Λόγος προσθήκης	
Ανάκτηση / Απομάκρυνση ψυκτικού μέσου					
Ημερομηνία	Τεχνικός / εταιρεία επισκευής	Τύπος ψυκτικού μέσου	Ποσότητα που απομακρύνθηκε[kg]	Λόγος ανάκτησης / απομάκρυνσης	
Έλεγχοι διαρροών (συμπεριλαμβανομένων των επακόλουθων ελέγχων)					
Ημερομηνία	Τεχνικός / εταιρεία επισκευής	Περιοχές που ελέγχθηκαν	Αποτέλεσμα	Ληφθέντα μέτρα	Απαιτείται επακόλουθος έλεγχος;
Δραστηριότητες συντήρησης ή επισκευής					
Ημερομηνία	Τεχνικός / εταιρεία επισκευής	Εμπλεκόμενες περιοχές	Εργασίες συντήρησης ή επισκευής που έγιναν	Παρατηρήσεις	
Δοκιμή αυτόματου συστήματος ανίχνευσης διαρροών (εφόσον υπάρχει)					
Ημερομηνία	Τεχνικός / εταιρεία επισκευής	Αποτέλεσμα		Παρατηρήσεις	
Άλλες σχετικές πληροφορίες					
Ημερομηνία	Σχόλια				

4.2 Έλεγχος για διαρροές

Σύμφωνα με τον κανονισμό για τα φθοριούχα αέρια (842/2006), όλοι οι χειριστές σταθερών εφαρμογών ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας, ανεξάρτητα από την ποσότητα του περιεχόμενου ψυκτικού μέσου, θα πρέπει να προλαμβάνουν τη διαρροή και να επισκευάζουν τις διαρροές το ταχύτερο δυνατό μετά την ανίχνευσή τους, χρησιμοποιώντας όλα τα μέτρα που είναι τεχνικώς εφικτά και δεν συνεπάγονται δυσανάλογο κόστος. Επίσης οι χειριστές εφαρμογών που περιέχουν **3 kg ή περισσότερα φθοριούχου αερίου** ως ψυκτικού μέσου (**6 kg ή περισσότερα στην περίπτωση ερμητικά σφραγισμένων συστημάτων** που φέρουν σχετική επισήμανση) είναι υπεύθυνοι να διασφαλίζουν τη διενέργεια ελέγχων για διαρροές ανά τακτά διαστήματα. Η συχνότητα ελέγχου ανάλογα με τη ποσότητα ψυκτικού ορίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Ποσότητα HFC	Συχνότητα ελέγχου για διαρροές (όταν δεν υπάρχει μόνιμο σύστημα ανίχνευσης διαρροών)	Συχνότητα ελέγχου για διαρροές (όταν υπάρχει μόνιμο σύστημα ανίχνευσης διαρροών)
Κάτω από 3 kg (6 kg για ερμητικά συστήματα)	Δεν χρειάζεται	Δεν χρειάζεται
3 ως 30 kg (6 ως 30 kg για ερμητικά συστήματα)	Κάθε 12 μήνες	Κάθε 12 μήνες
30 ως 300 kg	Κάθε 6 μήνες	Κάθε 12 μήνες
Πάνω από 300 kg (σύστημα ανίχνευσης διαρροών υποχρεωτικό)	Κάθε 3 μήνες	Κάθε 6 μήνες

Έμμεσες μέθοδοι ελέγχου διαρροών

Οι έμμεσες μέθοδοι μέτρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις περιπτώσεις που η εξέλιξη της διαρροής είναι βραδεία και όταν ο εξοπλισμός είναι τοποθετημένος σε καλά αεριζόμενο χώρο που καθιστά δυσχερή την ανίχνευση της διαφυγής φθοριούχων αερίων θερμοκηπίου στον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι άμεσες μέθοδοι μέτρησης είναι απαραίτητες για τον επακριβή εντοπισμό του σημείου διαρροής.

Μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες καταστάσεις συνιστά ένδειξη διαρροής, όμως συχνά δεν παρέχουν έγκαιρη προειδοποίηση:

- Ανεπαρκής ψυκτική απόδοση του εξοπλισμού ή σχηματισμός πάγου.
- Οπτικές ενδείξεις (όπως κηλίδες λαδιού).
- Εμφάνιση κηλίδων λαδιού ή υπολειμμάτων πάνω στους σωλήνες είναι ενδείξεις διαρροής και δεν θα πρέπει να παραβλέπονται, πλην όμως αυτό δεν είναι αξιόπιστο για ολόκληρο το σύστημα, επειδή πολλές συναρμογές δεν είναι ορατές.
- Δημιουργία φυσαλίδων στο δείκτη ροής (γυαλάκι).
- Συνήθως η παρουσία φυσαλίδων σημαίνει έλλειψη ψυκτικού. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που η παρουσία φυσαλίδων μπορεί να μη σημαίνει έλλειψη ψυκτικού (μίγματα ψυκτικών, φράξιμο της γραμμής της υψηλής πριν το δείκτη ροής, ατμοσφαιρικός αέρας στο κύκλωμα κ.λπ.).

- Ασυνήθιστοι θόρυβοι ή δονήσεις.
- Ενδείξεις βλάβης σε διακόπτες ασφαλείας, διακόπτες πίεσης, μετρητές και συνδέσεις αισθητήρων.
- Αποκλίσεις από τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας οι οποίες προκύπτουν από τις παραμέτρους που αναλύθηκαν, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων πραγματικού χρόνου από ηλεκτρονικά συστήματα. Η πώση της πίεσης αναρρόφησης, ο βαθμός της υπόψυξης και της υπερθέρμανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενδείξεις για απώλεια ψυκτικού. Βέβαια, οι μετρήσεις αυτές είναι χρήσιμες μόνο αν μπορούν να συγκριθούν με τις τιμές λειτουργίας του συστήματος με πλήρη φόρτιση.
- Όταν ένα σταθερό σύστημα ανίχνευσης διαρροής δείχνει ότι συμβαίνει διαρροή.

Άμεσες μέθοδοι ελέγχου διαρροών

Εάν κατά την έμμεση μέθοδο ελέγχου διαρροών διαπιστώθηκε οποιαδήποτε ένδειξη διαρροής, τότε σύμφωνα με τον κανονισμό για τον εντοπισμό διαρροής το πιστοποιημένο προσωπικό χρησιμοποιεί μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες μεθόδους μέτρησης:

- **Με σπρέι ανίχνευσης ή σαπουνοδιάλυμα**
- **Με ηλεκτρονικούς ανιχνευτές διαρροών**
- **Με λυχνία υπεριώδων ακτίνων**

Σπρέι ανίχνευσης ή σαπουνοδιάλυμα

Το σαπουνοδιάλυμα απλώνεται στα ύποπτα σημεία διαρροής και εάν υπάρχει διαρροή σχηματίζονται φυσαλίδες ή ελαστικές φουσκάλες. Το σπρέι ανίχνευσης διαρροών έχει δράση παρόμοια με το σαπουνοδιάλυμα και είναι ευρέως διαθέσιμο σε δοχεία αεροζόλ. Η μέθοδος αυτή αξίζει να εφαρμόζεται αν είναι περίπου γνωστή η περιοχή της διαρροής.

Ηλεκτρονικοί ανιχνευτές διαρροών

Ανιχνεύουν ατμούς ψυκτικού μέσου, ανεξάρτητα από τη χημική τους σύσταση. Σε περίπτωση ανίχνευσης ψυκτικού δίνουν ένα ηχητικό σήμα ή μια ένδειξη στην οθόνη. Μερικά μειονεκτήματά τους είναι ότι δεν ρυθμίζονται, έχουν μεγάλη ευαισθησία και μπορεί να ενεργοποιούνται και από άλλα αέρια.

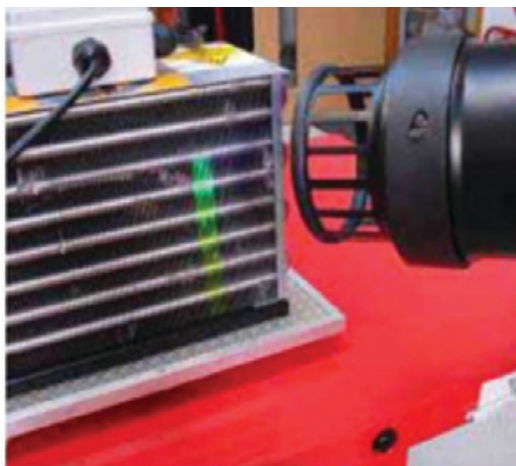


Ανάλογα με τις μεθόδους ανίχνευσης που χρησιμοποιούν υπάρχουν τρεις τύποι ανιχνευτών διαρροών: ηλεκτρικής εκκένωσης, θερμαινόμενης διόδου και υπέρυθρης απορρόφησης.

Σύμφωνα με τον κανονισμό για τα φθοριούχα αέρια απαιτείται οι ηλεκτρικοί ανιχνευτές διαρροών να είναι ευαίσθητοι σε διαρροή της τάξεως των 5 g/έτος και να ελέγχονται ετησίως για να εξασφαλίζεται η ορθή λειτουργία τους.

Λυχνία υπεριώδων ακτίνων

Με την ειδική αυτή λυχνία ανιχνεύονται ουσίες οι οποίες, αφού προηγουμένως έχουν εισαχθεί στο ψυκτικό κύκλωμα, έχουν την ιδιότητα να φθορίζουν όταν πέσει πάνω τους υπεριώδες φως. Αν υπάρχει διαρροή, θα διαρρεύσει μαζί με το ψυκτικό και η φθορίζουσα ουσία, οπότε μπορεί να ανιχνευθεί, γιατί στη περιοχή της διαρροής θα φανεί ένα λαμπερό κίτρινοπράσινο χρώμα μόλις πέσει πάνω της το υπεριώδες φως.

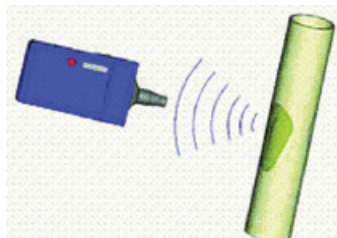


Η ποσότητα της φθορίζουσας ουσίας καθορίζεται από την ποσότητα του λαδιού στο σύστημα. Εάν χρησιμοποιηθεί πάρα πολύ ή πολύ λίγο πρόσθετο, η μέθοδος αυτή δεν θα είναι αποτελεσματική. Μετά την εισαγωγή στο κύκλωμα ρευστού για ανίχνευση UV ή της κατάλληλης χρωστικής ουσίας, θα πρέπει το σύστημα να λειτουργήσει για κάποιες ώρες ώστε το πρόσθετο να κυκλοφορήσει σε ολόκληρο το σύστημα.

Η έγχυση διενεργείται μόνον εάν ο κατασκευαστής του εξοπλισμού εγκρίνει αυτές τις μεθόδους ανίχνευσης ως

τεχνικώς εφικτές, διότι διαφορετικά η χρήση του μπορεί να επιφέρει άρση της εγγύησης του συμπιεστή. Η μέθοδος εφαρμόζεται από προσωπικό πιστοποιημένο να εκτελεί δραστηριότητες οι οποίες συνεπάγονται παρέμβαση σε κύκλωμα ψύξης που περιέχει φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου.

Ανιχνευτές υπερήχων



Αυτή η μέθοδος δεν είναι μια από τις υποδεικνυόμενες των κανονισμών για τα φθοριούχα αέρια, αλλά μπορεί να καταστεί χρήσιμη σε μερικές περιπτώσεις. Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην ανίχνευση υπερήχου που δημιουργείται κατά τη στροβιλώδη ροή αερίων και υγρών.

Μόνιμα συστήματα ανίχνευσης διαρροών

Σε εφαρμογές που περιέχουν **300 kg και άνω φθοριούχου αερίου** ως ψυκτικό μέσο πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνιμα συστήματα ανίχνευσης διαρροών, τα οποία όταν ανιχνεύουν διαρροή ειδοποιούν το χειριστή. Η ορθή λειτουργία του συστήματος ανίχνευσης διαρροών πρέπει να ελέγχεται τουλάχιστον μια φορά το χρόνο.

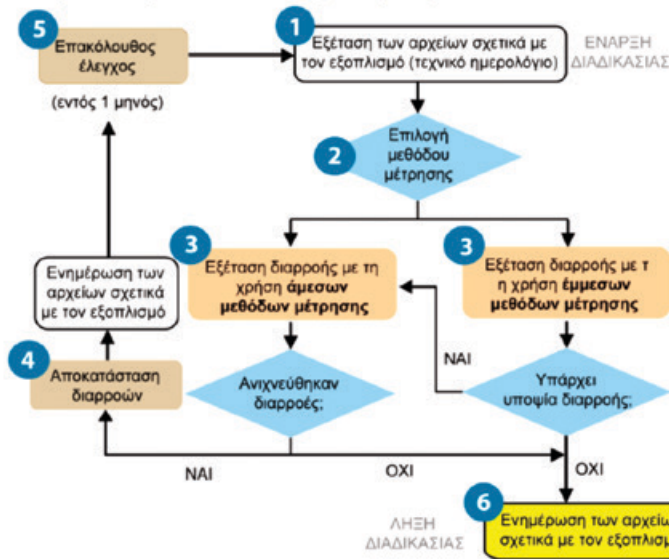
Οι κύριοι τύποι μόνιμων συστημάτων ανίχνευσης διαρροών είναι:

- **Άμεσα συστήματα**, τα οποία χρησιμοποιούν αισθητήρες. Εγκαθίστανται στο μηχανοστάσιο ή, εάν δεν υπάρχει μηχανοστάσιο, όσο το δυνατόν πιο κοντά στο συμπιεστή και η ευαισθησία τους πρέπει να επιτρέπει την αποτελεσματική ανίχνευση διαρροών.
- **Έμμεσα συστήματα**, τα οποία μετρούν τις παραμέτρους του συστήματος για να καθορίσουν αν η ποσότητα του ψυκτικού ελαττώνεται.

Οποιαδήποτε ένδειξη διαρροής φθοριούχου αερίου υποδεικνύεται από το σταθερό σύστημα ανίχνευσης διαρροών πρέπει να διερευνάται με έλεγχο του συστήματος για τον εντοπισμό και, εφόσον ενδείκνυται, την επισκευή της διαρροής.

Διαδικασία ελέγχου για διαρροές

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) 1516/2007 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής οι στοιχειώδεις έλεγχοι για τον εντοπισμό διαρροής δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Τα βήματα 1 έως 3 πρέπει να εκτελούνται πάντοτε. Εάν δεν υπάρχει υποψία διαρροής (έμμεσες μέθοδοι μέτρησης) ή ανίχνευση διαρροής (άμεσες μέθοδοι μέτρησης), η διαδικασία ολοκληρώνεται με την ενημέρωση των αρχείων σχετικά με τον εξοπλισμό (βήμα 6). Εάν ανιχνευθούν διαρροές, πρέπει να επισκευαστούν το ταχύτερο δυνατόν και να διεξαχθεί εκ νέου πλήρης έλεγχος μέσα σε διάστημα ενός μηνός από την ημερομηνία επισκευής.

1. Εξέταση των αρχείων σχετικά με τον εξοπλισμό

Πριν από κάθε έλεγχο διαρροής ο τεχνικός πρέπει να ανατρέχει στα αρχεία σχετικά με τον εξοπλισμό για να γνωρίζει τις εργασίες που έχουν γίνει στον εξοπλισμό, αν υπήρχαν διαρροές και σε ποια σημεία, καθώς και τις διορθωτικές ενέργειες που έγιναν. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις πληροφορίες που αφορούν επαναλαμβανόμενα προβλήματα.

2. Επιλογή μεθόδου μέτρησης

Πριν από κάθε έλεγχο ο τεχνικός εξετάζει οπτικά τα μέρη του εξοπλισμού που πρέπει να ελέγχονται συστηματικά, όπως σφαιρικές βαλβίδες και βαλβίδες ασφαλείας, βαλβίδες schrader, συναρμογές τύπου flare, μηχανικές συναρμογές και φλάντζες, άξονες (σε συμπιεστές ανοιχτού τύπου), ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης, συμπυκνωτές, βαλβίδες, πρεσοστάτες, στεγανοδακτύλιοι, τριχοειδείς σωλήνες, γωνιές «U» στους ατμοποιητές και συμπυκνωτές. Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου (έμμεσης ή άμεσης) ελέγχου για διαρροές.

3. Έλεγχος για διαρροές με έμμεση ή άμεση μέθοδο

Ελέγχεται όλο το σύστημα για διαρροές με έμμεση ή άμεση μέθοδο. Αν μια διαρροή δεν μπορεί να ανιχνευθεί με καμία από τις παραπάνω μεθόδους, το ψυκτικό μέσο θα πρέπει

να ανακτηθεί και το σύστημα να συμπιεστεί με ξηρό (χωρίς οξυγόνο) άζωτο ώστε να γίνει έλεγχος διαρροών υπό πίεση. Τα σημαντικά σημεία στα οποία πρέπει να δίνεται προσοχή όταν πραγματοποιείται ένας έλεγχος στεγανότητας είναι:

- Μια πίεση ως 10 bar είναι συνήθως επαρκής για την ανίχνευση μιας διαρροής.
- Ο ρυθμιστής πίεσης της φιάλης αζώτου πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση και να μην παρέχει πίεση εξόδου πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι χρειάζεται.
- Ο ρυθμιστής θα πρέπει να είναι αρχικά κλειστός και να ανοιχθεί αργά όταν όλοι οι σύνδεσμοι στο σύστημα είναι σφικτά προσαρμοσμένοι και οι βαλβίδες εισόδου είναι ανοικτές. Η πίεση θα πρέπει να αυξάνεται σιγά σιγά.

4. Επισκευή διαρροών

Οι ανιχνευόμενες διαρροές πρέπει να επισκευάζονται το συντομότερο δυνατόν. Εάν χρειάζεται, πριν από την επισκευή πρέπει να πραγματοποιείται ανάκτηση του ψυκτικού από το σύστημα (αναλυτικά θα αναφερθούμε παρακάτω), ακολουθούμενη από δοκιμή διαρροής με άζωτο και, ακολούθως, εκκένωση, επαναπλήρωση και δοκιμή στεγανότητας.

5. Επακόλουθος έλεγχος

Μετά την αποκατάσταση των διαρροών, μέσα σε διάστημα ενός μηνός πρέπει να διεξαχθεί επακόλουθος έλεγχος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε μέρη όπου διαπιστώθηκαν και επισκευάστηκαν διαρροές, καθώς και σε γειτονικά μέρη που καταπονήθηκαν κατά την επισκευή. Ο επακόλουθος έλεγχος πρέπει να ακολουθεί τις στοιχειώδεις προδιαγραφές ελέγχου για τον εντοπισμό διαρροής.

6. Ενημέρωση των αρχείων σχετικά με τον εξοπλισμό

Τα αρχεία σχετικά με τον εξοπλισμό πρέπει να ενημερώνονται μετά από κάθε έλεγχο (εάν υπήρχε διαρροή και την επιδιόρθωσή της, εάν διαπιστώθηκε το αίτιό της ώστε να αποφευχθεί επανάληψή της, και γενικά όλα τα στοιχεία με τις ενέργειες που έγιναν).

4.3 Χειρισμός του συστήματος και του ψυκτικού μέσου

Σύνδεση και αποσύνδεση των μετρητών ελέγχου και των γραμμών

Η παρουσία αέρα στο ψυκτικό κύκλωμα και στους ελαστικούς σωλήνες του σετ των μανομέτρων προκαλεί λειτουργικά προβλήματα και μειώνει την ψυκτική απόδοση του συστήματος. Γι' αυτό θα πρέπει πάντα να αφαιρείται ο ατμοσφαιρικός αέρας τόσο από το κύκλωμα όσο και από τους ελαστικούς σωλήνες.

Η σύνδεση και αποσύνδεση των μετρητών ελέγχου, της συσκευής ανάκτησης και των γραμμών πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές. Οι ενέργειες που πρέπει να γίνονται είναι οι εξής:

- Πριν τη σύνδεση του σετ των μανομέτρων στο ψυκτικό κύκλωμα θα πρέπει να χρησιμοποιείτε την αντλία κενού για να αδειάσετε τους ελαστικούς σωλήνες (λάστιχα) από τον ατμοσφαιρικό αέρα (τα λάστιχα θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με ειδικά βανάκια, έτσι ώστε, κλείνοντας αυτά τα βανάκια, να μπορεί να γίνει αποσύνδεση χωρίς να χαθεί το κενό).
- Όταν συνδέετε τα λάστιχα των μανομέτρων στο σύστημα για έλεγχο και ολοκληρωθεί αυτός, κλείνετε πρώτα τη βαλβίδα service της κατάθλιψης (και το βανάκι του ελαστικού σωλήνα της υψηλής πίεσης), και ανοίγετε τις βάνες υψηλής και χαμηλής

πίεσης (σιγά σιγά) των μανομέτρων, με τη μεσαία υποδοχή κλειστή. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα θα απορροφήσει το αέριο από το λάστιχο της υψηλής πίεσης

- Όταν η πίεση στα μανόμετρα είναι η χαμηλή πίεση λειτουργίας του συστήματος, κλείνετε τις βάνες των μανομέτρων, τη βαλβίδα service της αναρρόφησης και το βανάκι του ελαστικού σωλήνα. Στη συνέχεια μπορείτε να αφαιρέσετε τα λάστιχα από το σύστημα.

Χρήση εξοπλισμού ανάκτησης

Ανάκτηση ή συλλογή (Recovery) ενός ψυκτικού ρευστού είναι η διαδικασία της αφαίρεσης του ψυκτικού ρευστού από το σύστημα και η αποθήκευσή του σε μία φιάλη.

Εκ πρώτης όψεως είναι απλό να συλλέγει κανείς ψυκτικό ρευστό από ένα σύστημα και να το βάζει σε μια φιάλη. Ωστόσο, η απλή αυτή διαδικασία μπορεί να γίνει προβληματική αν αγνοηθούν κάποιοι κανόνες. Τα παρακάτω είναι μερικά στοιχεία και σημεία που μπορούν να βοηθήσουν ώστε η διαδικασία της ανάκτησης να γίνει πιο γρήγορα και ομαλότερα:

- Πρώτον, πρέπει να αναγνωρίσετε τον τύπο του συστήματος που συντηρείτε και σε τι κατάσταση βρίσκεται.
- Δεύτερον, αν προσδιορίσετε ότι έχει καεί συμπιεστής, χρειάζεστε ειδική φιάλη service που χρησιμοποιήθηκε πάλι σε τέτοιου είδους συστήματα και πρέπει να χρησιμοποιήσετε επιπρόσθετα φίλτρα για την ανάκτηση.
- Τρίτον, αν γνωρίζετε ότι το ψυκτικό ρευστό στο σύστημα είναι καθαρό ή σχετικά καινούριο, τότε πρέπει να χρησιμοποιήσετε μια καινούρια φιάλη service.
- Τέταρτον, αν πρέπει να επανατοποθετήσετε το ανακτώμενο ψυκτικό ρευστό στο ίδιο σύστημα αφού τελειώσετε τη συντήρηση, ή αν το ψυκτικό πρόκειται να ανακυκλωθεί, τότε χρησιμοποιήστε μια φιάλη που έχει το ίδιο ρευστό. Επομένως, πρέπει να έχετε το λιγότερο μια φιάλη για κάθε τύπο γνωστού ψυκτικού ρευστού και επιπλέον μία για άγνωστα ψυκτικά ρευστά και για καμένα συστήματα, η δε πλήρωση να γίνεται μέχρι το 80% της χωρητικότητάς τους.

Γνωρίζοντας, λοιπόν, τον τύπο και την ποσότητα του ψυκτικού ρευστού του συστήματος, μπορείτε να προγραμματίσετε τις απαιτήσεις για την αποθήκευσή του κατά την ανάκτηση. Ωστόσο, πρέπει να προσέχετε τα συστήματα που έχουν περισσότερο από 2,5 kg ψυκτικό ρευστό διότι είναι πιθανό να υπάρχουν περιοχές όπου μπορεί να παγιδευτεί ένα μέρος του.



Εξοπλισμός ανάκτησης

Για τη γρήγορη διαδικασία ανάκτησης του ψυκτικού ρευστού από το σύστημα πρέπει να αφαιρέσετε πρώτα το υγρό και στη συνέχεια το αέριο. Όμως, στα περισσότερα συστήματα δεν είναι εύκολη η ανάκτηση. Αυτό γίνεται γιατί δεν υπάρχουν σημεία πρόσβασης στα χαμηλότερα σημεία του συστήματος, όπου πιθανόν να συγκεντρώνεται το ψυκτικό υγρό. Οπότε, σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να ζεστάνετε το παγιδευμένο υγρό με κάποιο θερμοπίστολο, ώστε αλλάζοντας κατάσταση το ψυκτικό ρευστό να μπορεί να ανακτηθεί ως αέριο. Η ένδειξη πιθανότητας παγιδευμένου υγρού στο σύστημα είναι πάγωμα ή συμπύκνωση υδρατμών σε σημεία ή εξαρτήματα όπου το υγρό έχει παγιδευτεί. Αν δεν μπορείτε να εντοπίσετε το παγιδευμένο υγρό, αλλά γνωρίζετε ότι υπάρχει επειδή η διαδικασία ανάκτησης είναι «ατελείωτη», λειτουργήστε το συμπιεστή του συστήματος, αν γίνεται, για λίγα δευτερόλεπτα. Αυτό θα κάνει το υγρό να μετακινηθεί σε άλλο σημείο του συστήματος απ' όπου μπορεί να ανακτηθεί.



Η ταχύτητα συλλογής του ψυκτικού ρευστού από το σύστημα εξαρτάται από τους ελαστικούς σωλήνες και τις βαλβίδες schrader. Όσο μεγαλύτερη διάμετρο έχει ο σωλήνας τόσο λιγότερη τριβή υπάρχει στη ροή του, άρα γίνεται γρηγορότερα η συλλογή. Για παράδειγμα, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε σωλήνα 3/8" για την είσοδο στο μηχάνημα ανάκτησης, ακόμη και αν αυτές οι γραμμές υποδεικνύουν χρήση 1/4".

Η ειδική υποδοχή όπου πατά το βαλβιδάκι και βρίσκεται στη μια πλευρά του σωλήνα μετάγγισης πρέπει να αφαιρείται, καθώς επίσης να ελέγχεται η κατάσταση της λαστιχένιας ροδέλας στεγανότητας του σωλήνα, ώστε να μην εμποδίζεται η ροή του υγρού. Αν υπάρχουν βαλβίδες schrader πρέπει να απομακρύνονται από τη σύνδεση πριν τη συλλογή με ένα ειδικό εργαλείο που απομακρύνει τέτοιου είδους βαλβιδάκια ενώ ταυτόχρονα κρατά το σύστημα στεγανό. Θα πρέπει λοιπόν να προσεχθούν αυτά τα σημεία, ώστε η ανάκτηση να γίνει σε σωστό χρόνο.

Ανακύκλωση – Αναγέννηση ψυκτικών ρευστών

Ανακύκλωση (Recycling) ενός ψυκτικού ρευστού είναι η διαδικασία με την οποία το ψυκτικό μέσο που συλλέγεται από ένα ψυκτικό σύστημα γίνεται, μετά από διαδικασία βασικού καθαρισμού, καθαρό και έτοιμο να χρησιμοποιηθεί και πάλι.

Η ανακύκλωση περιλαμβάνει τη διέλευση του ψυκτικού μέσου μέσα από διαχωριστή λαδιού και την απλή ή πολλαπλή διέλευσή του μέσω φίλτρων - ξηραντήρων, με σκοπό να

μειωθεί η υγρασία, τα οξέα και τα στερεά σωματίδια που περιέχονται στα ψυκτικά μέσα. Τα φίλτρα αυτά τοποθετούνται στη γραμμή εισόδου της συσκευής και θα πρέπει να αλλάζονται συχνά.

Η συλλογή μεγάλης ποσότητας ψυκτικού ρευστού μπορεί να περιέχει και μεγάλες ποσότητες λαδιού, ιδιαίτερα αν δεν υπάρχει ελαιοδιαχωριστής στο σύστημα. Αν το ψυκτικό που έχει συλλεχθεί δεν πρόκειται να εισαχθεί ξανά σε υγρή μορφή στο ίδιο σύστημα, πρέπει να διαχωριστεί το λάδι από το ψυκτικό έτσι ώστε να βρεθεί η ακριβής ποσότητα που αφαιρέθηκε από το σύστημα για να ξαναπροσθεθεί.

Για να γίνει ο διαχωρισμός χρειάζονται η συσκευή ανάκτησης, δύο φιάλες συλλογής ψυκτικού ρευστού κατάλληλες για να δεχτούν την ποσότητα που περιέχει το σύστημα και μια θερμομαντική ζώνη. Η διαδικασία είναι η παρακάτω:

Συνδέουμε το σύστημα με τη βαλβίδα υγρής μορφής της μιας φιάλης και την έξοδο του αερίου με την είσοδο της συσκευής ανάκτησης. Στη συνέχεια, συνδέουμε την έξοδο της συσκευής με τη δεύτερη φιάλη. Αν η ποσότητα του ψυκτικού υγρού είναι μεγάλη, θα χρειαστεί να τοποθετηθεί μια θερμομαντική ζώνη γύρω από την πρώτη φιάλη ώστε να εξαερωίνεται το ψυκτικό και το λάδι να παραμένει στη φιάλη.

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία συλλογής, το λάδι μπορεί να αφαιρεθεί από τη φιάλη βάζοντας μια σχετικά μικρή ποσότητα πίεσης αζώτου σε μια από τις εξόδους και αφαιρώντας το λάδι από την άλλη έξοδο.

Χρήση φίλτρων κατά την ανάκτηση

Σε ορισμένα συστήματα, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάκτησης, μπορεί ενδεχομένως να υπάρχει ρύπανση της συσκευής ή ακόμα και ξένα σωματίδια, όπως χαλκός, ορείχαλκος κ.ά., σε βαθμό που μπορεί να της δημιουργήσει προβλήματα, ακόμη και να την καταστρέψει. Για να παρατείνετε λοιπόν τη ζωή της πρέπει πάντα να χρησιμοποιείτε φίλτρο στην είσοδο της συσκευής.

Όταν μεταγγίζετε σε ένα σύστημα ψυκτικό ρευστό από μια φιάλη ανάκτησης πρέπει να χρησιμοποιείτε φίλτρο στη γραμμή εισαγωγής για να προστατέψετε το σύστημα από τη ρύπανση και άλλα ξένα σωματίδια.

Θα πρέπει να αλλάζετε φίλτρα στη γραμμή συχνά, για να προστατέψετε τη μηχανή ανάκτησης και το σύστημα ψύξης.

Αναγέννηση (Reclaiming) ενός ψυκτικού ρευστού είναι η διαδικασία καθαρισμού του ώστε να δημιουργηθεί ένα νέο προϊόν. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει χημική ανάλυση και είναι πιθανό η απόσταξη να απαιτήσει τη χρήση μέσων διύλισης. Ως εκ τούτου, αυτό μπορεί να γίνει μόνο σε ειδικά και οργανωμένα εργαστήρια.

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που το ψυκτικό ρευστό είναι αλλοιωμένο σε μεγάλο βαθμό και δεν μπορεί να καθαριστεί. Τότε, το μόνο που μπορεί να γίνει είναι η καταστροφή του, η οποία γίνεται με την αποτέφρωσή του περίπου στους 650 °C σε ειδικούς χώρους.

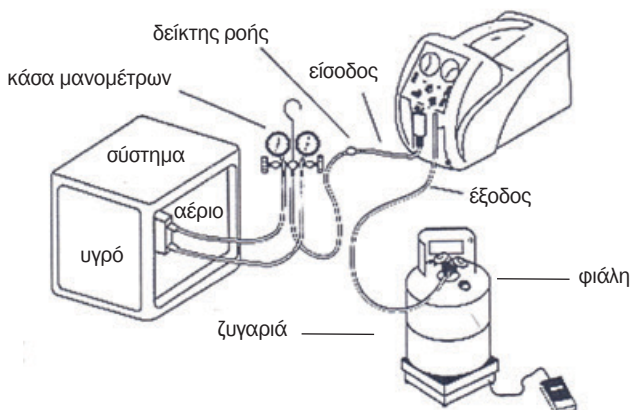
Πρακτική εφαρμογή

Ανάκτηση ψυκτικού ρευστού και αποθήκευση

Απαιτούμενος εξοπλισμός:

- Ψυκτική μονάδα σε λειτουργία
- Κάσα μανομέτρων
- Συσκευή ανάκτησης ψυκτικού

- Φιάλη συλλογής ψυκτικού με δύο βαλβίδες υποδοχής κατάλληλες για τον τύπο και την ποσότητα που θα ανακτηθεί
- Καστάνια χειρισμού βαλβίδων
- Ηλεκτρονική ζυγαριά
- Εργαλεία γενικής χρήσης
- Θερμοπίστολο αέρος
- Ανταλλακτικό φίλτρο - αφυγραντήρας για την αντίστοιχη συσκευή ανάκτησης ψυκτικού



Διάγραμμα ενώσεων για ανάκτηση ψυκτικών ρευστών σε αέρια μορφή

Πορεία

1. Βεβαιωθείτε πως η συσκευή ανάκτησης είναι σε καλή κατάσταση και με τη βοήθεια του σχεδίου συνδέστε τη σωστά και σφικτά με το σύστημα ψύξης και τη φιάλη μέσω ελαστικών σωλήνων.
2. Ανοίξτε τη βαλβίδα υγρού από τη φιάλη ανάκτησης (ελέγξτε τυχόν διαρροές στις συνδέσεις των ελαστικών σωλήνων).
3. Βεβαιωθείτε ότι η βαλβίδα Recover/Purge είναι τοποθετημένη στο Recover.
4. Ανοίξτε τη θύρα εξόδου της συσκευής ανάκτησης.
5. Ανοίξτε τη βάννα υγρού από την κάσα μανομέτρων (ανοίγοντας τη βάννα του υγρού θα αφαιρεθεί από το σύστημα πρώτο το ψυκτικό σε υγρή μορφή). Στη συνέχεια, εφόσον έχει αφαιρεθεί το υγρό, ανοίξτε τη βάννα του αερίου στην κάσα μανομέτρων για να εκκενωθεί πλήρως το σύστημα.
6. Συνδέστε τη συσκευή σε παροχή ρεύματος και ανοίξτε τον κεντρικό διακόπτη. Έτσι, θα αρχίσει να λειτουργεί ο ανεμιστήρας. Στη συνέχεια, πατήστε το διακόπτη του συμπιεστή της συσκευής για να ξεκινήσει η ανάκτηση.
7. Ανοίξτε αργά τη βαλβίδα εισόδου της συσκευής τόσο όσο χρειάζεται για να μη χτυπά ο συμπιεστής. Λειτουργήστε τη συσκευή έως ότου αφαιρεθεί όλη η ποσότητα του ψυκτικού ρευστού και επιτευχθεί το απαιτούμενο ελάχιστο κενό.
8. Κλείστε τις βάνες υγρού και αερίου της κάσας μανομέτρων.
9. Κλείστε τη βαλβίδα εισόδου της συσκευής ανάκτησης.
10. Κλείστε τη συσκευή από το ρεύμα και κάντε τον αυτοκαθαρισμό της, όπως υποδεικνύει ο κατασκευαστής.



ΠΡΟΣΟΧΗ

Όταν αντλείτε υγρό μην αφήνετε τη συσκευή να λειτουργεί με τη βαλβίδα εισαγωγής εντελώς ανοιχτή προκαλώντας έτσι το συμπιεστή να χτυπάει, γιατί μπορεί να μπλοκάρει ο συμπιεστής.

Διαδικασία καθαρισμού του παραμένοντος ψυκτικού μέσου από τη συσκευή ανάκτησης

1. Κλείστε τις βαλβίδες του συστήματος που συντηρήθηκε και που είναι συνδεδεμένες με τη βαλβίδα εισαγωγής της συσκευής ανάκτησης.
2. Κλείστε τη βαλβίδα εισαγωγής της συσκευής ανάκτησης.
3. Σβήστε τη συσκευή.
4. Γυρίστε τη βαλβίδα Recover/Purge στη θέση Purge.
5. Ξεκινήστε ξανά τη συσκευή.
6. Λειτουργήστε τη συσκευή μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό κενό.
7. Κλείστε τη βαλβίδα από τη φιάλη και από τη συσκευή.
8. Σβήστε τη συσκευή.
9. Γυρίστε τη βαλβίδα Recover/Purge στη θέση Recover.
10. Αποσυνδέστε όλα τα λάστιχα.
11. Αντικαταστήστε το φίλτρο της εσωτερικής γραμμής της συσκευής κάθε φορά που συλλέγεται μεγάλη ποσότητα επιβαρυσμένου ψυκτικού ρευστού.

Εκκένωση ελαίου που έχει ρυπανθεί

Όταν διαπιστωθεί, μετά από έλεγχο, ότι το λάδι έχει μολυνθεί από φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου, το πρώτο βήμα είναι να ελέγξουμε αν υπάρχει ψυκτικό στο σύστημα. Αν υπάρχει, τότε ανακτούμε το ψυκτικό και ακολούθως αποσυνδέουμε το συμπιεστή από το σύστημα. Αδειάζουμε το λάδι του συμπιεστή σε κατάλληλο δοχείο ανάκτησης λαδιού. Με κατάλληλο υγρό καθαρίζουμε εσωτερικά το σύστημα και το συμπιεστή. Το υγρό καθαρισμού που χρησιμοποιήσαμε για τον καθαρισμό το βάζουμε στο δοχείο ανάκτησης, αναγράφουμε την ποσότητα και τον τύπο του λαδιού με την σημείωση ότι είναι λάδι προς καταστροφή και το μεταφέρουμε στην εταιρία μας ή την αρμόδια υπηρεσία παραλαβής.

Πλήρωση του συστήματος με ψυκτικό μέσο – Έλεγχος πλήρωσης

Πλήρωση ή φόρτιση ενός ψυκτικού συστήματος λέμε την εισαγωγή της σωστής ποσότητας ψυκτικού ρευστού σε ένα σύστημα που δεν έχει καθόλου ψυκτικό. Αντίθετα, εάν στο σύστημα υπάρχει κάποια ποσότητα ψυκτικού αλλά δεν είναι η σωστή, κάνουμε **προσθήκη ή συμπλήρωση**.

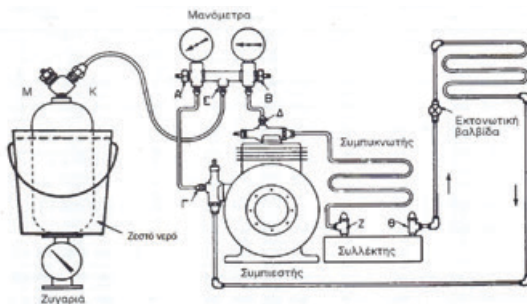
Η πλήρωση με ψυκτικό ρευστό στα ψυκτικά κυκλώματα γίνεται με δύο τρόπους.

- α) Πλήρωση με ψυκτικό σε αέρια μορφή, από την πλευρά της χαμηλής πίεσης.
- β) Πλήρωση με ψυκτικό σε υγρή μορφή, από την πλευρά της υψηλής πίεσης.

Πλήρωση του συστήματος με ψυκτικό σε αέρια μορφή

Η πλήρωση ενός άδειου συστήματος με ψυκτικό σε αέρια μορφή γίνεται από τη πλευρά της χαμηλής πίεσης, από τη βαλβίδα service της αναρρόφησης. Αφού έχουμε συνδέσει το σετ των μανομέτρων και έχουμε κάνει κενό, ανοίγουμε τελείως τη βαλβίδα της φιάλης ψυκτικού και τη βάνα του μανομέτρου της χαμηλής πίεσης και αφήνουμε να εισέλθει ψυκτικό μέσο στην εγκατάσταση. Κάνουμε εκκίνηση του συμπιεστή και συνεχίζουμε την

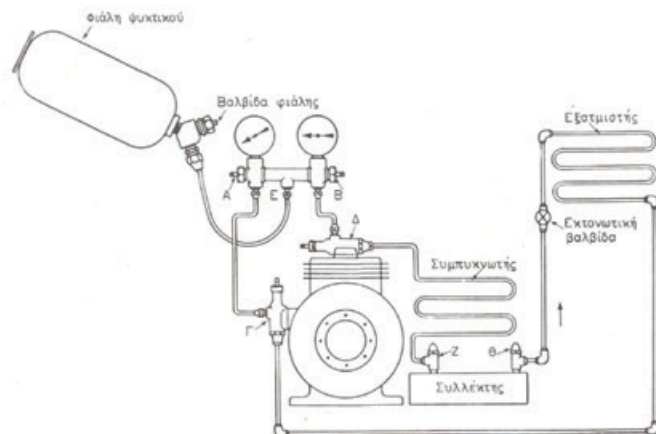
παροχή του ψυκτικού ρευστού σε αέρια μορφή, μέχρι να φτάσουμε στην ικανοποιητική φόρτιση της μονάδας. Κατά τη φάση αυτή η φιάλη πρέπει να είναι σε όρθια θέση και ποτέ ανεστραμμένη.



Πλήρωση με ψυκτικό σε αέρια μορφή από τη βαλβίδα service της αναρρόφησης

Πλήρωση του συστήματος με ψυκτικό σε υγρή μορφή

Η πλήρωση ενός άδειου συστήματος με ψυκτικό σε υγρή μορφή συνιστάται για ψυκτικά κυκλώματα μεγάλης ιπποδύναμης και γίνεται από την πλευρά της υψηλής πίεσης, από τη βαλβίδα service της κατάθλιψης του συμπιεστή ή από τη βαλβίδα του συλλέκτη. Αφού έχουμε συνδέσει το σετ των μανομέτρων και έχουμε κάνει κενό, ανοίγουμε τελείως τη βαλβίδα της φιάλης ψυκτικού και τη βάννα του μανομέτρου της υψηλής πίεσης και αφήνουμε να εισέλθει ψυκτικό μέσω στην εγκατάσταση. Κατά τη φάση αυτή η φιάλη πρέπει να είναι ανεστραμμένη ώστε να τροφοδοτείται το ψυκτικό κύκλωμα με ρευστό σε υγρή μορφή και ο **συμπιεστής να είναι εκτός λειτουργίας**. Φορτίζουμε το σύστημα με την προβλεπόμενη ποσότητα (καθορίζεται από το κατασκευαστή), ζυγίζοντας το ψυκτικό υγρό με μια ζυγαριά.



Πλήρωση με ψυκτικό σε υγρή μορφή από τη βαλβίδα service της κατάθλιψης

Έλεγχος ικανοποιητικής φόρτισης (πλήρωσης)

Για να ελέγξουμε και να διαπιστώσουμε τη σωστή φόρτιση μιας ψυκτικής μονάδας υπάρχουν οι ακόλουθοι τρόποι:

- **Ζύγιση του ψυκτικού.** Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα που η κατασκευή τους είναι τυποποιημένη, όπως οικιακά ψυγεία, καταψύκτες κ.λπ.

Η φόρτιση της εγκατάστασης γίνεται με το ζύγισμα της σωστής ποσότητας του ψυκτικού μέσου που πρέπει να έχει το σύστημά μας (η ποσότητα του ψυκτικού μέσου δίνεται από τα τεχνικά στοιχεία του συστήματος).

- **Έλεγχος του δείκτη ροής (γυαλάκι).** Συνήθως η παρουσία φυσαλίδων σημαίνει έλλειψη ψυκτικού. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που η παρουσία φυσαλίδων δεν σημαίνει κάτι τέτοιο (μίγματα ψυκτικών, φράξιμο της γραμμής της υψηλής πίεσης πριν από το δείκτη ροής, ατμοσφαιρικός αέρας στο κύκλωμα κ.λπ.).
- **Αμπερομέτρηση.** Με «αμπεροτσιμπίδα» μετράμε την ένταση του ρεύματος που απορροφά («τραβάει») ο συμπιεστής. Το ρεύμα θα αυξάνεται όσο προχωρά η φόρτιση της εγκατάστασης με ψυκτικό. Εάν η τιμή είναι περίπου ίδια με αυτή που αναγράφεται στην πινακίδα της μονάδας (ένδειξη FLA) ή στα τεχνικά φυλλάδια της κατασκευάστριας εταιρίας τότε ότι η εγκατάσταση έχει τη σωστή ποσότητα ψυκτικού.
- **Μέτρηση της υπόψυξης.** Μικρή τιμή υπόψυξης σημαίνει πιθανή έλλειψη ψυκτικού, ενώ μεγάλη τιμή υπόψυξης σημαίνει πιθανώς υπερβολική ποσότητα ψυκτικού. Φορτίζουμε την εγκατάσταση μέχρι να επιτύχουμε τη συγκεκριμένη –σωστή– υπόψυξη της κανονικής λειτουργίας. (Για ψυκτικές εγκαταστάσεις περίπου 3 °C).
- **Μέτρηση της υπερθέρμανσης.** Μικρή τιμή υπερθέρμανσης σημαίνει πιθανώς υπερβολική ποσότητα ψυκτικού, ενώ μεγάλη τιμή πιθανή έλλειψη ψυκτικού. Η φόρτιση συνεχίζεται μέχρι να επιτύχουμε τη συγκεκριμένη –σωστή– υπερθέρμανση της κανονικής λειτουργίας του συστήματος. (Μονάδες μέσων και χαμηλών θερμοκρασιών μέχρι 5 °C και μονάδες κλιματισμού 8 - 10 °C).
- **Έλεγχος πιέσεων - θερμοκρασιών.** Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι οι πιέσεις και θερμοκρασίες λειτουργίας εξαρτώνται από τις συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία περιβάλλοντος, επιθυμητή θερμοκρασία και φορτία ψυχόμενου χώρου κ.λπ.), γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα στοιχεία υπόψη για τη σωστή φόρτιση μιας ψυκτικής μονάδας και κατ' επέκταση την καλή ή όχι λειτουργία της εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού μέσου εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (για αερόψυκτους συμπυκνωτές πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά 15-20 °C περίπου για να έχουμε αποβολή θερμότητας). Έτσι όταν αυξηθεί η θερμοκρασία του περιβάλλοντος θα αυξηθεί και η θερμοκρασία συμπύκνωσης και κατά συνέπεια η πίεση συμπύκνωσης (υψηλή πίεση). Το ίδιο ισχύει και με τη θερμοκρασία εξάτμισης (χαμηλή πίεση). Άρα, γνωρίζοντας τις συνθήκες λειτουργίας και χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο πίνακα πιέσεων - θερμοκρασιών, μπορούμε να βρούμε σε ποιές πιέσεις πρέπει να λειτουργεί η ψυκτική μονάδα.

Η αποδοτικότητα λοιπόν ενός ψυκτικού συστήματος εξαρτάται και από τη σωστή ποσότητα του ψυκτικού μέσου. **Λιγότερο** ψυκτικό από όσο χρειάζεται το σύστημα θα προκαλέσει χαμηλές πιέσεις στην αναρρόφηση του συμπιεστή, πιθανή υπερθέρμανσή του, μείωση της ψυκτικής ικανότητας κ.λπ., ενώ **περισσότερο** ψυκτικό απ' όσο χρειάζεται το σύστημα (υπερπλήρωση) θα προκαλέσει υψηλές πιέσεις στην κατάθλιψη του συμπιεστή, άσκοπη καταπόνηση, μείωση της ικανότητας του συμπιεστή (λόγω αυξήσεως του λόγου συμπίεσεως), υπερβολική κατανάλωση ενέργειας κ.λπ.

Για όλους τους παραπάνω λόγους θα πρέπει να γίνει ένας προσεκτικός έλεγχος ικανοποιητικής φόρτισης. Μια μέθοδος ελέγχου από μόνη της δεν είναι ποτέ σωστή. Μια συνεργασία όμως των μεθόδων μπορεί να βελτιώσει το αποτέλεσμα. Για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας θα πρέπει να μετρήσουμε και να καταγράψουμε όλα τα στοιχεία λειτουργίας

της εγκατάστασης και στη συνέχεια να τα συγκρίνουμε με τα στοιχεία από τα τεχνικά εγχειρίδια του κατασκευαστή, αφού πρώτα λειτουργήσει η μονάδα 10-15 λεπτά.

Πρακτική εφαρμογή

Απαιτούμενος εξοπλισμός

- Ψυκτική μονάδα σε λειτουργία
- Σετ μανομέτρων
- Καστάνια
- Φιάλη με ψυκτικό
- Αμπεροτσιμπίδα
- Θερμόμετρα
- Σπρέι ανίχνευσης ή σαπουνοδιάλυμα
- Ηλεκτρονικός ανιχνευτής διαρροών

Πορεία

1. Συνδέστε τους εύκαμπτους σωλήνες του σετ των μανομέτρων στις βαλβίδες service της ψυκτικής μονάδας και στη φιάλη του ψυκτικού. Προηγουμένως να έχει αφαιρεθεί ο ατμοσφαιρικός αέρας από τα λάστιχα κατά τα γνωστά.
2. Κλείστε τις βάνες των μανομέτρων, φέρτε τις βαλβίδες service στην ενδιάμεση θέση.
3. Κάντε έλεγχο διαρροών με τον ηλεκτρονικό ανιχνευτή και εάν το κρίνετε απαραίτητο με σπρέι ανίχνευσης ή σαπουνοδιάλυμα.
4. Ξεκινήστε τη μονάδα. Περιμένετε να λειτουργήσει η μονάδα 10-15 λεπτά και κάντε τον έλεγχο ικανοποιητικής φόρτισης της ψυκτικής μονάδας, χρησιμοποιώντας το δείκτη ροής, την αμπεροτσιμπίδα και μετρώντας την υπόψυξη, την υπερθέρμανση και τις πιέσεις και θερμοκρασίες λειτουργίας.
5. Δείκτης ροής: Παρακολουθήστε το δείκτη ροής. Εάν παρατηρούνται φυσαλίδες κάντε προσθήκη ψυκτικού.
6. Αμπερομέτρηση: Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συμπιεστή βρείτε την ένταση σε αμπέρ που «τραβάει» η μονάδα κατά την κανονική λειτουργία.

$$I_{\text{κατ.}} = \dots\dots A$$

Τοποθετήστε την αμπεροτσιμπίδα γύρω από τον κοινό ηλεκτρικό αγωγό του συμπιεστή και μετρήστε τη ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

$$I_{\text{μετρ.}} = \dots\dots A$$

Συγκρίνετε τις δύο τιμές. Εάν δεν υπάρχει διαφορά ή είναι μικρή, η μονάδα θεωρείται ότι λειτουργεί κανονικά (η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που δίνει ο κατασκευαστής ισχύει για συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας). Εάν υπάρχει μεγάλη διαφορά, κάντε προσθήκη ψυκτικού.

7. Μέτρηση υπόψυξης: Τοποθετήστε το βολβό ενός θερμομέτρου στο σωλήνα στην έξοδο του συμπυκνωτή και μετρήστε τη θερμοκρασία που επικρατεί.

$$T_{\text{εξ.συμπ.}} = \dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$$

Από την ένδειξη του μανομέτρου της υψηλής πίεσης και με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα πιέσεων - θερμοκρασιών βρείτε τη θερμοκρασία συμπύκνωσης.

$$P_{\text{συμπ.}} = \dots \text{ bar} \text{ Επομένως } T_{\text{συμπ.}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

Η διαφορά των δύο θερμοκρασιών είναι η τιμή της υπόψυξης.

$$\Delta T = T_{\text{συμπ.}} - T_{\text{εξ.συμπ.}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

Όταν η υπόψυξη είναι μέχρι $3 \text{ } ^\circ\text{C}$ θεωρούμε ότι η μονάδα είναι ικανοποιητικά φορτισμένη. Εάν η υπόψυξη ξεπερνάει τους $3 \text{ } ^\circ\text{C}$, θα πρέπει (πιθανόν) να αφαιρεθεί ψυκτικό από τη μονάδα. Εάν είναι κάτω από $3 \text{ } ^\circ\text{C}$ η μονάδα (πιθανόν) χρειάζεται περισσότερο ψυκτικό μέσο.

8. Μέτρηση υπερθέρμανσης: Τοποθετήστε το βολβό ενός θερμομέτρου στο σωλήνα στην έξοδο του εξατμιστή και μετρήστε τη θερμοκρασία που επικρατεί.

$$T_{\text{εξ.εξοτ.}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

Από την ένδειξη του μανομέτρου της χαμηλής πίεσης και με τη βοήθεια του αντίστοιχου πίνακα πιέσεων - θερμοκρασιών βρείτε τη θερμοκρασία εξάτμισης.

$$P_{\text{εξοτ.}} = \dots \text{ bar} \text{ Επομένως } T_{\text{εξοτ.}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

Η διαφορά των δύο θερμοκρασιών είναι η τιμή της υπερθέρμανσης.

$$\Delta T = T_{\text{εξ.εξοτ.}} - T_{\text{εξοτ.}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

Όταν η υπερθέρμανση είναι μέχρι $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ θεωρούμε ότι η μονάδα είναι ικανοποιητικά φορτισμένη. Εάν η υπερθέρμανση ξεπερνάει τους $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ η μονάδα (πιθανόν) χρειάζεται περισσότερο ψυκτικό μέσο και εάν είναι $0-1 \text{ } ^\circ\text{C}$ θα πρέπει (πιθανόν) να αφαιρεθεί ψυκτικό από τη μονάδα.

9. Έλεγχος πιέσεων - θερμοκρασιών: Κάντε τον τελικό έλεγχο της καλής λειτουργίας της ψυκτικής διάταξης παρακολουθώντας τις ενδείξεις του θερμομέτρου του θαλάμου και των πιέσεων των μανομέτρων.
10. Όταν βεβαιωθείτε ότι η μονάδα είναι ικανοποιητικά φορτισμένη και λειτουργεί κανονικά διακόψτε τη λειτουργία της.

Καταγραφή στο αρχείο του συστήματος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε εφαρμογές που περιέχουν άνω των **3 kg** φορτίου φθοριούχου αερίου -ανεξαρτήτως αν το σύστημα είναι ερμητικά σφραγισμένο ή όχι- πρέπει να τηρούνται αρχεία σχετικά με τον εξοπλισμό και τα οποία πρέπει να συμβουλευτεί ο τεχνικός που επισκέπτεται την εγκατάσταση, είτε πρόκειται για συντήρηση είτε για επιδιόρθωση. Στο τέλος των εργασιών ο τεχνικός πρέπει να ενημερώνει το αρχείο για όλες τις εργασίες που διεκπεραιώνει.

Διαδικασίες χειρισμού ρυπανθέντων ψυκτικών μέσων και ελαίων

Η ευρωπαϊκή οδηγία αναφέρει ότι κάθε κράτος μέλος οφείλει να θεσπίσει μεθόδους και διαδικασίες για τη διασφάλιση της ανακύκλωσης, της ποιοτικής αποκατάστασης ή της καταστροφής των ρυπανθέντων ψυκτικών αέριων θερμοκηπίου. Το πιστοποιημένο προσωπικό θα πρέπει να καταγράψει τις ποσότητες του μολυσμένου ψυκτικού και λαδιού, να τις βάλει στα δοχεία ανάκτησης, να τοποθετήσει τις ανάλογες επιγραφές και να τις παραδώσει στον παραγωγό, διακινητή, εισαγωγέα φθοριούχων αέριων θερμοκηπίου, με σκοπό την καταστροφή τους.



Ανακεφαλαίωση

Ο έλεγχος της στεγανότητας - διαρροών ενός ψυκτικού - κλιματιστικού κυκλώματος αποτέλεσε το βασικό αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου. Παρουσιάστηκαν τα μετρητικά όργανα και ο τρόπος λειτουργίας τους, έγινε μια περιγραφή της διαδικασίας διεξαγωγής δοκιμής πίεσης και παρουσιάστηκε ο τρόπος με τον οποίο καταγράφονται σε αρχείο τα δεδομένα ενός συστήματος και συντάσσεται έκθεση με τους ελέγχους που πραγματοποιούνται σε μια ψυκτική - κλιματιστική διάταξη. Έγινε αναφορά και περιγραφή των άμεσων και έμμεσων τρόπων ελέγχου των διαρροών και παρουσιάστηκε η σύνδεση και λειτουργία της συσκευής ανάκτησης. Επίσης έγινε περιγραφή της διαδικασίας πλήρωσης της ψυκτικής εγκατάστασης καθώς και του ελέγχου ικανοποιητικής πλήρωσης. Όλα όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο αυτό συνδέονται άμεσα με το 6ο Κεφάλαιο, που αναφέρεται στις συνδέσεις και συγκολλήσεις των χαλκοσωλήνων του δικτύου μιας ψυκτικής - κλιματιστικής εγκατάστασης.

ΒΑΣΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ, ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ



Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου

Μια ψυκτική - κλιματιστική εγκατάσταση αποτελείται από ένα σύνολο εξαρτημάτων και κατασκευαστικών στοιχείων που απαιτούνται για την εύρυθμη λειτουργία της. Όλα τα συστήματα ψύξης - κλιματισμού που λειτουργούν με μηχανική συμπίεση ατμών βασίζονται στις ίδιες αρχές, με κάποιες διαφοροποιήσεις μεταξύ τους, οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε παράγοντες όπως οι απαιτήσεις που καλείται να καλύψει το σύστημα, οι συνθήκες λειτουργίας του κ.λπ. Ο τεχνικός ψυκτικός πρέπει να είναι σε θέση να διακρίνει τις ιδιαιτερότητες του κάθε συστήματος και να προσαρμόζει τις ενέργειές του σ' αυτές. Συνεπώς, η γνώση των ειδών και του τρόπου λειτουργίας των εξαρτημάτων και των κατασκευαστικών στοιχείων που ενδεχομένως να συναντήσει ο τεχνικός ψυκτικός σε ένα σύστημα αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική επέμβασή του και ελαχιστοποιεί την πιθανότητα λανθασμένου χειρισμού, που θα μπορούσε να οδηγήσει, αμέσως ή μακροπρόθεσμα, σε διαφυγή αερίων του θερμοκηπίου.



Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα

Να είναι σε θέση οι καταρτιζόμενοι:

- Να περιγράφουν συνοπτικά τον τρόπο λειτουργίας του συμπιεστή, του συμπυκνωτή, της εκτονωτικής διάταξης, του εξατμιστή και των βοηθητικών εξαρτημάτων.
- Να ελέγχουν την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος.
- Να εντοπίζουν τις πιθανές βλάβες των κύριων και βοηθητικών εξαρτημάτων του συστήματος, που πιθανόν να οδηγήσουν στη διαρροή ψυκτικού μέσου.
- Να συντάσσουν έκθεση για την κατάσταση του συστήματος.



Έννοιες κλειδιά – Ορολογία

Συμπιεστής, διβάθμιος συμπιεστής, παράλληλη λειτουργία συμπιεστών, συμπυκνωτής, εκτονωτική διάταξη, εξατμιστής, φίλτρο - αφυγραντήρας, δείκτης ροής, συλλέκτης υγρού, ελαιοδιαχωριστής, συγκρατητής σταγόνων ψυκτικού μέσου, βαλβίδα αντεπιστροφής, πρεσοστάτης υψηλής - χαμηλής πίεσης, πρεσοστάτης λαδιού, θερμοστάτης, ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, ρυθμιστής πίεσης εξατμιστή, ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης, βαλβίδα service.

5.1 Συμπιεστές

Ο **συμπιεστής** είναι μια αντλία ατμού και τοποθετείται μεταξύ του εξατμιστή και του συμπυκνωτή. Αναρροφά αέριο χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας από τον εξατμιστή και το συμπιέζει (καταθλίβει) σε αέριο υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας προς το συμπυκνωτή.

Διάκριση συμπιεστών

Ανάλογα με τον τρόπο που παίρνουν κίνηση και το πόσο προσιτό είναι το εσωτερικό τους οι συμπιεστές διακρίνονται σε:

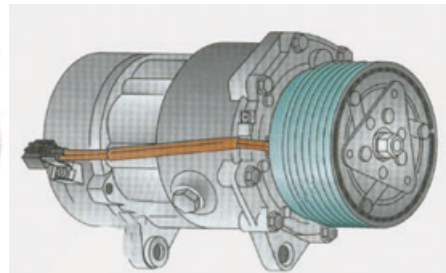
- Ανοιχτού τύπου (Open type)
- Ημιαερομηχανικούς (Semi-hermetic) ή ημίκλειστους
- Ερμητικούς (Hermetic) ή κλειστού τύπου.

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους οι συμπιεστές διακρίνονται σε:

- Παλινδρομικούς (Reciprocating)
- Περιστροφικούς (Rotary)
- Σπειροειδείς (Scroll)
- Φυγοκεντρικούς (Centrifugal)
- Κοχλιωτούς ή ελικοειδείς (Screw)

Ανοιχτού τύπου συμπιεστές (Open type compressors)

Στους συμπιεστές **ανοιχτού τύπου** κινητήρας και συμπιεστής είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και η κίνηση στον άξονα του συμπιεστή δίνεται μέσω συστήματος ιμάντων και τροχαλιών ή εύκαμπτου συνδέσμου (κόπλερ).



Ημίκλειστοι συμπιεστές



Στους **ημίκλειστους** συμπιεστές κινητήρας και συμπιεστής βρίσκονται εντός κοινού χυτού περιβλήματος το οποίο επιτρέπει την πρόσβαση στα εξαρτήματα του συμπιεστή για επιθεώρηση και service.

Η λίπανση των κινούμενων μηχανικών μερών γίνεται είτε μέσω αντλίας λαδιού με διοχέτευση λαδιού με πίεση για τους μεγαλύτερους συμπιεστές, είτε με σύστημα έγχυσης - εκτίναξης ή με εμβάπτιση, όπου μικρή ποσότητα λιπαντικού μέσου διοχετεύεται στις θέσεις λιπάνσεως, για τους μικρότερους συμπιεστές.

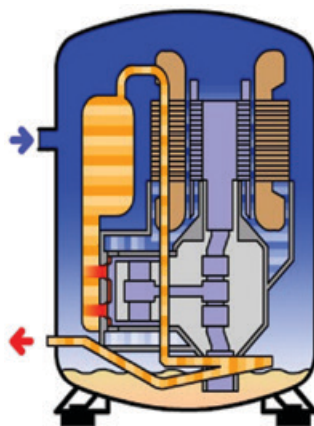
Ερμητικοί συμπιεστές

Στους **ερμητικούς** συμπιεστές ο συμπιεστής και ο κινητήρας είναι μέσα στο ίδιο συγκολλητό χαλύβδινο περίβλημα. Το περίβλημα εδράζεται στα στηρίγματα της βάσης του (ελατήρια ή ειδικό λάστιχο), ενώ εσωτερικά ο συμπιεστής συνδέεται με το περίβλημα με ελατήρια.

Το ψυκτικό αέριο εισέρχεται από την πλευρά της αναρρόφησης και καταλαμβάνει όλο το χώρο του περιβλήματος, με αποτέλεσμα στο περίβλημα να επικρατεί πίεση ίση με την πίεση αναρρόφησης.

Η λίπανση των ερμητικών συμπιεστών γίνεται κυρίως με σύστημα εκτινάξεως ή με σύστημα εμβάπτισης, όπου με την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα το λάδι που περιέχει ο στροφαλοθάλαμος διασκορπίζεται σε όλες τις επιφάνειες τριβής του συμπιεστή.

Οι ερμητικοί συμπιεστές ψύχονται από το αναρροφούμενο ψυκτικό αέριο.



Χρήσεις συμπιεστών

Ανοιχτού τύπου

Χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις όπου η χρήση συμπιεστών άλλου τύπου είναι αδύνατη (κλιματισμός αυτοκινήτων, αυτοκίνητα ψυγεία, σε πλοία κ.λπ.)

Ημίκλειστοι

Χρησιμοποιούνται σε επαγγελματικές εγκαταστάσεις ψύξης και σε μικρού μεγέθους βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης.

Κλειστού τύπου

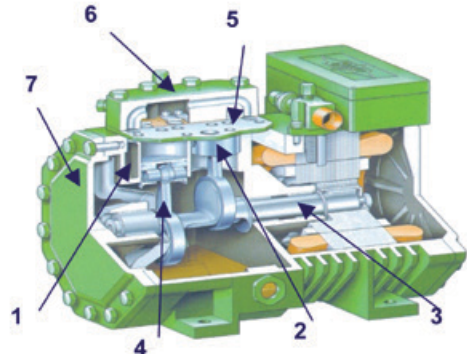
Χρησιμοποιούνται στα οικιακά ψυγεία και σε εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού μικρού μεγέθους.

Παλινδρομικοί συμπιεστές (Reciprocating compressors)

Οι **παλινδρομικοί** συμπιεστές, παρουσιάζουν, απλότητα κατασκευής, σχετικά χαμηλό κόστος προμήθειας, μεγάλους λόγους συμπίεσης και αποδίδουν ικανοποιητικά και στις περιπτώσεις μεγάλων πιέσεων κατάθλιψης. Χρησιμοποιούνται κυρίως στα συστήματα ψύξης - κλιματισμού μικρού και μεσαίου μεγέθους (0,1 HP έως 100 HP).

Τα βασικά στοιχεία του παλινδρομικού συμπιεστή είναι τα ακόλουθα:

1. Ο κύλινδρος
2. Το έμβολο με τα ελατήρια
3. Ο στροφαλοφόρος άξονας
4. Ο διωστήρας
5. Η βαλβιδοφόρος πλάκα με τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης
6. Η κεφαλή
7. Το κυρίως σώμα του συμπιεστή
8. Τα βοηθητικά εξαρτήματα



Κύλινδρος

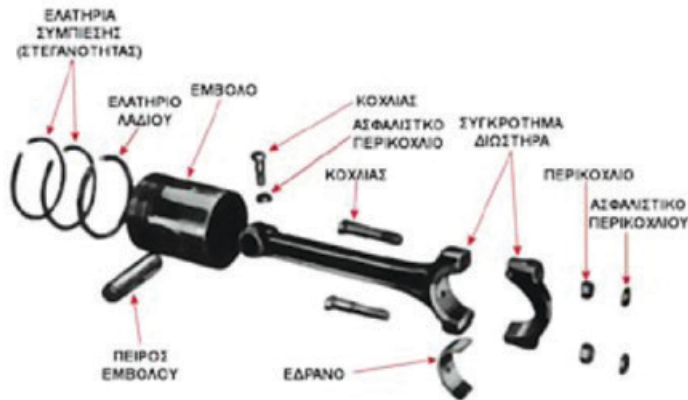
Μέσα στον κύλινδρο παλινδρομεί ευθύγραμμα το έμβολο, δημιουργώντας μ' αυτόν τον τρόπο την αναρρόφηση και την κατάθλιψη του ψυκτικού αερίου.

Οι παλινδρομικοί συμπιεστές μπορεί να έχουν έναν ή περισσότερους κυλίνδρους σε διάφορες διατάξεις (σε σειρά, τύπου «V», τύπου «W», αστερός).

Το έμβολο με τα ελατήρια

Τα έμβολα (πιστόνια) είναι τα εξαρτήματα του συμπιεστή που εκτελούν παλινδρομικές κινήσεις μέσα στους κυλίνδρους. Τα έμβολα προσαρμίζονται στους διωστήρες μέσω ενός πέρου.

Υπάρχουν δύο είδη ελατηρίων: τα ελατήρια συμπίεσης ή στεγανότητας, που σκοπός τους είναι να διατηρούν τη στεγανότητα μεταξύ του εμβόλου και του κυλίνδρου, και τα ελατήρια λαδιού, που σκοπός τους είναι να καθαρίζουν τον κύλινδρο από το λάδι λίπανσης.



Σε έμβολα με διάμετρο μεγαλύτερη των 50 mm τοποθετούνται 2 ελατήρια συμπίεσης (στο πάνω μέρος) και 1 ή 2 ελατήρια λαδιού (στο κάτω μέρος).

Τα έμβολα συμπιεστών με διάμετρο μικρότερη των 50 mm δεν φέρουν ελατήρια, αλλά ειδικές αυλακώσεις. Μέσω των αυλακώσεων διοχετεύεται στο εσωτερικό των κυλίνδρων η απαιτούμενη ποσότητα ψυκτελαίου για τη λίπανση, το δε λεπτό στρώμα του ψυκτελαίου που σχηματίζεται μεταξύ του κυλίνδρου και του εμβόλου στεγανοποιεί το θάλαμο αναρρόφησης - συμπίεσης.

Στροφαλοφόρος άξονας

Ο στροφαλοφόρος άξονας μαζί με το διωστήρα και τον πίστο του εμβόλου μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του άξονα σε παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο,

Οι στροφαλοφόροι άξονες είναι 2 τύπων:

- Με βραχιόνες (κλασικός τύπος) που αποτελούνται από τους στροφείς βάσης, τα κομβία και τους βραχιόνες.
- Με έκκεντρα που αποτελούνται από τον χαλύβδινο άξονα και τα ορειχάλκινα έκκεντρα.



Λίπανση των στροφαλοφόρων αξόνων

Σε συμπιεστές μικρού μεγέθους η λίπανση γίνεται με ένα σύστημα εκτίναξης του λιπαντικού που είναι αποθηκευμένο στο κάρτερ λαδιού κάτω από τον στροφαλοφόρο άξονα, ενώ οι μεγαλύτεροι στροφαλοφόροι άξονες φέρουν στο εσωτερικό τους μία κατά μήκος διάτρηση και λιπαίνονται με μια αντλία λαδιού, υπό πίεση.

Διωστήρας

Υπάρχουν δυο είδη διωστήρων:



Διωστήρας διαιρούμενου τύπου

Οι διωστήρες **διαιρούμενου τύπου**, στους οποίους το ένα άκρο είναι διαιρεμένο σε δύο τεμάχια που συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες. Συνδέονται στους κλασικούς στροφαλοφόρους άξονες.



Διωστήρας μη διαιρούμενου τύπου

Οι διωστήρες **μη διαιρούμενου τύπου**, στους οποίους ο διωστήρας είναι ένα τεμάχιο (δεν διαιρείται) με σχετικά μεγάλη διάμετρο στο ένα άκρο σύνδεσής του με το έκκεντρο. Συνδέονται στους στροφαλοφόρους άξονες με έκκεντρα.

Η βαλβιδοφόρος πλάκα με τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης

Οι βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης ελέγχουν την είσοδο και την έξοδο του ψυκτικού αερίου στον κύλινδρο. Τοποθετούνται στη βαλβιδοφόρο πλάκα στην κορυφή των κυλίνδρων.

Η κίνηση των βαλβίδων πραγματοποιείται με την υποπίεση ή την υπερπίεση που δημιουργεί η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου.



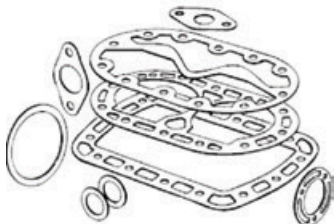
Από την κατάσταση λειτουργίας τους εξαρτάται η καλή απόδοση του συμπιεστή, γι' αυτό πρέπει να εξασφαλίζουν απόλυτη στεγανότητα, να διατηρούν τη λειτουργικότητά τους σε μακρόχρονη λειτουργία και να έχουν αθόρυβη λειτουργία και μικρό βαθμό στραγγαλισμού

Είδη βαλβίδων

- Εύκαμπτες βαλβίδες ή βαλβίδες τύπου Reed
- Δακτυλιοειδείς βαλβίδες
- Δισκοειδείς βαλβίδες ή πλακοειδείς βαλβίδες

Κεφαλή

Η κεφαλή του συμπιεστή τοποθετείται στο πάνω μέρος του κυλίνδρου. Αποτελείται από το θάλαμο αναρρόφησης και το θάλαμο κατάθλιψης. Οι δύο θάλαμοι είναι απομονωμένοι μεταξύ τους με χωρίσματα και φλάντζες.



Τα παρεμβύσματα στεγανοποίησης (φλάντζες) πρέπει να είναι απρόσβλητα από το ψυκτικό μέσο και από το ψυκτέλαιο, να αντέχουν στις συνήθεις πιέσεις και θερμοκρασίες λειτουργίας των συμπιεστών και να συμπιέζονται. Π.χ. Τα ψυκτικά της σειράς φρέον δημιουργούν χημική αντίδραση με το αλουμίνιο, γι' αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται φλάντζες από αλουμίνιο. Βέβαια, σε κάθε περίπτωση ισχύουν οι οδηγίες και τα τεχνικά

εγχειρίδια των κατασκευαστών των ψυκτικών ρευστών και συμπιεστών.

Υλικά κατασκευής φλάντζων

Το υλικό κατασκευής των φλάντζων μπορεί να είναι ειδικό χαρτί πλαστικοποιημένο (πετσόχαρτο), ειδικό ελαστικό, περμανίτης, μόλυβδος, χαλκός, αλουμίνιο.

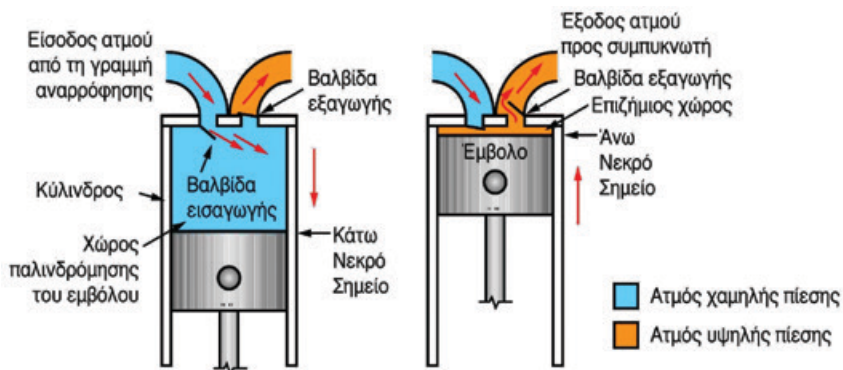
Λειτουργία των παθηδρομικών συμπιεστών

Φάση της αναρρόφησης

Στο Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) η βαλβίδα αναρρόφησης είναι κλειστή και η βαλβίδα κατάθλιψης ανοιχτή. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω, η πίεση που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο συνεχώς μειώνεται, με αποτέλεσμα να κλείσει η βαλβίδα κατάθλιψης. Όταν η πίεση γίνει μικρότερη από την πίεση που επικρατεί στη γραμμή αναρρόφησης, η βαλβίδα αναρρόφησης ανοίγει και ο χώρος του κυλίνδρου γεμίζει με ψυκτικό αέριο. Η είσοδος ψυκτικού αερίου στον κύλινδρο συνεχίζεται μέχρις ότου το έμβολο φτάσει στο Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ), οπότε τελειώνει η φάση της αναρρόφησης.

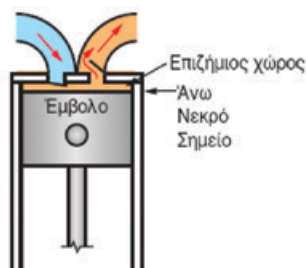
Φάση της κατάθλιψης

Όταν το έμβολο κινηθεί από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ αρχίζει η φάση της κατάθλιψης. Η πίεση στον κύλινδρο αρχίζει να μεγαλώνει και όταν γίνει μεγαλύτερη από την πίεση που επικρατεί στη γραμμή αναρρόφησης κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης, ενώ η βαλβίδα κατάθλιψης παραμένει κλειστή. Συνεχίζοντας το έμβολο τη διαδρομή του προς τα πάνω, συμπιέζει όλο και περισσότερο το ψυκτικό αέριο που είναι μέσα στον κύλινδρο και όταν η πίεση στον κύλινδρο γίνει μεγαλύτερη από την πίεση που επικρατεί στη γραμμή κατάθλιψης ανοίγει η βαλβίδα κατάθλιψης και το ψυκτικό αέριο καταθλίβεται προς το συμπυκνωτή. Όταν το έμβολο φθάσει στο ΑΝΣ, τότε η φάση της κατάθλιψης τελειώνει.



Νεκρός χώρος

Νεκρός ή επιζήμιος χώρος ενός παλινδρομικού συμπιεστή είναι ο χώρος μεταξύ του ΑΝΣ και της βαλβιδοφόρου πλάκας.



Στον νεκρό χώρο παραμένει ποσότητα ψυκτικού αερίου και επομένως όσο μεγαλύτερος είναι αυτός και όσο μεγαλύτερη η πίεση κατάθλιψης τόσο μικρότερη γίνεται η απόδοση του συμπιεστή.

Παροχή εκτόπισης συμπιεστή

Παροχή εκτόπισης ονομάζουμε τον όγκο του ψυκτικού αερίου που θεωρητικά εκτοπίζεται από τα έμβολα του συμπιεστή προς τη γραμμή κατάθλιψης στη μονάδα του χρόνου.

Συνήθεις μονάδες μέτρησης: cm^3/min ή l/s

Η θεωρητική παροχή εκτόπισης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\dot{V}_e = \frac{\pi d^2}{4} L N z$$

Όπου:

V_e : Η παροχή του εκτοπιζόμενου αερίου σε cm^3/min

d : Η διάμετρος του κυλίνδρου σε εκατοστά

L : Το μήκος διαδρομής του εμβόλου σε εκατοστά

N : Ο αριθμός των στροφών ανά λεπτό του στροφαλοφόρου άξονα

Z : Ο αριθμός των όμοιων κυλίνδρων του συμπιεστή

Λόγος συμπίεσης (σχέση συμπίεσης)

Λόγος συμπίεσης ή σχέση συμπίεσης ενός συμπιεστή ονομάζεται ο λόγος της απόλυτης πίεσης της κατάθλιψης προς την απόλυτη πίεση της αναρρόφησης.

$$\text{ΛΟΓΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ} = \frac{\text{ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑΘΛΙΨΗΣ}}{\text{ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ}} \quad C_R = \frac{P_{A, \text{ΚΑΤ}}}{P_{A, \text{ΑΝ}}}$$

Ο λόγος συμπίεσης μεταβάλλεται ανάλογα με την πίεση κατάθλιψης και αντιστρόφως ανάλογα με την πίεση αναρρόφησης.

Ογκομετρικός βαθμός απόδοσης

Ο λόγος της παροχής του ψυκτικού αερίου που πραγματικά καταθλίβεται προς το συμπυκνωτή (V_p) προς τη θεωρητικά υπολογιζόμενη παροχή του συμπιεστή (V_θ) επί τοις εκατό μας δίνει τον OBA του συμπιεστή: **OBA = $V_p/V_\theta \times 100\%$**

Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης των συμπιεστών δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι είναι:

- Το μέγεθος του νεκρού χώρου του συμπιεστή:
Όσο μεγαλύτερος είναι τόσο χαμηλότερο ογκομετρικό βαθμό απόδοσης έχουμε.
- Η θερμοκρασία των κυλίνδρων:
Με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται ο ειδικός όγκος του ψυκτικού αερίου και έτσι η μάζα του κυκλοφορούντος ψυκτικού μειώνεται, με αποτέλεσμα τη μείωση της ψυκτικής ικανότητας της μονάδας.
- Ο λόγος συμπίεσης:
Ο λόγος συμπίεσης διαμορφώνει τελικά τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης, που εξαρτάται από το μέγεθος της κατάθλιψης του συμπιεστή.
- Οι διαρροές ψυκτικού αερίου από τα έμβολα και τις βαλβίδες του συμπιεστή
Οι διαρροές του ψυκτικού αερίου από τα έμβολα ή από τις βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης μειώνουν ακόμα περισσότερο τον ογκομετρικό βαθμό απόδοσης.

Ψυκτική ισχύς (ικανότητα)

Ως ψυκτική ισχύ ή ψυκτική ικανότητα ενός παλινδρομικού συμπιεστή ορίζουμε το αποδιδόμενο ψυκτικό έργο από το συμπιεστή στη μονάδα του χρόνου.

Μονάδα ψυκτικής ισχύος: 1 KW ή 1 RT (ψυκτικός τόνος)

Η ψυκτική ισχύς (ικανότητα) ενός συμπιεστή εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του και κατά βάση από:

- τη θερμοκρασία αναρρόφησης
- τη θερμοκρασία συμπύκνωσης

Πιο συγκεκριμένα:

Η ψυκτική ικανότητα μειώνεται όσο αυξάνει η θερμοκρασία συμπύκνωσης (για σταθερή θερμοκρασία αναρρόφησης) και αυξάνει όσο αυξάνει η θερμοκρασία αναρρόφησης (για σταθερή θερμοκρασία συμπύκνωσης).

Περιστροφικοί συμπιεστές (Rotary compressors)

Οι **περιστροφικοί** συμπιεστές είναι σχετικά απλής κατασκευής, έχουν λίγα κινητά μέρη και το μέγεθός τους είναι μικρότερο από εκείνο των αντίστοιχων παλινδρομικών.

Χρησιμοποιούνται σε μονάδες μικρής ισχύος, όπως οικιακά ψυγεία, κλιματιστικά δωματίου κ.λπ.

Από κατασκευαστικής άποψης οι περιστροφικοί συμπιεστές διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Με σταθερό πτερύγιο (σύρτη)
- Με περιστρεφόμενο πτερύγιο (σύρτη)

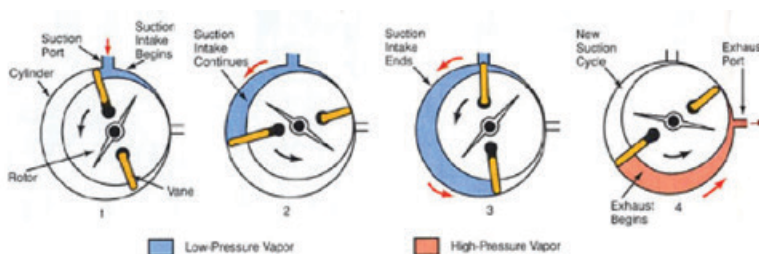
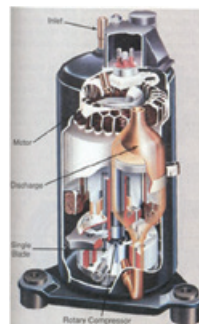
Τα βασικά στοιχεία ενός περιστροφικού συμπιεστή είναι:

1. Το κέλυφος
2. Το στροφέιο

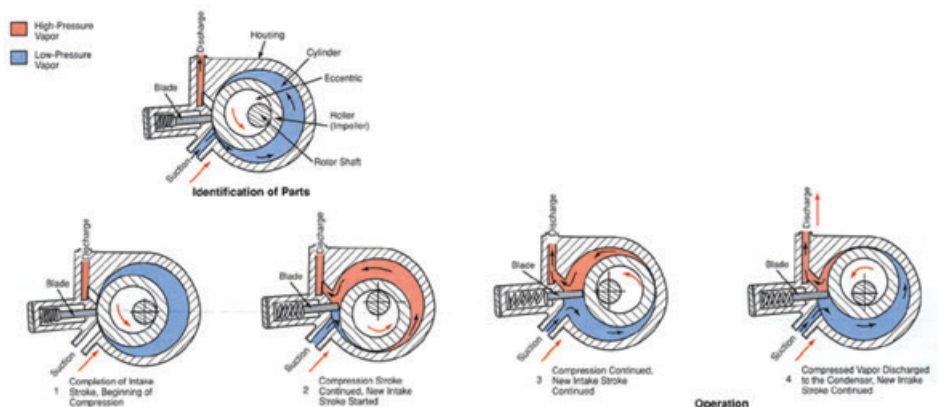
3. Ο άξονας του στροφεύου
4. Το ή τα πτερύγια με το σύστημα στεγανοποίησης
5. Η βαλβίδα εξαγωγής (κατάθλιψη)

Αρχή λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας των περιστροφικών συμπιεστών βασίζεται στην έκκεντρη περιστροφή ενός ρότορα στο εσωτερικό ενός κυλίνδρου, με αποτέλεσμα ο διατιθέμενος χώρος να μεταβάλλεται και με τη βοήθεια σταθερού πτερυγίου (λάμα ή σύρτης) ή των περιστρεφόμενων πτερυγίων που διαχωρίζουν την αναρρόφηση από την κατάθλιψη να γίνεται η συμπίεση του αερίου.



Με περιστρεφόμενα πτερύγια



Με σταθερό πτερύγιο

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα σε σχέση με παλινδρομικούς συμπιεστές

Πλεονεκτήματα

- Αθόρυβη λειτουργία
- Μεγάλος βαθμός απόδοσης σε μικρούς λόγους συμπίεσης
- Μικρές διαστάσεις
- Πολύ λίγα κινούμενα εξαρτήματα

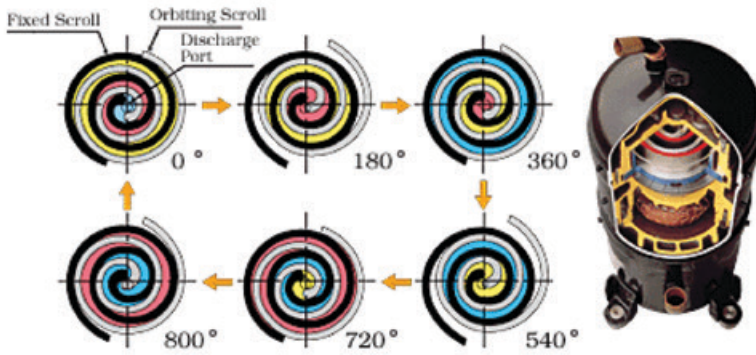
Μειονεκτήματα

- Δυσκολία επισκευής

- Μεγάλο κόστος προμήθειας
- Ακατάλληλοι για μεγάλους λόγους συμπίεσης

Σπειροειδείς συμπιεστές (Scroll compressors)

Οι σπειροειδείς συμπιεστές είναι πιο αθόρυβοι, πιο ανθεκτικοί και βρίσκουν εφαρμογές σε μικρής και μέσης ισχύος συστήματα. Αποτελούνται από δύο σπείρες προσαρμοσμένες η μία μέσα στην άλλη. Στους θύλακες που δημιουργούνται από τις δύο σπείρες εγκλωβίζεται ο ατμός του ψυκτικού μέσου και με την κίνηση της κάτω σπείρας (σε τροχιά γύρω από την αντίστοιχη σταθερή) οδηγείται συμπιεζόμενος (διότι ελαττώνεται ο όγκος της εγκλωβισμένης μάζας) προς το κέντρο των δύο σπειρών, όπου είναι η έξοδος προς τον συμπυκνωτή.



Αρχή λειτουργίας σπειροειδούς συμπιεστή

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα σε σχέση με παλινδρομικούς συμπιεστές

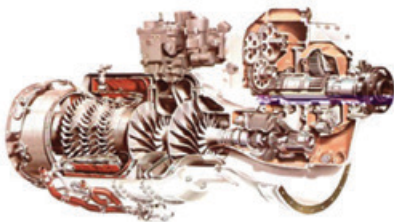
Πλεονεκτήματα

- Λιγότερα κινούμενα εξαρτήματα
- Υψηλότερες αποδόσεις, γιατί δεν υπάρχουν «νεκροί χρόνοι»
- Αθόρυβη λειτουργία χωρίς κραδασμούς
- Δεν επηρεάζονται από την παρουσία σταγόνων ψυκτικού υγρού που μπορεί να επιστρέψει στο συμπιεστή

Μειονεκτήματα

- Κόστος κατασκευής

Φυγοκεντρικοί συμπιεστές (Centrifugal compressors)



Οι **φυγοκεντρικοί** συμπιεστές αποτελούνται ουσιαστικά από ένα στροφέιο (φτερωτή) τοποθετημένο στο εσωτερικό ειδικού κελύφους. Η φτερωτή περιστρέφεται με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα και με την υποπίεση που δημιουργείται ο ατμός εισέρχεται στο χώρο των πτερυγίων και κατόπιν, με τη βοήθεια της αναπτυσσόμενης φυγοκεντρικής δύναμης, καταθλίβεται προς το συμπυκνωτή της μονάδας.

Χρησιμοποιούνται σε μεγάλες κλιματιστικές εγκαταστάσεις με ψυκτική ικανότητα πάνω από 200 kW και έχουν άριστες αποδόσεις με ψυκτικά μέσα μεγάλου ειδικού όγκου (π.χ. R-134a). Χαρακτηριστικό τους είναι η εύκολη προσαρμογή σε μεταβαλλόμενα φορτία (με ελάχιστο όμως φορτίο 20%).

Ο έλεγχος της ισχύος συμπιεστών γίνεται με κινούμενα οδηγία πτερύγια εισόδου, που ανοίγουν και κλείνουν ηλεκτρικά και είναι τοποθετημένα πριν από την πρώτη βαθμίδα του συμπιεστή.

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα σε σχέση με παλινδρομικούς συμπιεστές

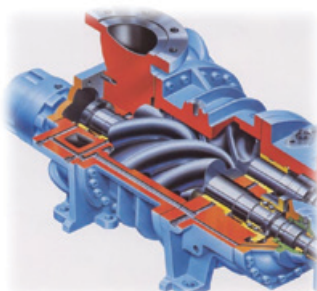
Πλεονεκτήματα

- Έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη
- Έχουν απλούστερο σύστημα λίπανσης
- Παρουσιάζουν εύκολη προσαρμογή στο ψυκτικό φορτίο

Μειονεκτήματα

- Δεν κατασκευάζονται για ψυκτική ισχύ κάτω από 200 kW
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην καλή λειτουργία του συστήματος λίπανσης
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην αντικραδασμική εγκατάστασή τους

Κοχλιωτοί (ελικοειδείς) συμπιεστές (Screw compressors)



Οι **κοχλιωτοί** συμπιεστές είναι θετικού εκτοπίσματος, χρησιμοποιούνται σε επαγγελματικά και βιομηχανικά συστήματα ψύξης μεγάλου μεγέθους, είναι κατάλληλοι για χαμηλές θερμοκρασίες και δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα με σταγόνες υγρού ψυκτικού.

Τα κύρια εξαρτήματά τους είναι:

- Το περίβλημα κυλινδρικής μορφής
- Οι δυο περιστρεφόμενοι κοχλιόμορφοι στροφείς
- Ο ηλεκτροκινητήρας με το σύστημα των γραναζιών για τη μετάδοση της κίνησης

Αρχή λειτουργίας

Το αέριο εισέρχεται από το ένα εκ των δύο άκρων των στροφείων και ωθείται στο αντίθετο άκρο τους. Επειδή μειώνεται ο χώρος ανάμεσα στις αυλακώσεις, αυξάνεται η πίεση του αερίου. Η συμπίεση τελειώνει όταν το αέριο, αφού φτάσει στην προκαθορισμένη πίεση, συναντά τη θύρα της κατάθλιψης και βγαίνει από το συμπιεστή.

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα σε σχέση με παλινδρομικούς συμπιεστές

Πλεονεκτήματα

- Έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης
- Παρουσιάζουν μικρή μεταβολή του βαθμού απόδοσής τους με τη μεταβολή των στροφών
- Έχουν λίγα κινούμενα μέρη και είναι αθόρυβοι
- Δεν έχουν βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης
- Επιτυγχάνουν μεγάλες πιέσεις κατάθλιψης
- Δεν κινδυνεύουν από εισροή υγρής φάσης ή υγρού εν γένει

Μειονεκτήματα

- Ακριβή κατασκευή γιατί απαιτούν μηχανουργικές κατεργασίες υψηλής ακρίβειας

Διβάθμιοι συμπιεστές



Διβάθμιοι λέγονται οι συμπιεστές στους οποίους η τελική συμπίεση προς το συμπυκνωτή πραγματοποιείται σε δύο βαθμίδες.

Η πρώτη βαθμίδα συμπίεσης είναι η βαθμίδα χαμηλής πίεσης, ενώ η δεύτερη βαθμίδα συμπίεσης είναι η βαθμίδα υψηλής πίεσης.

Στους κυλίνδρους της χαμηλής βαθμίδας συμπίεσης γίνεται η αναρρόφηση του ψυκτικού αερίου από τον εξατμιστή και η κατάθλιψή του προς την αναρρόφηση των κυλίνδρων της υψηλής βαθμίδας συμπίεσης, οι οποίοι στη συνέχεια το καταθλίβουν προς το συμπυκνωτή.

Επειδή ο ειδικός όγκος του αναρροφώμενου αερίου στις δύο βαθμίδες διαφέρει, ο αριθμός των κυλίνδρων της βαθμίδας χαμηλής πίεσης επιλέγεται συνήθως διπλάσιος από τον αριθμό των κυλίνδρων της υψηλής πίεσης.

Οι διβάθμιοι συμπιεστές χρησιμοποιούνται στα ψυκτικά συγκροτήματα χαμηλών και πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, π.χ. από $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ και κάτω.

Αν αντί για διβάθμιο χρησιμοποιούσαμε μονοβάθμιο συμπιεστή:

- Λόγω της μεγάλης διαφοράς πίεσης μεταξύ της αναρρόφησης και της κατάθλιψης ο λόγος συμπίεσης θα ήταν πολύ μεγάλος και επομένως θα είχαμε σημαντική μείωση του βαθμού απόδοσης.
- Θα αντιμετωπίζαμε το πρόβλημα της ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών στους κυλίνδρους και στο σώμα του συμπιεστή, με αποτέλεσμα να έχουμε πρόωρες φθορές στα έμβολα και στους κυλίνδρους του συμπιεστή.

Παράλληλη λειτουργία συμπιεστών

Σε εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού μεσαίου και μεγάλου μεγέθους χρησιμοποιούνται συστήματα με παράλληλη σύνδεση πολλών συμπιεστών.

Πλεονεκτήματα

- Έλεγχος ισχύος σε 2 βήματα
- Εφεδρεία σε περίπτωση ανάγκης
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, λόγω καλύτερης και ευκολότερης εκκίνησης (μοίρασμα φορτίου)
- Στην περίπτωση αστοχίας του ενός συστήματος συμπιεστών, υπάρχει το δεύτερο ή και το τρίτο σύστημα συμπιεστών που υποστηρίζει (μερικώς) το φορτίο



Έλεγχος μερικού φορτίου

Οι τρόποι αντιμετώπισης του μερικού φορτίου είναι:

- Έλεγχος εντός - εκτός (ON - OFF)
- Συμπιεστές πολλών ταχυτήτων

- Έλεγχος μέσω αποφόρτισης των κυλίνδρων (για παλινδρομικούς συμπιεστές μόνο)
- Έλεγχος με bypass κατάθλιψης
 Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μόνο στους παλινδρομικούς συμπιεστές, όταν ο συμπιεστής πρέπει να αντιμετωπίσει χαμηλότερο φορτίο από το ελάχιστο που επιτυγχάνεται με την αποφόρτιση των κυλίνδρων του.
 Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται με δυο τρόπους:
 - Bypass κατάθλιψης στην είσοδο του εξατμιστή.
 - Bypass κατάθλιψης στην αναρρόφηση.
- Πολλαπλοί συμπιεστές
 Σ' αυτή την περίπτωση πολλοί συμπιεστές συνδέονται παράλληλα σε κοινές γραμμές αναρρόφησης και κατάθλιψης για να αντιμετωπίσουν ένα κοινό φορτίο και ανάλογα με τη μείωση των φορτίων απενεργοποιείται ένας ή περισσότεροι συμπιεστές.

Επιλογή συμπιεστή

Από τεχνικά φυλλάδια (καταλόγους) κατασκευαστών

Οι συμπιεστές εκλέγονται από φυλλάδια (καταλόγους) κατασκευαστών, στα οποία αναφέρονται τα διάφορα μοντέλα των μηχανημάτων με τις αποδόσεις τους στις διάφορες θερμοκρασίες λειτουργίας, καθώς και πολλές άλλες τεχνικές λεπτομέρειες κατασκευής.

Τα δεδομένα που πρέπει να έχουμε στη διάθεσή μας είναι:

- Ισχύς συμπιεστή, σε kW
- Θερμοκρασία αναρρόφησης, σε °C
- Θερμοκρασία κατάθλιψης, σε °C
- Ψυκτικό μέσο, π.χ. R-12, R-22, R-134a κ.λπ.
- Τύπος συμπιεστή, π.χ. παλινδρομικός, κοχλιωτός, σπειροειδής κ.λπ.
- Κατασκευαστική διαμόρφωση συμπιεστή (ανοιχτού τύπου κ.λπ.)
- Βαθμίδες συμπιεστή, π.χ. μονοβάθμιος ή διβάθμιος
- Ρύθμιση ισχύος συμπιεστή π.χ. με σταθερό αριθμό στροφών, inverter κ.λπ.
- Πιθανές άλλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Μέσω προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή

Τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη του internet, όλο και περισσότερες εταιρείες κατασκευής ψυκτικών μηχανημάτων διαθέτουν αφενός τους καταλόγους τους σε ηλεκτρονική μορφή και αφετέρου έχουν αναπτύξει προγράμματα επιλογής των μηχανημάτων τους και παροχής πλείστων όσων τεχνικών λεπτομερειών.

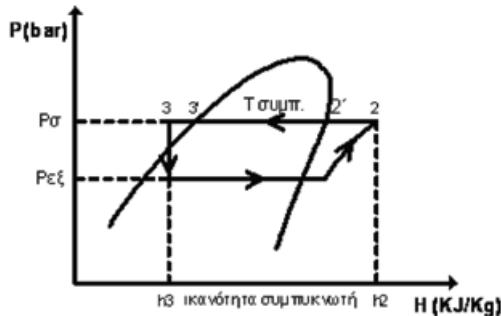
5.2 Συμπυκνωτές

Ο σκοπός του **συμπυκνωτή** είναι η αποβολή της θερμότητας του ψυκτικού μέσου προς το περιβάλλον ψύξης του. Στο συμπυκνωτή το ψυκτικό μέσο αποβάλλει τη θερμότητα που πήρε τόσο κατά την ατμοποίηση του στον εξατμιστή όσο και κατά τη φάση της συμπίεσής του.

Η λειτουργία του συμπυκνωτή φαίνεται στο διάγραμμα P-h που ακολουθεί. Στην αρχή έχουμε την αφυπερθέρμανση του ψυκτικού (μεταβολή 2→2', αποβολή αισθητής θερμότητας) και στη συνέχεια τη συμπύκνωσή του (μεταβολή 2'→3' , αλλαγή φάσης από κορεσμένο αέριο σε κορεσμένο υγρό αποβάλλοντας λανθάνουσα θερμότητα). Τέλος, από

το σημείο 3' το υγρό ψύχεται μέχρι το σημείο 3 (αποβολή αισθητής θερμότητας) που είναι η έξοδος του συμπυκνωτή και έχουμε υπόψυκτο υγρό.

Η απόδοση (ικανότητα) του συμπυκνωτή είναι ίση με τη διαφορά ενθαλπίας εισόδου - εξόδου ($h_2 - h_3$).



Η λειτουργία του συμπυκνωτή σε διάγραμμα P-h

Ανάλογα με το περιβάλλον προς το οποίο απορρίπτεται η θερμότητα, οι συμπυκνωτές κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- Αερόψυκτοι
- Υδροψυκτοι
- Εξατμιστικοί

Αερόψυκτοι συμπυκνωτές

Στους **αερόψυκτους συμπυκνωτές** το μέσο ψύξης είναι ο αέρας του περιβάλλοντος, ο οποίος κυκλοφορεί γύρω από το συμπυκνωτή και επειδή έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από το ψυκτικό μέσο που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν απορροφά θερμότητα από το ψυκτικό μέσο. Ο αέρας πρέπει να έρχεται σε καλή επαφή με το συμπυκνωτή, γι' αυτό οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές κατασκευάζονται με πτερύγια ώστε να αυξηθεί η επιφάνεια αποβολής θερμότητας.

Ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η κυκλοφορία του αέρα χωρίζονται σε:

- Φυσικής κυκλοφορίας, χωρίς τη χρήση κάποιου ανεμιστήρα
- Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, με τη χρήση ανεμιστήρα ή ανεμιστήρων.

Φυσικής κυκλοφορίας αέρα

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας αέρα είναι απλοί στην κατασκευή, έχουν χαμηλό κόστος, αθόρυβη λειτουργία και για τη λειτουργία τους δεν απαιτούν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελούνται από ένα χαλκοσωλήνα πάνω στον οποίο έχουν συγκολληθεί χάλκινα ή σιδερένια σύρματα τα οποία λειτουργούν σαν πτερύγια.

Το υπέρθερμο ψυκτικό μέσο εισέρχεται στο πάνω μέρος του συμπυκνωτή και ψύχεται καθώς κινείται προς το κάτω μέρος του συμπυκνωτή, που είναι και η έξοδος. Αυτό γίνεται για καλύτερη κυκλοφορία του αέρα και τελικά καλύτερη απόδοση του συμπυκνωτή.



Διάγραμμα οικιακού ψυγείου με συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας

Οι συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας αέρα πρέπει να τοποθετούνται σε μέρη που να αερίζονται, για να είναι εύκολη η ψύξη τους. Η συντήρησή τους απαιτεί μόνο εξωτερικό καθαρισμό από σκόνες. Χρησιμοποιούνται κυρίως στα οικιακά ψυγεία και σε μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις.

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συμπυκνωτών φυσικής κυκλοφορίας αέρα έναντι των συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι:

Πλεονεκτήματα

- Απλή κατασκευή και μικρό κόστος
- Αθόρυβη λειτουργία χωρίς κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
- Δεν παρουσιάζουν βλάβες
- Χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση

Μειονεκτήματα

- Καταλαμβάνουν μεγάλη επιφάνεια σε σχέση με την απόδοσή τους
- Έχουν χαμηλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος

Εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι πτερυγοφόροι και έχουν έναν ή περισσότερους ανεμιστήρες για την κυκλοφορία του αέρα. Έχουν μικρότερη επιφάνεια από αυτή των συμπυκνωτών φυσικής κυκλοφορίας. Είναι θορυβώδεις λόγω του ανεμιστήρα και για τη λειτουργία τους απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια. Αποτελούνται από χαλκοσωλήνες σε μορφή σερπαντίνας σε μία ή και περισσότερες σειρές, τα δε πτερύγια κατασκευάζονται από λεπτά φύλλα αλουμινίου ή χαλκού. Η ταχύτητα του αέρα που περνά μέσα από το στοιχείο του συμπυκνωτή είναι συνήθως 2,5 έως 5 m/s. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του αέρα που περνά από το στοιχείο τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα του συμπυκνωτή.

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα πρέπει να τοποθετούνται σε θέσεις που να επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα, αλλά να μην ενοχλούν με το θόρυβο του ανεμιστήρα. Η συντήρησή τους περιλαμβάνει καθαρισμό του στοιχείου, έλεγχο και συντήρηση του ανεμιστήρα και έλεγχο της ηλεκτρικής εγκατάστασής τους. Χρησιμοποιούνται σε μικρές και μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις.



Συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα έναντι των συμπυκνωτών φυσικής κυκλοφορίας είναι:

Πλεονεκτήματα

- Έχουν μικρότερες διαστάσεις σε σχέση με τους αερόψυκτους συμπυκνωτές φυσικής κυκλοφορίας
- Η απόδοσή τους μπορεί να μεταβάλλεται με τη μεταβολή της παροχής του αέρα που περνά από την επιφάνειά τους
- Η ικανότητά τους μπορεί να είναι μέχρι και 350 kW

Μειονεκτήματα

- Έχουν υψηλότερο κόστος
- Θορυβώδης λειτουργία και κατανάλωση ενέργειας λόγω του ανεμιστήρα

Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Οι **υδρόψυκτοι συμπυκνωτές** ψύχονται με κυκλοφορία νερού. Κατασκευάζονται σε οποιοδήποτε μέγεθος και η απόδοσή τους δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Σε περιπτώσεις μικρών εγκαταστάσεων, με μικρές καταναλώσεις, το νερό ψύξης μετά το συμπυκνωτή μπορεί να οδηγηθεί στην αποχέτευση. Στις εγκαταστάσεις που το νερό ψύξης των συμπυκνωτών ξαναχρησιμοποιείται, το νερό οδηγείται σε ένα μηχανήμα που ονομάζεται πύργος ψύξης, στο οποίο ψύχεται.

Το νερό που ψύχει τους υδρόψυκτους συμπυκνωτές κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες. Αυτό προκαλεί την επικάλυψη αλάτων στα εσωτερικά τοιχώματά τους, δυσκολεύοντας την κυκλοφορία του νερού και ελαττώνοντας την ικανότητα συναλλαγής θερμότητας.

Για να αντιμετωπιστεί η μείωση της απόδοσης ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή από το σχηματισμό στρώματος αλάτων στο εσωτερικό των σωλήνων πρέπει να γίνεται τακτική συντήρηση και καθαρισμός των σωληνώσεων νερού του συμπυκνωτή. Ο καθαρισμός αυτός είναι είτε μηχανικός, με ειδική μεταλλική βούρτσα (στους τύπους που αυτό είναι δυνατόν), είτε χημικός, με ειδικά υγρά που υπάρχουν στο εμπόριο, τα οποία διαλύουν τα άλατα και καθαρίζουν το εσωτερικό των σωλήνων του συμπυκνωτή.

Σε περιπτώσεις ψυκτικών εγκαταστάσεων όπου το νερό είναι πολύ σκληρό (περιέχει δηλαδή πολλά άλατα ασβεστίου) προβλέπεται εγκατάσταση συσκευής αποσκλήρυνσης.

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε:

Συμπυκνωτές με διπλούς σωλήνες

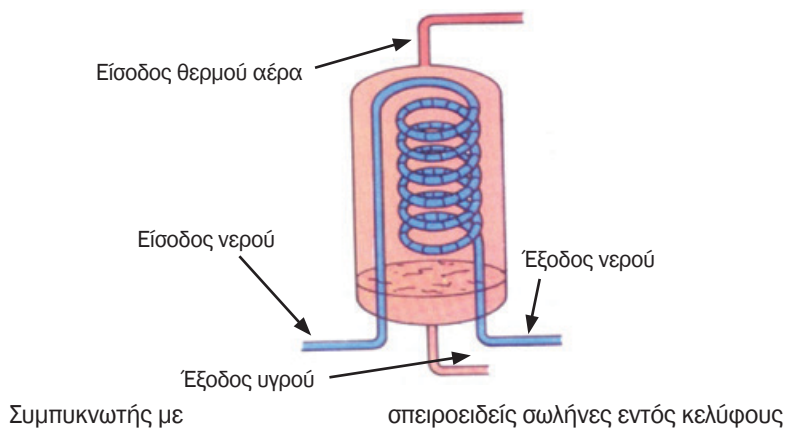
Στη διάταξη αυτή ο σωλήνας του νερού περιβάλλεται από το σωλήνα του ψυκτικού μέσου και τα δύο ρευστά έχουν αντίθετη φορά ροής. Οι συμπυκνωτές του τύπου αυτού χρησιμοποιούνται σε μικρές ψυκτικές μηχανές.

Συμπυκνωτές με σπειροειδείς σωλήνες εντός κελύφους

Αποτελούνται από έναν σπειροειδή σωλήνα τοποθετημένο μέσα σε ένα χαλύβδινο περίβλημα. Το νερό κυκλοφορεί μέσα στη σερπαντίνα, ενώ το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μεταξύ του κελύφους και των σωλήνων. Χρησιμοποιούνται σε μικρού και μεσαίου μεγέθους ψυκτικές μηχανές.

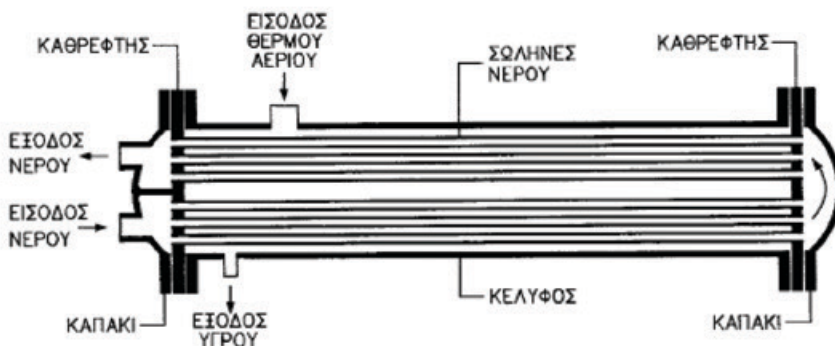


Συμπυκνωτής με διπλούς σωλήνες



Συμπυκνωτές δέσμης σωλήνων εντός κελύφους

Αποτελούνται από ένα χαλύβδινο περίβλημα, μέσα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί ευθύγραμμοι παράλληλοι σωλήνες. Το νερό κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες και το ψυκτικό μέσο μεταξύ του κελύφους και των σωλήνων. Χρησιμοποιούνται σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους ψυκτικές μηχανές.



Συμπυκνωτής δέσμης σωλήνων εντός κελύφους

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υδρόψυκτων συμπυκνωτών έναντι των αερόψυκτων είναι:

Πλεονεκτήματα

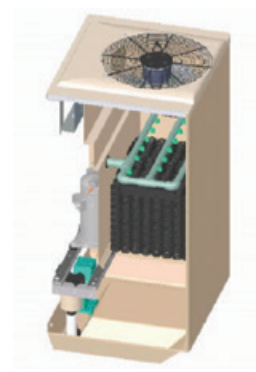
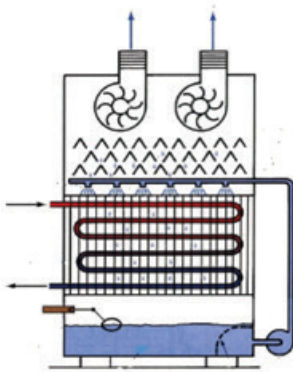
- Κατασκευάζονται σε οποιοδήποτε μέγεθος χωρίς περιορισμό
- Η απόδοσή τους δεν επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος
- Λόγω των σχετικά μικρότερων πιέσεων κατάθλιψης (επειδή η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι χαμηλότερη απ' ό,τι στους αερόψυκτους) η απορροφούμενη ενέργεια είναι μικρότερη και ο συμπιεστής καταπονείται λιγότερο

Μειονεκτήματα

- Το κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος των αερόψυκτων συμπυκνωτών
- Απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού
- Δημιουργούνται προβλήματα παγοποίησης κατά τις ψυχρές ημέρες του χειμώνα

Εξατμιστικοί συμπυκνωτές

Οι **εξατμιστικοί** συμπυκνωτές χρησιμοποιούν ως μέσο ψύξης του ψυκτικού μέσου το νερό και τον αέρα μαζί. Είναι δηλαδή συνδυασμός αερόψυκτου και υδρόψυκτου συμπυκνωτή. Αποτελούνται από ένα κιβώτιο στο οποίο είναι τοποθετημένη μια σερπαντίνη όπου κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο. Πάνω στη σερπαντίνη, από μια σειρά μπεκ ψεκάζεται νερό που αναρροφά μια αντλία από τη λεκάνη στην οποία συγκεντρώνεται το νερό στο κάτω μέρος του κιβωτίου. Ένας ή περισσότεροι ανεμιστήρες δημιουργούν ένα ρεύμα αέρα ώστε να απομακρύνεται συνεχώς το μίγμα αέρα - νερού γύρω από τη σερπαντίνη. Με την εξατμισμό του νερού που γίνεται πάνω στη σερπαντίνη επιτυγχάνεται η ψύξη του ψυκτικού μέσου. Για να περιορίσουμε την κατανάλωση νερού που παρασύρεται από τον αέρα, τοποθετούμε κατάλληλα πτερύγια, ως εμπόδια, στη ροή του αέρα. Τα πτερύγια αυτά ονομάζονται σταγονοσυλλέκτες. Η συντήρηση των εξατμιστικών συμπυκνωτών είναι απαραίτητη διότι το ρεύμα του υγρού αέρα που κυκλοφορεί μέσα στο κιβώτιο και το νερό προκαλεί διαβρώσεις. Για το λόγο αυτό πρέπει να καθαρίζονται τακτικά και όλα τα μέρη να προστατεύονται με κατάλληλα υλικά (αντιδιαβρωτικά).



Εξατμιστικοί συμπυκνωτές

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των εξατμιστικών συμπυκνωτών είναι:

Πλεονεκτήματα

- Κατασκευάζονται σε οποιοδήποτε μέγεθος χωρίς περιορισμό
- Έχουν πολύ καλή απόδοση σε σχέση με το μέγεθός τους
- Απαιτούν λιγότερο νερό από τους υδρόψυκτους συμπυκνωτές
- Απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάστασή τους από τον αντίστοιχο υδρόψυκτο συμπυκνωτή με πύργο ψύξης

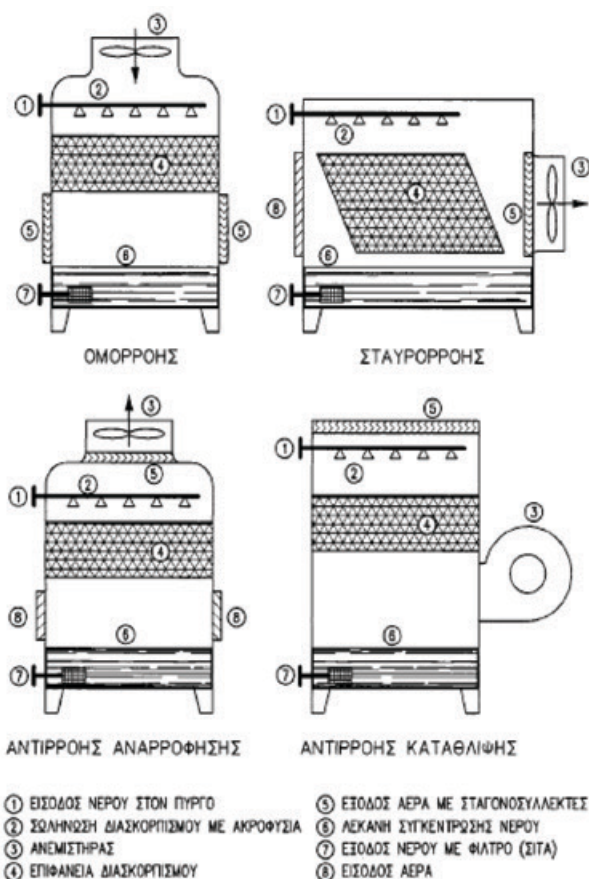
Μειονεκτήματα

- Απαιτούν αρκετά δαπανηρή συντήρηση
- Δημιουργούνται προβλήματα παγοποίησης του χρησιμοποιούμενου νερού

Πύργοι ψύξης

Οι **πύργοι ψύξης** χρησιμοποιούνται για να απορροφούν τη θερμότητα του νερού ψύξης των υδρόψυκτων συμπυκνωτών και να την απορρίπτουν στο περιβάλλον. Ψύχουν δηλαδή το νερό που κυκλοφορεί στο συμπυκνωτή. Η απόρριψη της θερμότητας (ψύξη) γίνεται με ανάμιξη του νερού με τον ατμοσφαιρικό αέρα και ταυτόχρονη εξάτμιση.

Οι πύργοι ψύξης εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα διακρίνονται, ανάλογα με τη θέση των ανεμιστήρων, σε πύργους κατάθλιψης και αναρρόφησης, ανάλογα δε με τον τρόπο κίνησης νερού-αέρα σε ομορροής, σταυρορροής, αντιρροής.



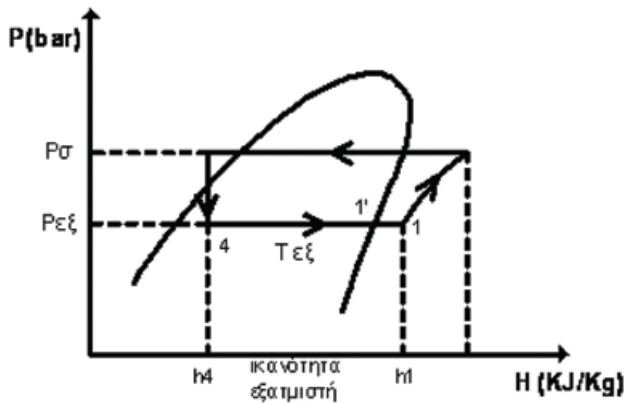
Σχηματική παράσταση διάφορων μορφών πύργων ψύξης

Η συντήρηση των πύργων ψύξης πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, με βάση ετήσιο πρόγραμμα συντήρησης.

5.3 Εξατμιστές

Ο **εξατμιστής** (ή ατμοποιητής ή ψυκτικό στοιχείο) είναι το τμήμα εκείνο της ψυκτικής μηχανής στο οποίο το ψυκτικό υγρό, αφαιρώντας μεγάλα ποσά θερμότητας από το ψυχόμενο περιβάλλον του, μετατρέπεται σε αέριο. Δηλαδή είναι το ψυκτικό στοιχείο στο οποίο παράγεται το ψυκτικό αποτέλεσμα.

Η λειτουργία του εξατμιστή φαίνεται στο διάγραμμα P-h που ακολουθεί. Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εξατμιστή σε μορφή μίγματος (σημείο 4) και αφαιρώντας θερμότητα από το ψυχόμενο περιβάλλον του μετατρέπεται σε κορεσμένο αέριο ίδιας πίεσης και θερμοκρασίας (σημείο 1'). Από το σημείο 1' έως το σημείο 1, που είναι και η έξοδος του εξατμιστή, γίνεται η υπερθέρμανση του αερίου. Η απόδοση (ικανότητα) του εξατμιστή είναι ίση με τη διαφορά ενθαλπίας εισόδου - εξόδου ($h_1 - h_4$).



Η λειτουργία του εξατμιστή σε διάγραμμα P-h

Οι εξατμιστές, ανάλογα με το σύστημα τροφοδοσίας τους, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στους **εξατμιστές ξηρής εκτόνωσης**, όπου το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μέσα σε σωλήνες που περιρρέονται από το ρευστό προς ψύξη. Από το σημείο του στοιχείου όπου ολοκληρώνεται η ατμοποίηση και πέρα το στοιχείο είναι στεγνό (ξηρό).
- Στους **κατακλυζόμενους εξατμιστές**, όπου το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται στην εξωτερική επιφάνεια σωλήνων, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το νερό.

Οι εξατμιστές, ανάλογα με το ρευστό που ψύχουν, κατατάσσονται σε:

- Εξατμιστές ψύξης αέρα
- Εξατμιστές ψύξης υγρών

Εξατμιστές ψύξης αέρα

Οι **εξατμιστές ψύξης αέρα**, ανάλογα με το αν έχουν ή όχι ανεμιστήρα για την κυκλοφορία του αέρα, διακρίνονται σε:

- Εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας αέρα
- Εξατμιστές βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα

Εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας αέρα

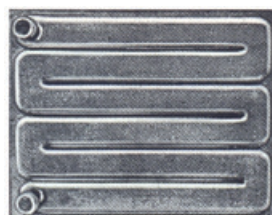
Οι εξατμιστές ή στοιχεία **φυσικής κυκλοφορίας** αέρα χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρές εγκαταστάσεις, ιδίως όταν μας ενδιαφέρει να έχουμε υψηλή σχετική υγρασία στον ψυκτικό θάλαμο, για να μην αφυγραίνονται τα προϊόντα. Τοποθετούνται πάντοτε στο επάνω μέρος των ψυγείων διότι ο ψυχόμενος αέρας που έρχεται σε επαφή με τον εξατμιστή γίνεται πιο βαρύν, με αποτέλεσμα να κινείται από επάνω προς τα κάτω, δημιουργώντας ένα καθοδικό ρεύμα, φυσικής κυκλοφορίας γύρω από τον εξατμιστή.

Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν, οι εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας έχουν διάφορα σχήματα. Τα κυριότερα είδη είναι:

- Σωληνωτοί εξατμιστές
- Εξατμιστές με πτερύγια
- Πλακοειδείς εξατμιστές



A.



B.

Εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας αέρα

A. Με πτερύγια B. Πλακοειδής

Εξατμιστές βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα

Οι εξατμιστές **βεβιασμένης ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας** αέρα συνήθως κατασκευάζονται από χαλκοσωλήνα με πτερύγια από λεπτά φύλλα αλουμινίου ή χαλκού και είναι άμεσης εκτόνωσης (Direct expansion). Συνήθως αποτελούνται από πολλαπλά κυκλώματα, και η κυκλοφορία του αέρα επιτυγχάνεται με χρήση ενός ή περισσοτέρων ανεμιστήρων.



Εξατμιστές βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα

Εξατμιστές ψύξης υγρών

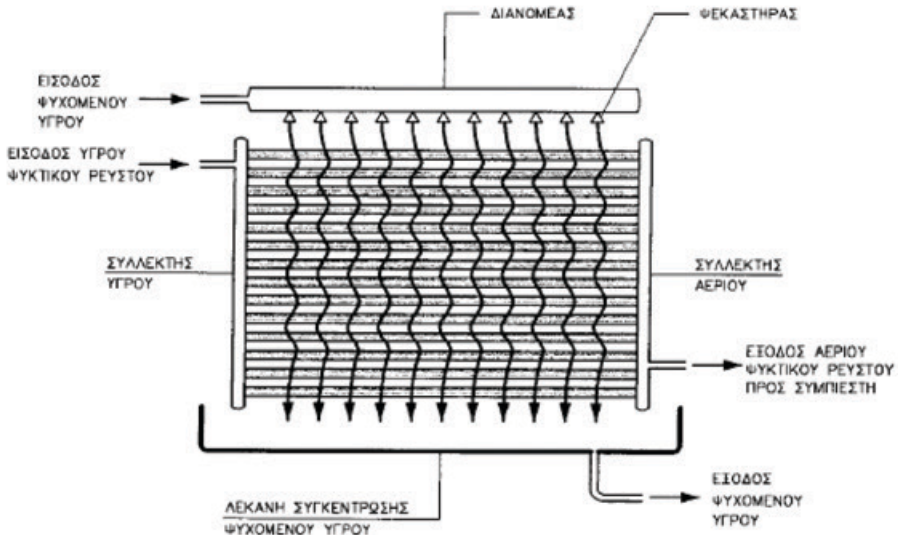
Οι **εξατμιστές που ψύχουν υγρά** χρησιμοποιούνται, σε ψυκτικές εγκαταστάσεις υγρών τροφίμων (γάλα, μπίρα κ.λπ.), σε εγκαταστάσεις κλιματισμού ή σε ψύκτες πόσιμο νερού, όπου ψύχουν νερό σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 0 °C, καθώς και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες ψύχονται διάφορες άλλες σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 0 °C. Ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτάται και η μορφή του εξατμιστή. Οι κυριότερες μορφές είναι:

Εξατμιστές διπλών σωλήνων

Αποτελούνται από δύο σωλήνες που ο ένας είναι μέσα στον άλλο. Στον εσωτερικό σωλήνα κυκλοφορεί το ψυχόμενο υγρό ενώ στον εξωτερικό το ψυκτικό μέσο. Τα δύο ρευστά έχουν αντίθετη φορά ροής για καλύτερη συναλλαγή θερμότητας. Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία παραγωγής κρασιών, μπίρας κ.λπ. και το βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι πολλές φορές παρουσιάζονται διαρροές, με κίνδυνο ανάμιξης του ψυχόμενου υγρού με το ψυκτικό μέσο.

Εξατμιστές παράλληλων σωλήνων

Αποτελούνται από παράλληλους χάλκινους σωλήνες που στο εσωτερικό τους κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο. Το ψυχόμενο υγρό ψεκάζεται στο επάνω μέρος των σωλήνων του εξατμιστή και στη συνέχεια ρέει προς τα κάτω λόγω βαρύτητας, συλλέγεται σε μία λεκάνη, από όπου και παραλαμβάνεται. Χρησιμοποιούνται κυρίως για βιομηχανικές εφαρμογές.



Σχηματική παράσταση εξατμιστή παράλληλων σωλήνων

Εξατμιστές γυμνών σωλήνων μέσα σε δεξαμενές

Αποτελούνται από ένα σωλήνα κατάλληλου σχήματος τοποθετημένο σε μια δεξαμενή (συνήθως κλειστή). Η δεξαμενή είναι γεμάτη με το ψυχόμενο υγρό. Μέσα στη δεξαμενή τοποθετείται συνήθως ένας αναδευτήρας, ο οποίος διατηρεί συνεχή κίνηση

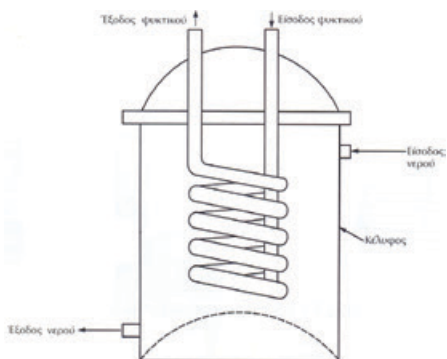
στο ψυχόμενο υγρό. Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων (ψύξη κρασιού κ.λπ.) αλλά και για ψύξη διαφόρων υγρών (νερό, λάδι, πετρέλαιο κ.λπ.).

Εξατμιστές με κέλυφος και σπειροειδή σωλήνα

Αποτελούνται από έναν σπειροειδή σωλήνα τοποθετημένο σε χαλύβδινο περίβλημα. Το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μέσα στη σερπαντίνη, ενώ γύρω από αυτή κυκλοφορεί το ψυχόμενο υγρό. Χρησιμοποιούνται σε μικρού και μεσαίου μεγέθους ψυκτικές εγκαταστάσεις (π.χ. ψύκτες πόσιμου νερού).



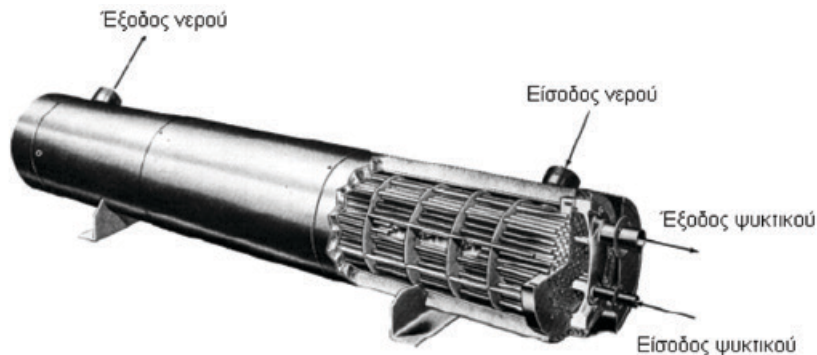
Εξατμιστής ψύκτη νερού



Σχηματική παράσταση εξατμιστή με κέλυφος και σπειροειδή σωλήνα

Πολυαυλωτοί εξατμιστές ξηρής εκτόνωσης

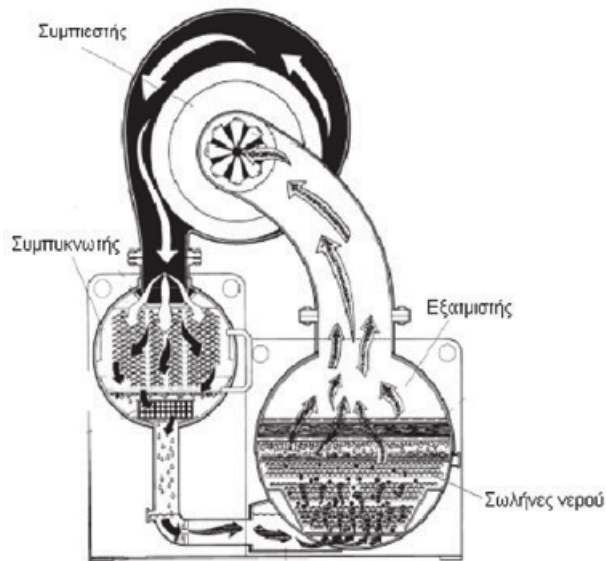
Αποτελούνται από ένα χαλύβδινο περίβλημα, μέσα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί ευθύγραμμοι παράλληλοι σωλήνες. Το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες, ενώ το νερό κυκλοφορεί στο κέλυφος του εξατμιστή. Η ατμοποίηση του υγρού ψυκτικού μέσου γίνεται με απορρόφηση θερμότητας από το νερό. Από το σημείο του στοιχείου όπου ολοκληρώνεται η ατμοποίηση και πέρα το στοιχείο είναι στεγνό (ξηρό). Στο εσωτερικό τοποθετούνται κατάλληλα διαφράγματα στις διαδρομές του νερού για να βελτιωθεί η συναλλαγή θερμότητας νερού - ψυκτικού. Χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού μικρού και μεσαίου μεγέθους.



Πολυαυλωτός εξατμιστής ξηρής εκτόνωσης

Πολυαυλωτοί εξατμιστές κατακλυζόμενου τύπου

Αποτελούνται από ένα χαλύβδινο περίβλημα, μέσα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί ευθύγραμμοι παράλληλοι σωλήνες. Το νερό προς ψύξη κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες, οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε κέλυφος που είναι κατακλυσμένο με ψυκτικό μέσο. Το ψυκτικό μέσο που σιγά σιγά εξατμίζεται αναρροφάται από το συμπιεστή, περνώντας ανάμεσα από σταγονοσυλλέκτες που παρακρατούν τα σταγονίδια του υγρού που πιθανόν παρασύρθηκαν. Η στάθμη του ψυκτικού στον εξατμιστή διατηρείται σταθερή από μία βαλβίδα με πλωτήρα. Επειδή το ψυκτικό δεν κυκλοφορεί στις σωληνώσεις, οι πτώσεις πίεσης είναι μικρές και γι' αυτό οι κατακλυζόμενοι εξατμιστές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με φυγοκεντρικούς συμπιεστές σε μεγάλες εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού.



Σχηματική παράσταση ψύκτη νερού με φυγοκεντρικό συμπιεστή και πολυαυλωτό εξατμιστή κατακλυζόμενου τύπου

Αποπάγωση των εξατμιστών

Κατά τη λειτουργία των ψυκτικών εγκαταστάσεων παρουσιάζεται συχνά το πρόβλημα του σχηματισμού πάγου πάνω στην επιφάνεια του εξατμιστή. Ο πάγος αυτός προέρχεται από τη συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα, οι οποίοι μετατρέπονται σε πάγο όταν η θερμοκρασία του εξατμιστή είναι κάτω από 0°C . Ο πάγος που σχηματίζεται πάνω στον εξατμιστή δημιουργεί θερμική μόνωση και έτσι μειώνεται σημαντικά η απόδοση του εξατμιστή.

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό είναι απαραίτητο να γίνεται τακτικά αποπάγωση (απόψυξη) των στοιχείων ατμοποίησης. Το πόσο συχνά θα γίνεται απόψυξη θα εξαρτηθεί από το είδος της εγκατάστασης και το είδος των συντηρούμενων προϊόντων. Γενικά, η αποπάγωση πρέπει να γίνεται όταν το πάχος του πάγου φτάσει στα 5 mm. Αν δεν γίνει αποπάγωση έχουμε μείωση της απόδοσης του εξατμιστή, παρατεταμένη λειτουργία του συμπιεστή και γενικά αντιοικονομική λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης.

Μέθοδοι αποπάγωσης

Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι αποπάγωσης είναι οι εξής:

- Με ηλεκτρικές αντιστάσεις
- Με χρήση ζεστού νερού
- Με παράκαμψη θερμού αερίου

ΔΤ εξατμιστών

Σε έναν εξατμιστή βεβιασμένης κυκλοφορίας ο όρος ΔΤ σημαίνει τη διαφορά θερμοκρασίας εισόδου - εξόδου του αέρα στον εξατμιστή. Σε έναν εξατμιστή φυσικής κυκλοφορίας σημαίνει τη μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα του ψυκόμενου χώρου και της θερμοκρασίας εξαίτησης του ψυκτικού. Η ψυκτική ικανότητα των εξατμιστών εξαρτάται από το ΔΤ και συγκεκριμένα η ικανότητα του εξατμιστή μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του ΔΤ.

5.4 Εκτονωτικές διατάξεις

Σκοπός της **εκτονωτικής διάταξης** είναι η πτώση της πίεσης του ψυκτικού μέσου, καθώς και η ρύθμιση της παροχής του από το συμπυκνωτή προς το στοιχείο εξάτμισης.

Στην εκτονωτική διάταξη το ψυκτικό υγρό εκτονώνεται και έτσι μεταβάλλεται από υγρό υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας σε μίγμα υγρού και αερίου χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας, γιατί η ποσότητα του ψυκτικού που εξατμίζεται αμέσως με την αλλαγή της πίεσης απορροφά θερμότητα από την ίδια τη μάζα του. Η παλαιότερη μέθοδος ελέγχου της μετατροπής από υψηλή σε χαμηλή πίεση καθώς και της ροής του ψυκτικού είναι οι χειροκίνητες εκτονωτικές βαλβίδες. Οι βαλβίδες αυτές είναι απλές, όπως οι βάνες ροής, με την διαφορά ότι έχουν πολύ σπειρώμα στο κινητό μέρος τους, για την επιτυχία πολύ μικρών μεταβολών στις πιέσεις, καθώς και είσοδο και έξοδο με διαφορετικές διαμέτρους.

Τα είδη των εκτονωτικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται είναι:

1. Ο τριχοειδής σωλήνας (Capillary tube)
2. Η αυτόματη ή πρεσοστατική εκτονωτική βαλβίδα (Pressure expansion valve)
3. Η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα (Thermal expansion valve)
4. Η ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα (Electronic expansion valve)
5. Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα ελέγχου στη χαμηλή πλευρά
6. Η εκτονωτική βαλβίδα με πλωτήρα ελέγχου στην υψηλή πλευρά

Τριχοειδής σωλήνας (Capillary tube)



Τριχοειδής σωλήνας

Ο **τριχοειδής** είναι ένας σωλήνας μεγάλου μήκους και μικρής διαμέτρου που συνδέει την έξοδο του συμπυκνωτή με την είσοδο του εξατμιστή. Λόγω της μικρής διαμέτρου και του μεγάλου μήκους δημιουργείται μια δυσκολία ροής του ψυκτικού και έτσι εξασφαλίζεται η απαιτούμενη πτώση πίεσης. Χρησιμοποιείται σε μικρές εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού και επειδή η παροχή του ψυκτικού είναι σταθερή πρέπει να επιλέγεται με προσοχή για συγκεκριμένη εγκατάσταση.

Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του τριχοειδούς σωλήνα σε σχέση με άλλους τύπους εκτονωτικών διατάξεων είναι:

Πλεονεκτήματα

- Εύκολος στη χρήση του και χωρίς φθορές.
- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση.
- Μικρό κόστος.
- Λόγω εξίσωσης πίεσης στις δύο πλευρές του κυκλώματος κατά το σταμάτημα του συμπιεστή, μειώνεται η αντίσταση εκκίνησής του.

Μειονεκτήματα

- Προβλήματα μερικής ή ολικής απόφραξης. Επειδή η διάμετρος του τριχοειδούς σωλήνα είναι πολύ μικρή, εμφανίζεται το πρόβλημα της μερικής ή ολικής απόφραξης του από διάφορα μικροσκοπικά σωματίδια, μικρά μεταλλικά ρινίσματα, σωματίδια άνθρακα ή κόλλησης. Για την αποφυγή αυτού του προβλήματος πρέπει να εγκαθίσταται στην αρχή του τριχοειδούς σωλήνα ένα φίλτρο - ξηρανής.
- Απαιτείται προσεκτική επιλογή του μεγέθους του τριχοειδούς σωλήνα διότι μετά την τοποθέτησή του δεν μπορεί να δεχτεί καμία ρύθμιση.
- Απαιτείται μεγάλη προσοχή στην ποσότητα του ψυκτικού ρευστού κατά την πλήρωση του κυκλώματος. Δεν επιτρέπεται να εισαχθεί στην ψυκτική εγκατάσταση ούτε περισσότερο ούτε λιγότερο ψυκτικό μέσο.
- Περίπτωση σπασίματος ή τσακίσματος του τριχοειδούς σωλήνα. Στην περίπτωση που ο τριχοειδής σωλήνας σπάσει, τότε το ψυκτικό μέσο διαρρέει (χάνεται στην ατμόσφαιρα), ο συμπιεστής λειτουργεί συνέχεια, πλην όμως, όπως είναι φυσικό, ψύξη δεν παράγεται. Ο τριχοειδής σωλήνας πρέπει, σ' αυτή τη περίπτωση, να αντικατασταθεί με καινούριο.

Επιλογή τριχοειδούς σωλήνα

Το μήκος του τριχοειδούς σωλήνα που χρησιμοποιείται στις ψυκτικές και κλιματιστικές εγκαταστάσεις δίνεται από πίνακες, σύμφωνα με την ιπποδύναμη του συμπιεστή, το είδος του κυκλώματος και τη διατομή του. Γενικά, όταν επιλέγεται από πίνακες κατασκευαστών ένας τριχοειδής σωλήνας, θα πρέπει να έχουμε υπόψη τα εξής:

- Εάν αυξήσουμε τη διάμετρο του τριχοειδούς σωλήνα πρέπει ταυτόχρονα να αυξήσουμε και το μήκος του για να έχουμε το ίδιο ψυκτικό αποτέλεσμα.
- Εάν αυξήσουμε τη διάμετρο του τριχοειδούς σωλήνα ή ελαττώσουμε το μήκος του, τότε η θερμοκρασία εξάτμισης (και η πίεση) στον εξατμιστή αυξάνεται.
- Αντίθετα, εάν ελαττώσουμε τη διάμετρο του τριχοειδούς σωλήνα ή αυξήσουμε το μήκος του, τότε η θερμοκρασία εξάτμισης (και η πίεση) στον εξατμιστή μειώνεται.

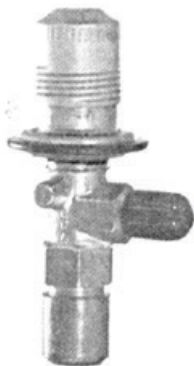
Επομένως, στην περίπτωση αντικατάστασης ενός χαλασμένου τριχοειδούς σωλήνα με καινούριο, θα πρέπει ο νέος τριχοειδής σωλήνας να έχει ακριβώς την ίδια διάμετρο και το ίδιο μήκος. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιηθούν σχετικοί πίνακες τεχνικών στοιχείων τριχοειδών σωλήνων ώστε με ασφάλεια να επιλεγεί νέος τριχοειδής σωλήνας με άλλη διάμετρο και άλλο μήκος.

Αυτόματα ή πρεσοστατική εκτονωτική βαλβίδα

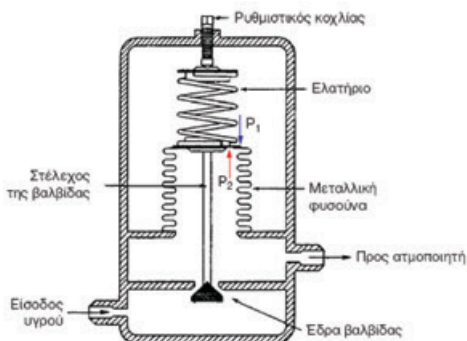
Η βαλβίδα αυτή κρατά σταθερή την πίεση του εξατμιστή ανεξάρτητα από τη μεταβολή του ψυκτικού φορτίου.

Η αυτόματη εκτονωτική βαλβίδα αποτελείται από:

- Το σώμα της βαλβίδας
- Το ρυθμιστικό ελατήριο με τον κοχλία ρύθμισης
- Τη μεταλλική φουσούνα
- Το στέλεχος και την έδρα της βαλβίδας



Πρεσοστατική βαλβίδα



Πρεσοστατική βαλβίδα – Αρχή λειτουργίας

Η λειτουργία της στηρίζεται σε δύο πιέσεις, την πίεση του ελατηρίου ρύθμισης και την πίεση της αναρρόφησης.

Σε αύξηση του ψυκτικού φορτίου, έχουμε γρήγορη εξάτμιση του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή, με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση της υπερθέρμανσης του ψυκτικού αερίου. Όμως αύξηση της υπερθέρμανσης σημαίνει αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου, δηλαδή ταυτόχρονα αύξηση της πίεσης μέσα στον εξατμιστή. Με την αύξηση όμως της πίεσης του εξατμιστή ασκείται στη μεμβράνη δύναμη μεγαλύτερη από αυτή που ασκεί το ελατήριο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μετακινείται προς τα πάνω το στέλεχος της βαλβίδας και η βαλβίδα να κλείνει περισσότερο, μειώνοντας έτσι την παροχή του ψυκτικού μέσου. Ακριβώς αυτή η κίνηση είναι και το μεγάλο **μειονέκτημα** της πρεσοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας.

Δηλαδή, με την αύξηση του ψυκτικού φορτίου, ενώ θα έπρεπε η βαλβίδα να τροφοδοτήσει τον εξατμιστή με μεγαλύτερη ποσότητα ψυκτικού υγρού, ενεργεί ακριβώς αντίθετα. Το αντίστροφο γίνεται στην περίπτωση που η πίεση μέσα στον εξατμιστή είναι χαμηλή. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας της πρεσοστατικής βαλβίδας έχουμε ως αποτέλεσμα τη διατήρηση μιας σταθερής πίεσης αναρρόφησης ανεξάρτητα από τη μεταβολή του ψυκτικού φορτίου. Έτσι, ρυθμίζοντας ο χειριστής την πίεση του ελατηρίου, μπορεί να ρυθμίζει την επιθυμητή πίεση λειτουργίας της αναρρόφησης για να φέρει το επιθυμητό θερμοκρασιακό αποτέλεσμα στο χώρο.

Ένα **πλεονέκτημα** που έχουν οι πρεσοστατικές βαλβίδες είναι ότι όταν σταματήσει ο συμπιεστής, καθώς η πίεση στον εξατμιστή αυξάνεται με τη συσσώρευση υγρού ψυκτικού στον εξατμιστή, η βαλβίδα θα κλείσει. Έτσι, όταν ξαναρχίσει ο συμπιεστής, η βαλβίδα δεν θα ανοίξει αμέσως, αλλά λίγο αργότερα, όταν πια έχει μειωθεί η πίεση μέσα στον εξατμι-

στή, με αποτέλεσμα να μην υπερφορτώνεται ο συμπιεστής και να αποφεύγεται η αναρρόφηση υγρού ψυκτικού κατά την εκκίνηση (επιστροφή υγρού).

Η πρεσοστατική βαλβίδα χρησιμοποιείται σε μικρές μόνο ψυκτικές εγκαταστάσεις, που έχουν σχετικά σταθερό ψυκτικό φορτίο, όπως π.χ. οικιακά ψυγεία, ψύκτες νερού κ.λπ. Λόγω της σταθερής πίεσης λειτουργίας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μονάδες που η λειτουργία τους ελέγχεται από πρεσοστάτη.

Οι βαλβίδες αυτές, λόγω των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν, τείνουν να αντικατασταθούν (σχεδόν δεν χρησιμοποιούνται) από άλλα είδη εκτονωτικών διατάξεων (π.χ. τριχοειδείς σωλήνες).

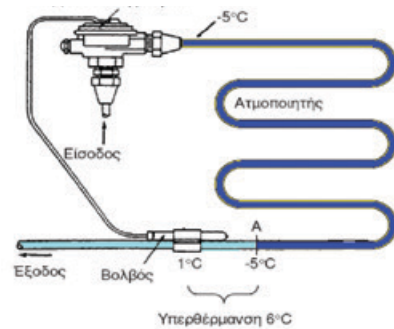
Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα (ΘΕΒ)

Η **θερμοστατική ή θερμοεκτονωτική βαλβίδα** ελέγχει αυτόματα την υπερθέρμανση του εξατμιστή, τροφοδοτώντας τον με την ποσότητα του ψυκτικού που χρειάζεται κάθε φορά, ανάλογα με τα ψυκτικά φορτία.

Η βαλβίδα λέγεται και σταθερής υπερθέρμανσης γιατί διατηρεί μια σταθερή υπερθέρμανση στον εξατμιστή. **Υπερθέρμανση** ονομάζουμε τη διαφορά θερμοκρασίας στην έξοδο του εξατμιστή και θερμοκρασίας εξάτμισης του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή.



Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα



Υπερθέρμανση ΘΕΒ

Η θερμοεκτονωτική βαλβίδα αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη:

- Το σώμα
- Τη μεμβράνη (διάφραγμα)
- Το σύστημα ελέγχου
- Το ελατήριο υπερθέρμανσης με τον ρυθμιστικό κοχλίο
- Τον θερμοστατικό βολβό, με τον τριχοειδή σωλήνα

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ΘΕΒ είναι ο θερμοστατικός βολβός, που είναι τοποθετημένος στην έξοδο του εξατμιστή και συνδέεται με το πάνω μέρος της βαλβίδας με έναν τριχοειδή σωλήνα. Η βαλβίδα έχει μια μεμβράνη που επάνω της έχει τοποθετηθεί το σύστημα ελέγχου της ροής του ψυκτικού υγρού. Η κίνηση της μεμβράνης παρασύρει σε αντίστοιχη κίνηση τη ρυθμιστική βελόνα και έτσι αυξομειώνεται η παροχή του ψυκτικού. Από την πάνω πλευρά της μεμβράνης ασκείται η πίεση P_1 του βολβού, η οποία τείνει να ανοίξει τη βαλβίδα, και από την κάτω πλευρά ασκείται το άθροισμα δύο πιέσεων, αυτής από το ψυκτικό υγρό στην είσοδο του εξατμιστή P_2 και αυτής του ελατηρίου ρύθμισης P_3 .

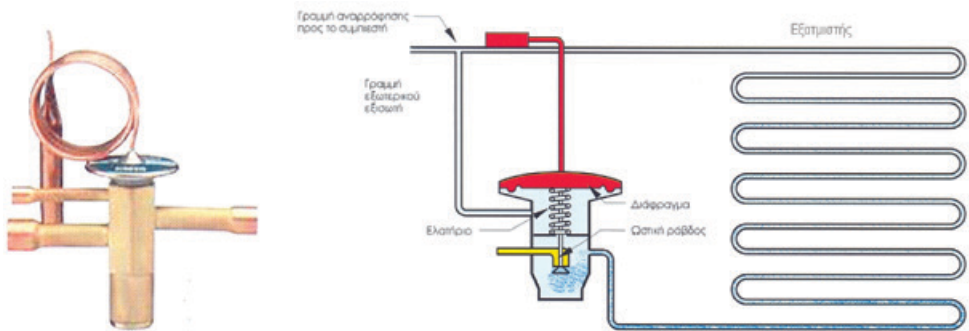
Έτσι, ισχύει πάντα: $P_1 = P_2 + P_3$

Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερικό εξισωτή

Το ψυκτικό ρευστό, καθώς ρέει μέσα στους σωλήνες του εξατμιστή, έχει απώλειες πίεσης λόγω τριβών. Η πτώση πίεσης όμως συνοδεύεται από πτώση της θερμοκρασίας ατμοποίησης λόγω της αλλαγής φάσης του ψυκτικού. Η ατμοποίηση δηλαδή συνεχίζεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Η ΘΕΒ όμως θα δράσει με την πίεση (αντίστοιχη της θερμοκρασίας κορεσμού) που επικρατεί στην είσοδο του στοιχείου ατμοποίησης και βάσει αυτής θα ρυθμίσει την υπερθέρμανση. Στη πραγματικότητα όμως η υπερθέρμανση είναι μεγαλύτερη από την πραγματική, διότι η ΘΕΒ δεν «αντιλαμβάνεται» αν μετά ακολουθεί πτώση πίεσης.

Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση εκτονωτικής βαλβίδας με εξωτερικό εξισωτή. Η διαφορά είναι ότι στη μεμβράνη της βαλβίδας μεταφέρεται με ένα σωληνάκι το οποίο ξεκινά περί τα 15 εκατοστά μετά το βολβό της ΘΕΒ η πίεση που επικρατεί στην έξοδο του εξατμιστή (P_2') και η ρύθμιση της βαλβίδας γίνεται με αυτή την πίεση βάσει της σχέσης:

$$P_1 = P_2' + P_3$$



Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερικό εξισωτή

Επιλογή μεγέθους εκτονωτικής βαλβίδας

Για την επιλογή μιας ΘΕΒ πρέπει να γνωρίζουμε:

- Το είδος και τη διάμετρο συνδεσμολογίας της
- Το ψυκτικό ρευστό με το οποίο λειτουργεί
- Την ψυκτική ικανότητα του συστήματος
- Τη θερμοκρασία εξατμίσεως
- Τη πτώση πίεσης στην εκτονωτική βαλβίδα

Με βάση τα στοιχεία αυτά γίνεται από τους πίνακες των κατασκευαστών η επιλογή της κατάλληλης εκτονωτικής βαλβίδας.

Για τη σωστή λειτουργία της εκτονωτικής βαλβίδας θα πρέπει το ψυκτικό στην είσοδο της βαλβίδας να είναι σε υγρή μορφή. Για να γίνει αυτό είναι αναγκαίο το ψυκτικό να υποστεί υπόψυξη, ώστε να εξισορροπήσει την πτώση πίεσης της γραμμής υγρού.

Όταν δεν υπάρχει υπόψυξη, η πτώση πίεσης μέσα στη γραμμή υγρού οδηγεί σε μερική ατμοποίηση του ψυκτικού υγρού, με αποτέλεσμα, να δημιουργούνται φυσαλίδες

αερίου ψυκτικού. Ο ατμός αυτός που δημιουργείται μέσα στη γραμμή υγρού πρέπει να περάσει μέσα από την εκτονωτική βαλβίδα μαζί με το υγρό ψυκτικό μέσο. Το αέριο ψυκτικό καταλαμβάνει χώρο που αναλογεί στο υγρό ψυκτικό, μειώνοντας έτσι την ικανότητα της εκτονωτικής βαλβίδας και επομένως την ικανότητα του συστήματος.

Εγκατάσταση της θερμοστατικής βαλβίδας και του βολβού

Η εκτονωτική βαλβίδα πρέπει να εγκαθίσταται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην εισαγωγή του εξατμιστή, κατά προτίμηση σε κατακόρυφη θέση, ενώ ο θερμοστατικός βολβός της πρέπει να εγκατασταθεί και να στερεωθεί σε ένα οριζόντιο τμήμα της σωλήνας αναρρόφησης κοντά στην έξοδο του εξατμιστή. Η θέση που θα τοποθετηθεί ο βολβός καθώς και ο τρόπος προσαρμογής του είναι δυο στοιχεία καθοριστικά για την ομαλή και αποδοτική λειτουργία της βαλβίδας.

Ο βολβός δεν πρέπει να τοποθετείται τελείως κάτω από το σωλήνα, επειδή θα υπάρχει λάδι το οποίο επιστρέφει και δρα σαν μονωτικό στρώμα. Δεν πρέπει επίσης να τοποθετείται σε σημεία όπου παγιδεύεται ψυκτικό σε υγρή κατάσταση. Η παρουσία υγρού ψυκτικού κοντά στον θερμοστατικό βολβό μπορεί να προκαλέσει λανθασμένες αποκρίσεις της βαλβίδας, καθότι το εξατμιζόμενο υγρό παγώνει την περιοχή. Σε γραμμές αναρρόφησης με εξωτερική διάμετρο έως και 5/8", ο βολβός πρέπει να εγκαθίσταται πάνω από το σωλήνα και σε γραμμές αναρρόφησης διαμέτρου 7/8" ή μεγαλύτερες ο θερμοστατικός βολβός πρέπει να εγκαθίσταται στο πλευρό της σωλήνωσης, ακριβώς κάτω από την οριζόντια γραμμή του άξονα. Μη ξεχνάμε ότι αντικείμενο του βολβού είναι η ανίχνευση της θερμοκρασίας στη γραμμή αναρρόφησης και για να γίνει αυτό πρέπει η γραμμή να είναι πολύ καθαρή και ο βολβός να στερεώνεται πάνω σ' αυτήν με το ειδικό κολάρο της βαλβίδας σφικτά, χωρίς να μπορεί να μετακινηθεί. Κανονικά ο βολβός πρέπει να μονώνεται όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος όπου έχει τοποθετηθεί είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία της γραμμής αναρρόφησης.

Ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα

Η ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα χρησιμοποιείται για τον ίδιο σκοπό με τη θερμοστατική, η λειτουργία της όμως οδηγείται με ηλεκτρονικούς ελεγκτές.



Ηλεκτρονική βαλβίδα

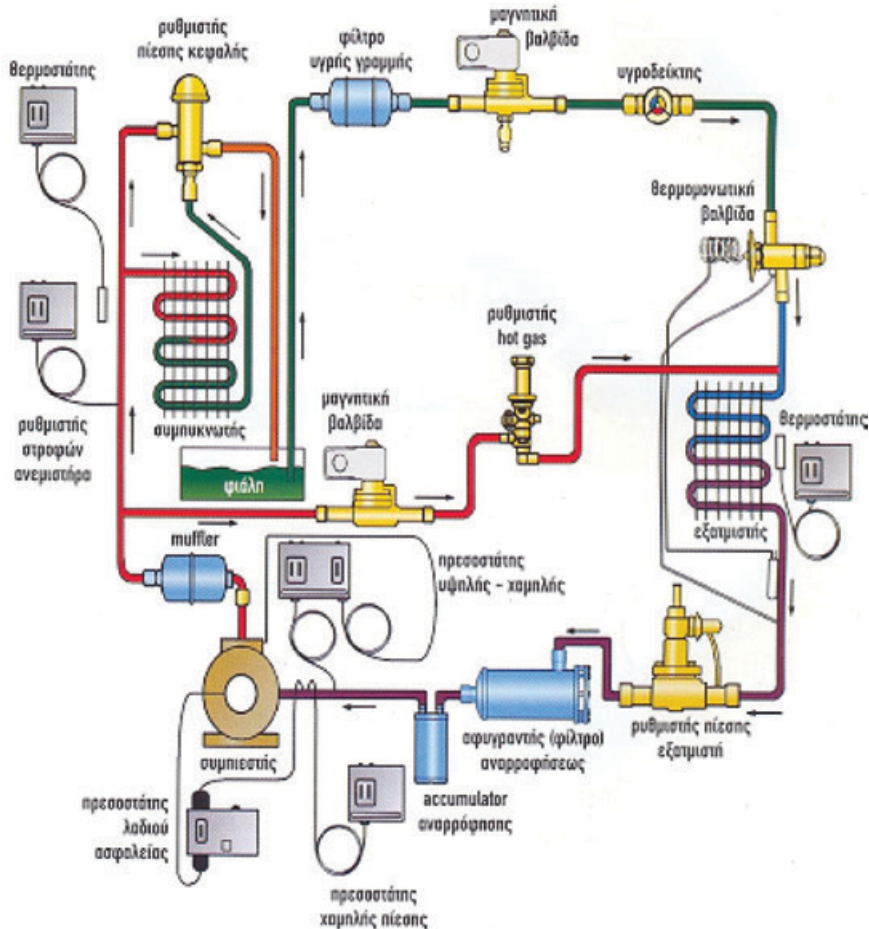
Η ηλεκτρονική εκτονωτική βαλβίδα ρυθμίζει με μεγάλη ακρίβεια τη ροή του υγρού ψυκτικού μέσου προς τον εξατμιστή, συντελεί στην αποδοτικότερη λειτουργία του και την πλήρη εκμετάλλευσή του και παρέχει σταθερή υπερθέρμανση στην έξοδό του.

Η αρχή λειτουργίας της ηλεκτρονικής εκτονωτικής βαλβίδας είναι πρακτικά ίδια με την αντίστοιχη αρχή της θερμοεκτονωτικής βαλβίδας. Η διαφορά είναι ότι ως αισθητήριο στοιχείο (αντί του βολβού) χρησιμοποιεί ένα θερμίστορ τύπου NTC (δηλαδή με την αύξηση της θερμοκρασίας η ηλεκτρική του αντίσταση μειώνεται), το οποίο συνδέεται εν σειρά με ένα ηλεκτρικό τύλιγμα (περιέλιξη) που φέρει το διμεταλλικό έλασμα που βρίσκεται στη κεφαλή της βαλβίδας. Η εντολή για άνοιγμα ή κλείσιμο της βαλβίδας γίνεται με ηλεκτρικό τρόπο, μέσω του διμεταλλικού ελάσματος που μεταδίδει την κίνηση με τον ωστικό άξονα στη βελόνα της βαλβίδας.

Για τη σωστή λειτουργία της ηλεκτρονικής εκτονωτικής βαλβίδας απαιτείται σταθερή τάση ηλεκτρικής τροφοδότησης. Αν αυτό δεν εξασφαλιστεί, τότε οι διακυμάνσεις της τάσεως αλλάζουν τη ρύθμιση της βαλβίδας. Για το λόγο αυτό εγκαθίσταται σταθεροποιητής τάσης, που διατηρεί την ηλεκτρική τάση τροφοδότησης της βαλβίδας στη σωστή τιμή της.

5.5 Βοηθητικά εξαρτήματα – Όργανα ελέγχου

Ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, η εκτονωτική διάταξη και ο εξατμιστής είναι τα τέσσερα βασικά εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται μια ψυκτική μηχανή. Όμως, σπουδαίο ρόλο παίζουν και διατάξεις που βελτιώνουν την απόδοση, τη λειτουργικότητα, τον αυτοματισμό και την ασφαλή λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος, τα λεγόμενα βοηθητικά εξαρτήματα (κατασκευαστικά στοιχεία).



Ψυκτική εγκατάσταση με εξαρτήματα ελέγχου και λειτουργίας

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Φίλτρο – αφυγραντήρας
- Δείκτης ροής
- Συλλέκτης υγρού
- Ελαιοδιαχωριστής

- Συγκρατητής σταγόνων ψυκτικού μέσου (Accumulator)
- Βαλβίδα αντεπιστροφής
- Πρεσοστάτης υψηλής - χαμηλής πίεσης
- Πρεσοστάτης λαδιού
- Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα
- Ρυθμιστής πίεσης εξαμιστή
- Ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης
- Βαλβίδα service

Φίλτρο - αφυγραντήρας

Το **φίλτρο - αφυγραντήρας** είναι από τα κυριότερα βοηθητικά εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου, αφού υγρασία ή υδρατμός και ξένα μικροσωματίδια μπορούν να προκαλέσουν πολύ σοβαρά προβλήματα σε κάθε ψυκτική εγκατάσταση.

Το φίλτρο συγκρατεί τα στερεά σωματίδια που κυκλοφορούν με το ψυκτικό ρευστό. Ο αφυγραντήρας συγκρατεί ίχνη υδρατμού ή νερού που υπάρχουν στο ψυκτικό μέσο. Η συγκράτηση των στερεών σωματιδίων επιτυγχάνεται με ψιλές σίτες, η δε συγκράτηση της υγρασίας επιτυγχάνεται με ένα πορώδες υλικό μέσα από το οποίο διέρχεται το ψυκτικό ρευστό. Το υλικό αυτό είναι συνήθως ενεργή αλουμίνα ή σίλικα τζελ (οξείδιο του πυριτίου).

Τα φίλτρα είναι λυόμενα (πολλαπλής χρήσης) ή μιας χρήσης και κατά κανόνα εγκαθίστανται στη γραμμή υγρού πριν το δείκτη ροής και την εκτονωτική βαλβίδα.



Διάφορα φίλτρα - αφυγραντήρες

Δείκτης ροής

Ο **δείκτης ροής** τοποθετείται στη γραμμή υγρού, συνήθως μετά το φίλτρο - αφυγραντήρα. Σκοπός του είναι ο οπτικός έλεγχος της ροής του ψυκτικού υγρού.

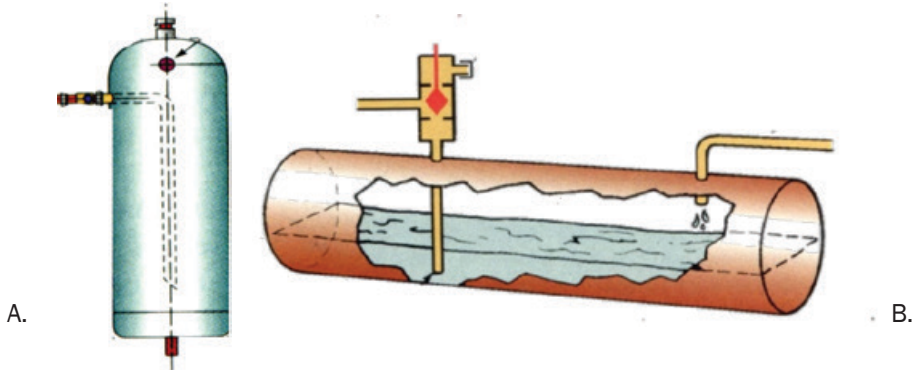
Η εμφάνιση φυσαλίδων αερίου στη γραμμή υγρού είναι ένδειξη ελλιπούς φόρτισης με ψυκτικό μέσο ή ότι υπάρχει κάποιο εμπόδιο στη γραμμή υγρού. Πολλές φορές οι δείκτες ροής έχουν και δείκτη υγρασίας, που λειτουργεί αλλάζοντας χρώμα όταν το ψυκτικό υγρό περιέχει υγρασία.



Δείκτες ροής

Συλλέκτης υγρού

Ο **συλλέκτης υγρού** χρησιμοποιείται για να συλλέγει και να διατηρεί το συμπυκνωμένο ψυκτικό υγρό έως ότου ζητηθεί από το ψυκτικό σύστημα ή για να αποθηκεύει όλη την ποσότητα του ψυκτικού μέσου της εγκατάστασης σε περίπτωση επισκευής κ.λπ. Πρόκειται για ένα κυλινδρικό χαλύβδινο δοχείο, οριζόντιο ή κατακόρυφο, ανάλογα με τις ανάγκες της εγκατάστασης. Η εισαγωγή γίνεται από το πάνω μέρος και η εξαγωγή πάντα από το κάτω ή, εάν η έξοδος του συλλέκτη βρίσκεται στο πάνω μέρος, εσωτερικά είναι συνδεδεμένη με «σωλήνα υγρού». Ο όγκος του συλλέκτη πρέπει να είναι τόσοσ που να χωράει όλο το ψυκτικό υγρό του κυκλώματος στα 3/4 του όγκου του. Στα ψυκτικά κυκλώματα που λειτουργούν με τριχοειδή σωλήνα δεν τοποθετείται συλλέκτης.

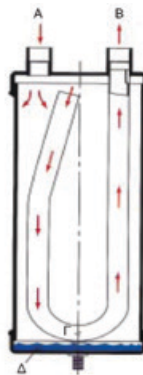


Συλλέκτες υγρού

A. Κατακόρυφος B. Οριζόντιος

Συγκρατητής σταγόνων ψυκτικού μέσου (Accumulator)

Οι **συγκρατητήρες** ή **παγίδες σταγόνων** ψυκτικού μέσου είναι συσκευές που τοποθετούνται στην αναρρόφηση του συμπιεστή και έχουν ως αποστολή να αποτρέπουν την είσοδο σταγόνων ψυκτικού μέσου σ' αυτόν.



A. Είσοδος ατμού - σταγόνων

B. Έξοδος ατμού

Γ. Οπή επιστροφής λαδιού

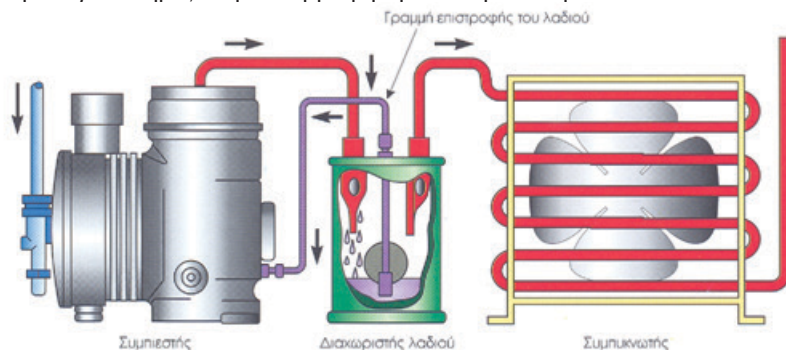
Δ. Υγρό ψυκτικό μέσο

Αρχή λειτουργίας συγκρατητή σταγόνων ψυκτικού μέσου

Ελαιοδιαχωριστής (Oil separator)

Ο **διαχωριστής λαδιού** είναι συσκευή που τοποθετείται στη γραμμή κατάθλιψης με σκοπό να διαχωρίσει το λάδι από τον υπέρθερμο ατμό που εξέρχεται από τον συμπιεστή.

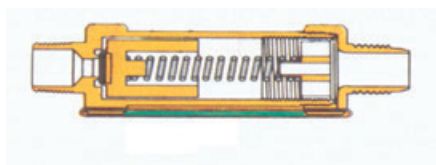
Το ψυκτέλαιο που συσσωρεύεται στο κάτω μέρος του διαχωριστή επιστρέφει, μέσω μιας βαλβίδας πλωτήρα, στην αναρρόφηση του συμπιεστή.



Διαχωριστής λαδιού σε ψυκτική εγκατάσταση

Βαλβίδα αντεπιστροφής (Check valve)

Οι **βαλβίδες αντεπιστροφής** είναι βαλβίδες που επιτρέπουν τη ροή του ψυκτικού προς μια κατεύθυνση και μόνο. Η λειτουργία τους είναι μηχανική και στηρίζεται στη διαφορά πίεσης που δημιουργείται από την είσοδο στην έξοδό τους. Οι βαλβίδες αντεπιστροφής χρησιμοποιούνται σε διάφορες θέσεις του ψυκτικού κυκλώματος, όπως στη γραμμή κατάθλιψης αερίου, ώστε να αποφεύγεται αντίστροφη ροή όταν ο συμπιεστής είναι εκτός, ή στη γραμμή αναρρόφησης των στοιχείων, στα κυκλώματα πολλαπλών θερμοκρασιών, ή στις κλιματιστικές μονάδες θέρμανσης - ψύξης, όπου κατευθύνουν το ψυκτικό προς τη σωστή κατεύθυνση όταν γίνεται αντιστροφή του κυκλώματος, ή στο σωλήνα εισόδου του εξατμιστή, όταν έχουμε σύστημα αποπάγωσης με μεταγωγή θερμού ατμού.



Βαλβίδα αντεπιστροφής

Βαλβίδα ασφαλείας

Οι **βαλβίδες ασφαλείας** ή ασφαλιστικές δικλίδες είναι όργανα ασφαλείας που έχουν σχεδιαστεί για να αποτρέπουν τη δημιουργία υψηλής πίεσης του ψυκτικού αερίου μέσα στην ψυκτική εγκατάσταση. Η βαλβίδα ασφαλείας εγκαθίσταται πάνω στο συμπυκνωτή ή στο συλλέκτη υγρού, εάν υπάρχει. Όταν εκτονωθεί η πίεση, τότε η βαλβίδα ασφαλείας ξανακλείνει και δεν επιτρέπει στο υπόλοιπο ψυκτικό να διαφύγει στην ατμόσφαιρα.



Βαλβίδα ασφαλείας



Εύτηκτη βαλβίδα ασφαλείας

Πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης

Ο **πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης** είναι ένας αυτόματος ηλεκτρικός διακόπτης ο οποίος με βάση την πίεση ελέγχει και ρυθμίζει τη θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου. Χρησιμοποιείται στη θέση του θερμοστάτη στις μονάδες επαγγελματικής ψύξης.

Οι κλίμακες ρύθμισης του πρεσοστάτη χαμηλής πίεσης συνήθως είναι START ή CUT-IN (Κλίμακα πίεσης εκκίνησης) και DIFF (κλίμακα διαφορικής πίεσης). Υπάρχουν όμως πρεσοστάτες και με κλίμακες ρύθμισης START ή CUT-IN (κλίμακα πίεσης εκκίνησης) και STOP ή CUT-OUT (κλίμακα πίεσης διακοπής).

Σε εγκαταστάσεις όπου υπάρχει τόσο πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης όσο και θερμοστάτης για τον έλεγχο της λειτουργίας του συμπιεστή, ο πρεσοστάτης χαμηλής θα λειτουργεί σαν ασφαλιστικός, ώστε η εγκατάσταση να μη λειτουργεί σε υποπίεση σε καμιά περίπτωση.

Στους πρεσοστάτες χαμηλής πίεσης ισχύει πάντα η σχέση:

$$\text{ΠΙΕΣΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ} = \text{ΠΙΕΣΗ ΔΙΑΚΟΠΗΣ} + \text{ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ}$$

$$\text{START} = \text{STOP} + \text{DIFF}$$

$$\text{(CUT-IN)} = \text{(CUT-OUT)} + \text{DIFF}$$

Πρεσοστάτης υψηλής πίεσης

Ο **πρεσοστάτης υψηλής πίεσης** είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης που τοποθετείται σε επαγγελματικές και βιομηχανικού τύπου ψυκτικές εγκαταστάσεις στην πλευρά της υψηλής πίεσης, για να τις προστατεύει από τις πολύ υψηλές πιέσεις. Ο σκοπός του δηλαδή είναι καθαρά ασφαλιστικός.

Τα είδη των πρεσοστατών υψηλής πίεσης είναι:

- Αυτόματης επαναφοράς με ρυθμιζόμενο DIFF
- Αυτόματης επαναφοράς με σταθερό DIFF
- Μη αυτόματης επαναφοράς [για να επαναλειτουργήσουν πρέπει να πιεστεί το μπουτόν επαναφοράς (reset)]

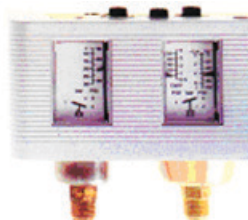
Στους πρεσοστάτες υψηλής πίεσης ισχύει πάντα η σχέση:

$$\text{ΠΙΕΣΗ ΔΙΑΚΟΠΗΣ} = \text{ΠΙΕΣΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ} + \text{ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ}$$

$$\text{STOP} = \text{START} + \text{DIFF}$$



Πρεσοστάτης μόνος



Πρεσοστάτης χαμηλής - υψηλής πίεσης

Θερμοστάτης

Ο **θερμοστάτης** είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης ο οποίος έχει σκοπό τη διατήρηση μιας συγκεκριμένης θερμοκρασίας ή μιας περιοχής θερμοκρασιών στον ψυκτικό θάλαμο, θέτοντας σε λειτουργία ή σταματώντας το συμπιεστή.

Οι θερμοστάτες έχουν αισθητήριους βολβούς που αντιδρούν στη μεταβολή της θερμοκρασίας. Όταν η θερμοκρασία του βολβού πέσει χαμηλότερα από την προκαθορισμένη τιμή, ο θερμοστάτης ανοίγει το κύκλωμα και διακόπτει τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα.

Οι θερμοστάτες αντικαθιστούν τους πρεσοστάτες χαμηλής στα οικιακά και ενίοτε στα επαγγελματικά ψυγεία, διότι η ένδειξη της μέσης θερμοκρασίας του χώρου ή του προϊόντος και η διατήρηση της θερμοκρασίας αυτού είναι ακριβέστερες.

Οι κλίμακες ρύθμισης του θερμοστάτη είναι:

START (CUT-IN) και **DIFF** ή **START (CUT-IN)** και **STOP (CUT-OUT)** ή **RANGE** και **DIFF**.

Στους θερμοστάτες ισχύουν πάντα οι σχέσεις:

$$\mathbf{START = STOP + DIFF}$$

$$\mathbf{(CUT-IN) = (CUT-OUT) + DIFF}$$

$$\mathbf{T_{\theta_{αλ}} = START + STOP2}$$

$$\mathbf{START = T_{\theta_{αλ}} + DIFF2 \text{ και } STOP = T_{\theta_{αλ}} - DIFF2}$$

Όπου:

START ή **CUT-IN** είναι η θερμοκρασία εκκινήσεως, δηλαδή η θερμοκρασία στην οποία κλείνει ο θερμοστάτης και αρχίζει να λειτουργεί ο συμπιεστής, π.χ. start ή cut-in = -5 °C.

STOP ή **CUT-OUT** είναι η θερμοκρασία διακοπής, δηλαδή η θερμοκρασία στην οποία ανοίγει ο θερμοστάτης και σταματά να λειτουργεί ο συμπιεστής, π.χ. stop ή cut-out = -9 °C.

DIFF είναι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του start και stop και εξαρτάται από τη θέση του αισθητηρίου.

RANGE είναι η περιοχή του ζεύγους των δύο τιμών start και stop, π.χ. range = 2 ~ 5 °C.

$T_{\theta_{αλ}}$ είναι η επιθυμητή θερμοκρασία ψύξης του προϊόντος, η οποία δίνεται από πίνακα για το κάθε προϊόν.



Θερμοστάτες

Πρεσοστάτης λαδιού

Ο **πρεσοστάτης λαδιού** είναι ένας αυτόματος διακόπτης φάσης που σκοπό έχει την προστασία του συμπιεστή από κακή λίπανση.

Ο πρεσοστάτης αυτός μετράει τη διαφορά πίεσης μεταξύ της εξόδου της αντλίας λίπανσης του συμπιεστή (πίεση λαδιού) και του στροφαλοθαλάμου του συμπιεστή (πίεση αναρρόφησης). Η διαφορά αυτή (πίεση λαδιού μείον πίεση αναρρόφησης) είναι η ωφέλιμη πίεση λαδιού.

Ο πρεσοστάτης πίεσης λαδιού έχει ενσωματωμένο θερμικό μηχανισμό χρονοκαθυστέρησης. Όταν ανιχνεύεται πίεση λαδιού χαμηλότερη από την κανονική, τότε ενεργοποιείται ο μηχανισμός χρονοκαθυστέρησης. Εάν η κανονική πίεση λαδιού δεν επιτευχθεί μέσα στο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, τότε οι ηλεκτρικές επαφές του πρεσοστάτη ανοίγουν, σταματώντας το συμπιεστή.



Διαφορικός πρεσοστάτης πίεσης λαδιού

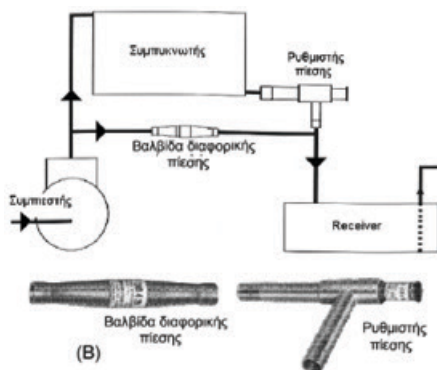
Ρυθμιστές πίεσης

Πολλές φορές στο ψυκτικό κύκλωμα, για διάφορους λόγους, χρειάζεται να σταθεροποιήσουμε την πίεση μέσα σε κάποια εξαρτήματα του κύκλου ψύξης. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε μια βαλβίδα, η οποία ονομάζεται **βαλβίδα σταθεροποίησης πίεσης** και τοποθετείται στην έξοδο του εξαρτήματος του οποίου θέλουμε να ρυθμίσουμε την πίεση λειτουργίας. Π.χ. βαλβίδα σταθερής πίεσης συμπυκνωτή, βαλβίδα σταθερής πίεσης εξατμιστή κ.λπ.

Ρυθμιστής πίεσης συμπυκνωτή

Στα αερόψυκτα συστήματα, όταν η παροχή ψύξης είναι απαραίτητη και κατά το χειμώνα (π.χ. στους ψυκτικούς θαλάμους), πρέπει να υπάρχει και ένας **ρυθμιστής για τη διατήρηση της πίεσης** που επικρατεί στο συμπυκνωτή σε μία ελάχιστη τιμή.

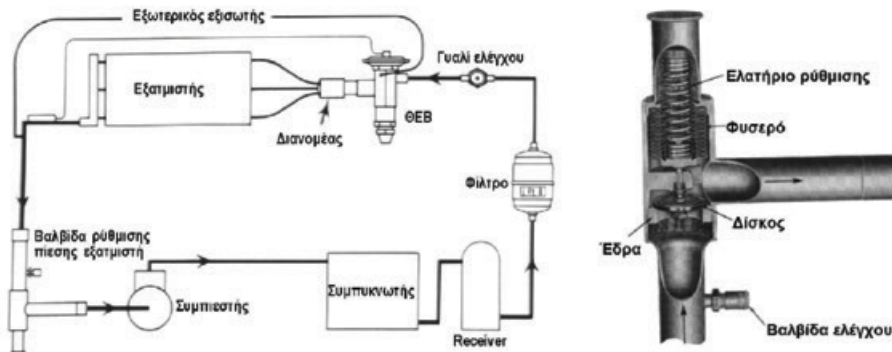
Ο ρυθμιστής της αρχικής πίεσης χρειάζεται επειδή η θερμοκρασία του αέρα το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή. Όταν η θερμοκρασία του αέρα πέσει κάτω από κάποια τιμή, θα πέσει και η θερμοκρασία συμπύκνωσης κάτω από ένα ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο. Με το ρυθμιστή πίεσης εξασφαλίζεται ότι θα υπάρχει πάντοτε η ελάχιστη απαιτούμενη πίεση για τη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος. Αυτό επιτυγχάνεται παρακάμπτοντας μια ποσότητα αερίου και στέλνοντάς το απευθείας στο συλλέκτη, ανεβάζοντας την πίεση στο χώρο του συλλέκτη, οπότε εξαναγκάζεται και ο συμπιεστής να λειτουργεί σε μεγαλύτερη πίεση.



Ρυθμιστής πίεσης συμπυκνωτή

Ρυθμιστής πίεσης εξατμιστή

Ο **ρυθμιστής πίεσης εξατμιστή** είναι μια βαλβίδα που τοποθετείται στην έξοδο του εξατμιστή, στη γραμμή αναρρόφησης. Σκοπός του είναι να εξασφαλίζει μια ελάχιστη επιθυμητή πίεση στην έξοδο του εξατμιστή, ώστε να έχουμε σταθερή τη θερμοκρασία εξάτμισης του ψυκτικού. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που επιθυμούμε ρύθμιση της σχετικής υγρασίας, καθώς επίσης σε σύγχρονα συστήματα ψυκτικών κυκλωμάτων πολλαπλών θερμοκρασιών με κοινό συμπιεστή.

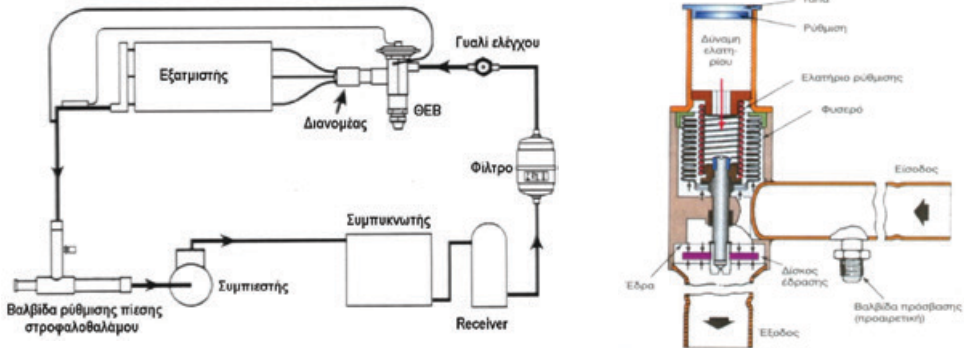


Ρυθμιστής πίεσης εξατμιστή

Ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης

Ο **ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης** εγκαθίσταται κοντά στο συμπιεστή, στο στόμιο αναρρόφησής του, και σκοπός του είναι να περιορίζει την υπερφόρτιση του συμπιεστή, ελαττώνοντας τη διαφορά πίεσης που έχει να αντιμετωπίσει ο συμπιεστής κατά την εκκίνησή του μετά από μια περίοδο διακοπής της λειτουργίας του ή κατά τη φάση της αποπάγωσης.

Ο ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης ονομάζεται επίσης ρυθμιστής πίεσης στροφαλοθαλάμου.



Ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης

Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα (Solenoid valve)

Η **ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα** ελέγχει τη ροή του υγρού ψυκτικού. Έχει δύο θέσεις λειτουργίας –ανοικτή και κλειστή– και η εντολή λειτουργίας δίνεται ηλεκτρικά και ελέγχεται από κάποιον αυτοματισμό. Η σωστή θέση λειτουργίας είναι οριζόντια ή κάθετη, όχι ανάποδα, και έχει ένδειξη εισόδου και εξόδου. Η κίνηση στον άξονα της βαλβίδας δίνεται μέσω ενός μαγνητικού πηνίου, που όταν ενεργοποιείται ανασηκώνει τον άξονα, ο οποίος είναι σταθερά συνδεδεμένος με το δίσκο της βαλβίδας.



Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα

5.6 Ορθή εγκατάσταση εξαρτημάτων του συστήματος

Για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος ψύξης - κλιματισμού είναι απαραίτητες κάποιες ενέργειες τόσο κατά την εγκατάσταση όσο και κατά τη συντήρησή.

Για το συμπιεστή και τα συστήματα ασφαλείας του πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

- Όταν τοποθετείται καινούριος συμπιεστής στο σύστημα, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα των κολλήσεων. Η στεγανότητα που εξασφαλίζουν οι κολ-

λήσεις μπορεί να εξακριβωθεί με δοκιμή πίεσης αζώτου. Στη συνέχεια, πριν τεθεί σε λειτουργία ο συμπιεστής, πρέπει να αφαιρεθεί το άζωτο και να δημιουργηθεί κενό.

- Σε περίπτωση που εκτελείται αντικατάσταση παλιού συμπιεστή με καινούριο πρέπει πριν από τη διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω να γίνει ανάκτηση του ψυκτικού του συστήματος.
- Να γίνεται ορθή ρύθμιση της πίεσης λαδιού στον πρεσοστάτη λαδιού, για να αποφεύγεται η δυσλειτουργία του συστήματος λόγω έλλειψης ελαίου λίπανσης.
- Να γίνεται ορθή ρύθμιση των πρεσοστατών χαμηλής και υψηλής πίεσης.
- Ο έλεγχος του συστήματος επιστροφής ελαίου στο συμπιεστή αποτελεί βασικό σημείο ελέγχου, για να διαπιστωθεί η σωστή λειτουργία του ελαιοδιαχωριστή και της αντεπίστροφης βαλβίδας λαδιού.
- Για τον έλεγχο της εύρυθμης λειτουργίας του συστήματος τοποθετούνται στο σύστημα τα μανόμετρα υψηλής και χαμηλής πίεσης, ελέγχεται η στάθμη του λαδιού και τίθεται σε λειτουργία ο συμπιεστής. Ελέγχονται οι πιέσεις των μανομέτρων και μετριέται με αμπεροταιμπίδα η ένταση του ρεύματος στο συμπιεστή.

Για τον συμπυκνωτή και τα συστήματα ασφαλείας του πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

- Κατά την εγκατάσταση του συμπυκνωτή πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις κολλήσεις, γιατί είναι ένα εξάρτημα που βρίσκεται στην πλευρά υψηλής πίεσης της εγκατάστασης. Συνεπώς, μετά την εγκατάσταση πρέπει να γίνεται δοκιμή πίεσης με άζωτο. Επίσης πρέπει να μελετηθεί η θέση τοποθέτησής του ώστε να μην εμποδίζεται η απόρριψη θερμότητας στο περιβάλλον.
- Ρύθμιση του πρεσοστάτη υψηλής πίεσης.
- Έλεγχος της λειτουργίας του ανεμιστήρα του αερόψυκτου συμπυκνωτή.
- Έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος ψύξης με νερό, στον υδρόψυκτο συμπυκνωτή.
- Έλεγχος του πύργου ψύξης (λειτουργία ανεμιστήρων και φίλτρων, λίπανση κουζινέτων, κατάσταση ψεκαστήρων, κατάσταση ιμάντων των ανεμιστήρων, κατάσταση φλοτεροδιακόπτη κ.λπ.).
- Έλεγχος του ρυθμιστή πίεσης του συμπυκνωτή.
- Έλεγχος της γραμμής κατάθλιψης και της γραμμής υγρού.
- Επιλογή του σωστού μήκους και διαμέτρου των σωληνώσεων γραμμής υγρού που είναι κάθετες, για να μην αυξηθεί η ήδη υπάρχουσα πτώση πίεσης λόγω ανύψωσης, με αποτέλεσμα το φαινόμενο «flash gas» στη ΘΕΒ.
- Στήριξη των σωλήνων με τα κατάλληλα στηρίγματα και χρήση αποσβεστήρων κραδασμών. Οι σωληνώσεις δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή, για την αποφυγή διάτρησης λόγω τριβών.
- Πρέπει να γίνεται έλεγχος της καθαρότητας της επιφάνειας του συμπυκνωτή και της κατάστασης των πτερυγίων του, ώστε να μην εμποδίζεται η εναλλαγή θερμότητας.
- Σύγκριση της ένδειξης του μανομέτρου υψηλής πίεσης και του θερμομέτρου στην έξοδο του συμπυκνωτή, για μέτρηση της υπόψυξης.

Για τον εξαμιστή και τα συστήματα ασφαλείας του πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

- Κατά την εγκατάσταση πρέπει να μελετηθεί η θέση του εξαμιστή, ιδιαίτερα σε μεγάλους ψυκτικούς θαλάμους, ώστε να γίνεται ανεμπόδιστα η απορρόφηση θερμότητας από το θάλαμο.

- Ορθή κλίση των σωληνώσεων αναρρόφησης, για την επιστροφή του ελαίου στο συμπιεστή.
- Έλεγχος της καθαρότητας της επιφάνειας και της κατάστασης των πτερυγίων του εξατμιστή.
- Έλεγχος της λειτουργίας του ανεμιστήρα του αεροψυκτήρα.
- Ρύθμιση της βαλβίδας σταθερής πίεσης εξατμιστή, σε περίπτωση δύο ή περισσότερων θαλάμων διαφορετικών θερμοκρασιών, για τη διατήρηση του θαλάμου στην επιθυμητή θερμοκρασία.
- Ρύθμιση του πρεσοστάτη χαμηλής πίεσης.
- Έλεγχος, ρύθμιση θερμοστάτη.
- Ρύθμιση και έλεγχος του συστήματος απόψυξης, με χρονοδιακόπτη, αντεπίστροφη βαλβίδα και ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα.
- Έλεγχος της γραμμής θερμού αερίου «bypass» απόψυξης, για τυχόν διαρροές λόγω υψηλής πίεσης.
- Έλεγχος του ηλεκτρικού κυκλώματος απόψυξης με αντιστάσεις.
- Σύγκριση της ένδειξης του μανομέτρου χαμηλής πίεσης και του θερμομέτρου στην έξοδο του εξατμιστή, για μέτρηση της υπερθέρμανσης.

Για τις εκτονωτικές διατάξεις πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

- Κατά την εγκατάσταση θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας πρέπει να επιλέγεται εκείνη με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για τις απαιτήσεις του συστήματος.
- Επίσης επιλέγεται ΘΕΒ με εξωτερικό εξισωτή πίεσης για μεγάλους εξατμιστές.
- Αν υπάρχει και διανομέας, η ΘΕΒ πρέπει να έχει όσο το δυνατό μικρότερη απόσταση από αυτόν.
- Έλεγχος και αποφυγή εισόδου αερίου στη ΘΕΒ - φαινόμενο «flash gas».
- Η τοποθέτηση του θερμοστατικού βολβού πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες σωστής τοποθέτησης.
- Έλεγχος και ρύθμιση της υπερθέρμανσης. Περιστρέφοντας τον ρυθμιστικό κοχλία δεξιά αυξάνεται η υπερθέρμανση, ενώ περιστρέφοντας αριστερά μειώνεται.
- Σε περίπτωση εγκατάστασης τριχοειδούς σωλήνα πρέπει να έχει την επιθυμητή διάμετρο και μήκος. Σε περίπτωση επιλογής τριχοειδούς με μεγαλύτερη διάμετρο, πρέπει να αυξήσουμε και το μήκος του για να έχουμε το ίδιο μέγεθος στραγγαλισμού.
- Έλεγχος κατάστασης του φίλτρου του τριχοειδούς σωλήνα.

Για τα βοηθητικά εξαρτήματα (κατασκευαστικά στοιχεία) πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

- Η ρύθμιση του θερμοστάτη.
- Η ρύθμιση των πρεσοστατών.
- Η ρύθμιση των πιεζοστατικών βαλβίδων (για ρύθμιση πίεσης, συμπυκνωτή, εξατμιστή, στροφαλοθαλάμου κ.λπ.).
- Έλεγχος λειτουργίας του ελαιοδιαχωριστή, ελέγχοντας τη θερμοκρασία του σωλήνα επιστροφής του λαδιού στο συμπιεστή.
- Έλεγχος της κατάστασης του φίλτρου - ξηραντήρα της γραμμής υγρού.

Σύνταξη έκθεσης για την κατάσταση του συστήματος

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω ενεργειών ο τεχνικός ψυκτικός οφείλει να συντάξει μια έκθεση στην οποία να παρατίθενται οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και παρατηρήσεις σχετικές με την κατάσταση των εξαρτημάτων και βοηθητικών στοιχείων που ενδεχομένως να χρειαστούν αντικατάσταση ή επιδιόρθωση, βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες δυσλειτουργιών του συστήματος, που πιθανόν να οδηγήσουν σε διαρροές ψυκτικού στο περιβάλλον.

Παρακάτω παρατίθεται ένα υπόδειγμα σύνταξης έκθεσης με τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν:

Σύνταξη έκθεσης για τη κατάσταση του εξοπλισμού					
Όνοματεπώνυμο τεχνικού:			Ημερομηνία:		
Περιγραφή και τοποθεσία εξοπλισμού:					
Στοιχεία από το αρχείο του εξοπλισμού					
A/A	Τύπος Ψυκτικού	Αριθμός διαρροών καταγεγραμμένων στο αρχείο του εξοπλισμού	Συνολική κατανάλωση ψυκτικού (kg)	Περίοδος (μήνες)	Αριθμός εντοπισμένων διαρροών κατά την επιθεώρηση
1					
2					
3					
Εξαρτήματα του εξοπλισμού στα οποία πραγματοποιήθηκε έλεγχος					
1		4		7	
2		5		8	
3		6		9	
Παρατηρήσεις – Προτάσεις για την κατάσταση του εξοπλισμού					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					



Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν τα **βασικά εξαρτήματα** από τα οποία αποτελείται μια ψυκτική - κλιματιστική διάταξη που λειτουργεί με συμπίεση ατμών. Για το καθένα από αυτά έγινε αναφορά και περιγραφή του τρόπου λειτουργίας και των ειδών στα οποία διακρίνεται. Η σύγκριση των ειδών του κάθε εξαρτήματος μεταξύ τους αποτέλεσε ακόμη ένα αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου. Τα **βοηθητικά εξαρτήματα (κατασκευαστικά στοιχεία)** έχουν σημαντικό ρόλο για τη σωστή λειτουργία της ψυκτικής μηχανής, επομένως δεν θα μπορούσε να παραλειφθεί η αναφορά και η σύντομη ανάλυση των πιο βασικών από αυτά. Επίσης αναφέρθηκε η ορθή εγκατάσταση και λειτουργία των βασικών εξαρτημάτων και κατασκευαστικών στοιχείων. Η λειτουργία των βασικών εξαρτημάτων συνδέεται άμεσα με τη θεωρία του 2ου κεφαλαίου, που αναφέρεται στον κύκλο ψύξης με συμπίεση ατμών.

ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

**Εισαγωγή – Γενική περιγραφή περιεχομένου κεφαλαίου**

Ένα από τα πιο απαιτητικά σημεία κατά την κατασκευή ενός ψυκτικού - κλιματιστικού συγκροτήματος είναι το **δίκτυο των σωληνώσεών του**, γιατί χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, σταθερότητα και ακρίβεια στη σύνδεση, αλλά και στη διαμόρφωση και στήριξή του. Για να αποφευχθεί η δυσλειτουργία του συστήματος και να εξασφαλιστεί η απόλυτη στεγανότητα του δικτύου θα πρέπει ο τεχνικός ψυκτικός να γνωρίζει τα εργαλεία διαμόρφωσης, τα συγκολλητικά υλικά και τις μεθόδους εφαρμογής τους, καθώς και τους τρόπους στήριξης των σωληνώσεων. Η επιλογή και εκτέλεση του κατάλληλου τρόπου συγκόλλησης, διαμόρφωσης και στήριξης, η σειρά με την οποία θα εκτελεστούν οι εργασίες, καθώς και η διεξαγωγή του τελικού ελέγχου στεγανότητας, αποτελούν βασικές ικανότητες και δεξιότητες που επιβάλλεται να διαθέτει ο τεχνικός ψυκτικός.

**Σκοπός – Αναμενόμενα αποτελέσματα**

Να είναι σε θέση οι καταρτιζόμενοι:

- Να διακρίνουν και να επιλέγουν τις σωληνώσεις που θα χρησιμοποιηθούν στο δίκτυο ενός ψυκτικού - κλιματιστικού συγκροτήματος, ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές του.
- Να χειρίζονται επιδέξια τα εργαλεία, τα υλικά και τις συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν.
- Να ελέγχουν το δίκτυο για τη διακρίβωση της αντοχής και της στεγανότητάς του.

**Έννοιες κλειδιά – Ορολογία**

Εκχείλωση - εκτόνωση χαλκοσωλήνων, διαμόρφωση χαλκοσωλήνων, αρχή του τριχοειδούς φαινομένου, σκληρή κόλληση, χαλκοκόλληση, ασημοκόλληση, mapp gas, συσκευές οξυγόνου - ασετυλίνης, ουδέτερη φλόγα, ανθρακωτική φλόγα, οξειδωτική φλόγα, μαλακή κόλληση, κασσιτεροκόλληση, στήριξη χαλκοσωλήνων.

6.1 Εκχείλιωση - εκτόνωση χαλκοσωλήνων

Οι χαλκοσωλήνες γενικά χρησιμοποιούνται στις υδραυλικές εγκαταστάσεις, στα δίκτυα θέρμανσης και στα δίκτυα ψύξης. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά του χαλκοσωλήνα είναι:

- Ευχέρεια και ταχύτητα ετοιμασίας και τοποθέτησης εξαιτίας της πλαστικότητας του μετάλλου.
- Μεγάλη αντοχή στην οξειδωση.
- Καλή συμπεριφορά έναντι όλων σχεδόν των οικοδομικών υλών.
- Εύκολη συναρμολόγηση με εξαρτήματα συγκολλούμενα με το τριχοειδές φαινόμενο.
- Δυνατότητα προκατασκευής.
- Αντοχή σε υψηλές εσωτερικές πιέσεις, πράγμα που επιτρέπει τη χρησιμοποίηση σωλήνων με λεπτά τοιχώματα.

Οι χαλκοσωλήνες κατασκευάζονται από μαλακό, ημίσκληρο ή σκληρό χαλκό. Οι σωλήνες μαλακού τύπου διατίθενται στο εμπόριο σε μορφή κουλούρας, ενώ οι σκληροί σε ευθύγραμμα μήκη 3 ή 4 μέτρων.

Οι χαλκοσωλήνες χωρίζονται σε τρεις τύπους, **K**, **L** και **M**, ανάλογα με το πάχος του τοιχώματος. Ο τύπος L είναι μεσαίου πάχους και είναι ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος στην ψύξη.

Οι χαλκοσωλήνες των **υδραυλικών εγκαταστάσεων** είναι τυποποιημένοι σύμφωνα με την **εξωτερική διάμετρο σε mm** ενώ των **ψυκτικών εγκαταστάσεων με την εξωτερική διάμετρο σε in**. Στις ψυκτικές και κλιματιστικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ο τύπος **ACR** (π.χ. ACR 1/2 in σημαίνει ότι αυτός ο σωλήνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ψυκτικές και κλιματιστικές εγκαταστάσεις και έχει εξωτερική διάμετρο 1/2 in). Οι σωλήνες αυτοί αφυγραίνονται κατά την κατασκευή τους και ταπώνονται στα άκρα τους ώστε να μην μπαίνει υγρασία, αέρας και ακαθαρσίες.



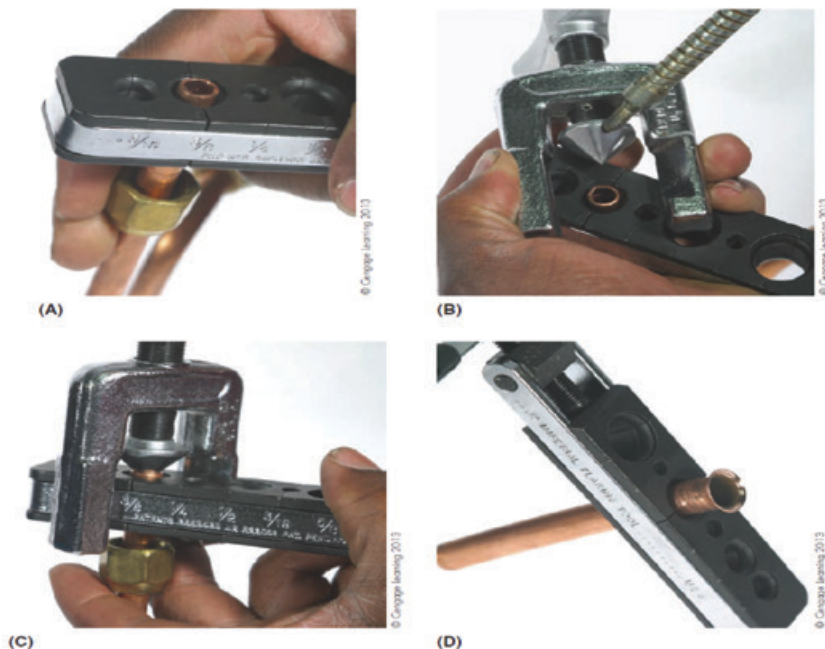
Εκχείλιωση

Μια μέθοδος **σύνδεσης** των σωλήνων είναι η **εκχείλιωση**, κατά την οποία εκχειλώνεται το ένα άκρο του σωλήνα και τοποθετείται το αντίστοιχο ρακόρ.

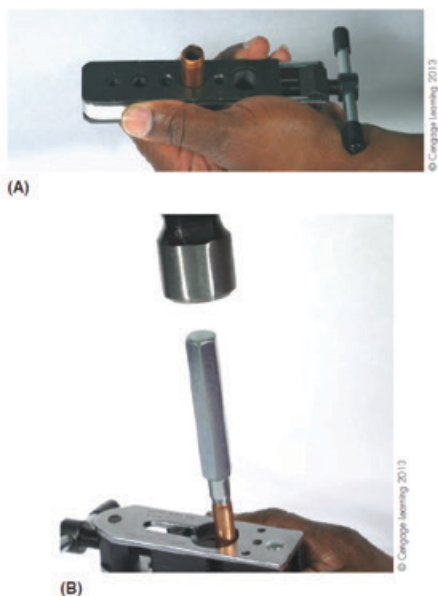
Η εκχείλιωση των χαλκοσωλήνων γίνεται με ειδικά εκχειλωτικά εργαλεία. Κάθε εκχειλωτικό εργαλείο αποτελείται από την πλάκα συγκράτησης του σωλήνα, που φέρει υποδοχές για μια περιοχή διαμέτρων, και από τον εκχειλωτικό κώνο (καβαλάρη).



Σετ εκχειλωτικών - εκτονωτικών εργαλείων



Διαδικασία εκχέιλωσης



Διαδικασία εκτόνωσης

Μια άλλη μέθοδος σύνδεσης χαλκοσωλήνων ίδιας διαμέτρου είναι η εκτόνωση, κατά την οποία εκτονώνουμε το ένα άκρο του σωλήνα έτσι ώστε να προσαρμοστεί το άκρο του άλλου σωλήνα και στη συνέχεια να γίνει η συγκόλληση στο σημείο σύνδεσης.

Η εκτόνωση των χαλκοσωλήνων γίνεται με την πλάκα συγκράτησης και εκτονωτικού τύπου ζουμπά ή με τον ειδικό καβαλάρη εκτόνωσης που προσαρμόζεται στην πλάκα συγκράτησης και βιδώνοντας εκτονώνει το χαλκοσωλήνα.

6.2 Κάμψεις χαλκοσωλήνων

Η κάμψη των σωλήνων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις τρόπους:

α) Με το χέρι

Εφαρμόζεται όταν πρόκειται για χαλκοσωλήνες με μικρές διαμέτρους, π.χ. 1/4".

β) Με χρήση ελατηρίων



Τα ελατήρια είναι κατασκευασμένα από ειδικό χάλυβα, διατίθενται σε διάφορα μεγέθη για διαφορετικές διαμέτρους σωλήνων και διακρίνονται σε εξωτερικά, όταν ο σωλήνας μπαίνει μέσα στο ελατήριο, και σε εσωτερικά, όταν το ελατήριο μπαίνει μέσα στο σωλήνα. Η αφαίρεση του ελατηρίου επιτυγχάνεται με συστροφή του.

γ) Με τους κουρμπαδόρους κάμψης

Οι κουρμπαδόροι είναι ειδικά καμπτικά εργαλεία και για κάθε διάμετρο χαλκοσωλήνα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο αντίστοιχος κουρμπαδόρος. Οι κάμψεις εκτελούνται με μεγάλη ακρίβεια και ευκολία, αλλά το κόστος της σειράς κουρμπαδόρων είναι σχετικά μεγάλο συγκριτικά με αυτό των ελατηρίων.

Για να αποφεύγουμε λανθασμένες κάμψεις πρέπει να έχουμε υπόψη μας τα ακόλουθα:

1. Η **ακτίνα καμπυλότητας** της κάμψης να είναι **3 έως 6** φορές η διάμετρος του σωλήνα.

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου μήκους του χαλκοσωλήνα για την κάμψη ισχύει η σχέση:

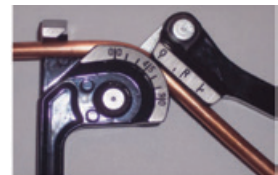
$$L = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_k \cdot M}{360}$$

όπου: **L** = Μήκος κάμψης σε cm

R_k = Ακτίνα κάμψης σε cm

M = Γωνία κάμψης σε μοίρες

2. Πριν αρχίσουμε την κάμψη μετράμε προσεκτικά τις διαστάσεις της κάμψης και σημειώνουμε επάνω στο σωλήνα τα σημεία που θα πραγματοποιηθούν οι κάμψεις.
3. Να χρησιμοποιούμε τα κατάλληλα εργαλεία



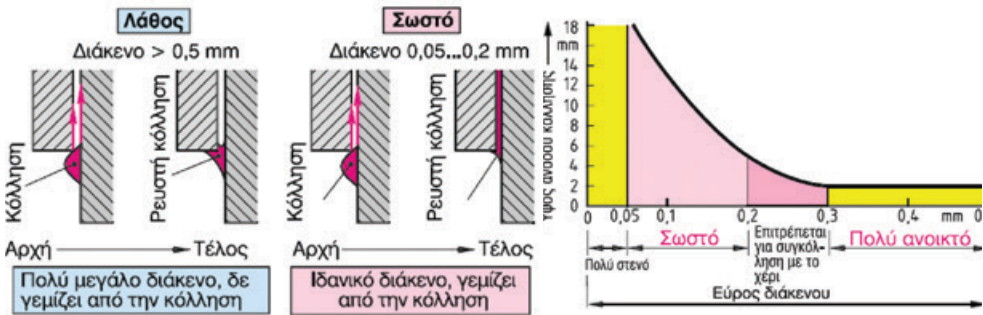
6.3 Μαλακές - σκληρές συγκολλήσεις χαλκοσωλήνων

Για τη κατασκευή ενός δικτύου σωληνώσεων μιας ψυκτικής εγκατάστασης είναι απαραίτητη η εφαρμογή των συγκολλήσεων με ή χωρίς τη χρήση κολλητών συνδετικών εξαρτημάτων.

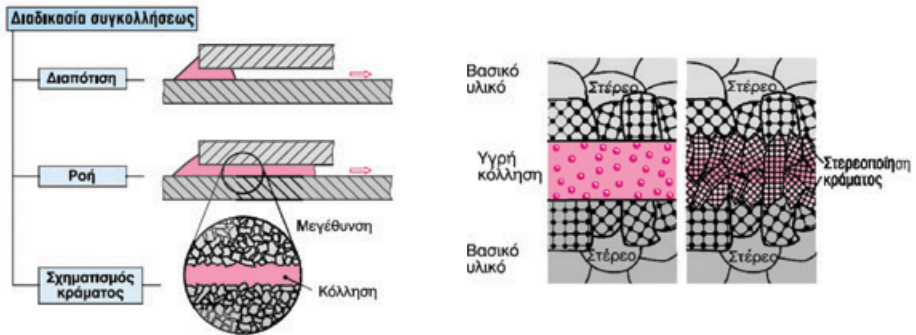
Συγκόλληση είναι γενικά μια θερμική μέθοδος σύνδεσης με χρήση μιας ουσίας, της **κόλλησης**, της οποίας το σημείο τήξης είναι χαμηλότερο από αυτό των προς σύνδεση τεμαχίων (χαλκοσωλήνων) και η οποία θερμαινόμενη λιώνει, διαχέεται και γεμίζει το διάκενο

που σχηματίζουν τα προς συγκόλληση μέταλλα. Μετά την ψύξη της στερεοποιείται και έτσι επιτυγχάνεται η κόλληση.

Η αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η σύνδεση αυτή των χαλκοσωλήνων είναι η **αρχή του τριχοειδούς φαινομένου**. Οι δυνάμεις τριχοειδούς έλξης είναι τέτοιες ώστε η υγρή κόλληση εισέρχεται στο διάκενο οποιαδήποτε και αν είναι η κλίση του σωλήνα. Το τριχοειδές φαινόμενο δημιουργείται τόσο καλύτερα όσο ο χώρος που υπάρχει ανάμεσα στα προς συγκόλληση μέταλλα είναι μικρός και συμμετρικός, γι' αυτό πρέπει το εύρος του διακένου σε όλο το μήκος να είναι μικρό και ομοιόμορφο.



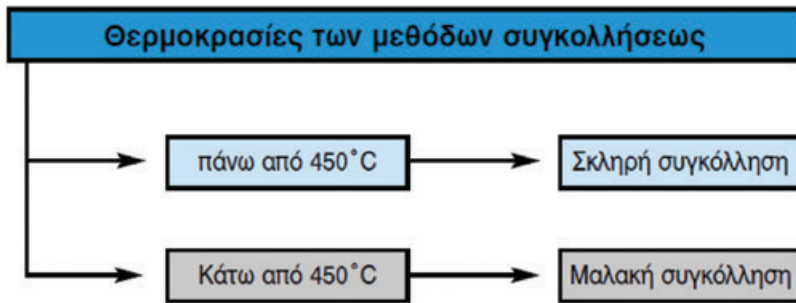
Αρχή του τριχοειδούς φαινομένου



Διαδικασία συγκολλήσεως

Οι κολλήσεις, ανάλογα με το σημείο τήξης, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Στις **μαλακές κολλήσεις**, οι οποίες έχουν σημείο τήξης < 450-500 °C
2. Στις **σκληρές κολλήσεις**, οι οποίες έχουν σημείο τήξης > 450-500 °C

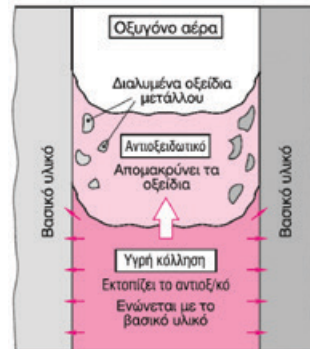


Οι **μαλακές κολλήσεις** χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης και θέρμανσης και σε ειδικές μόνο περιπτώσεις στις ψυκτικές εγκαταστάσεις, οι δε **σκληρές κολλήσεις** στα δίκτυα εγκαταστάσεων φυσικού αερίου, ψύξης, κλιματισμού και όπου αλλού επιβάλλεται. Οι **μαλακές κολλήσεις ή κασσιτεροκολλήσεις** που προσφέρονται στο εμπόριο έχουν μορφή σύρματος (σε καρούλια 250 γρ.). Ένα είδος κασσιτεροκόλλησης που χρησιμοποιείται συχνά για μαλακές κολλήσεις στην ψύξη και τον κλιματισμό είναι η λεγόμενη **95/5**, όπου η κόλληση αποτελείται από **95% κασσίτερο (Sn)** και **5% αντιμόνιο (Sb)**, με θερμοκρασία τήξης 230-240 °C.

Για την πραγματοποίηση της μαλακής κόλλησης επιβάλλεται η χρήση «αποξειδωτικής» ουσίας (πάστα καθαρισμού). Η λειτουργία των «αποξειδωτικών - αντιοξειδωτικών» συνιστάται για αποφυγή οξείδωσης των επιφανειών κατά τη διάρκεια της κόλλησης και την υποβοήθηση της ροής της κόλλησης στη θερμοκρασία εργασίας.



Αποξειδωτική πάστα



Λειτουργία του αποξειδωτικού

Στις **σκληρές κολλήσεις** το σημείο τήξης της κόλλησης κυμαίνεται από **650 έως 750 °C**.

Οι σκληρές κολλήσεις προσφέρονται στο εμπόριο σε μορφή βέργας και διακρίνονται ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άργυρο (Ag) σε:

- **Χαλκοκολλήσεις** (κράματα Cu, P κυρίως ή Cu, P με μικρές ποσότητες σε Ag)
- **Ασημοκολλήσεις** [κράματα Cu και Ag (20%)]

Οι χαλκοκολλήσεις χρησιμοποιούνται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις συγκολλήσεων στις εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού. Δεν χρειάζεται αποξειδωτικό όταν κολλάμε χαλκό με χαλκό, ενώ όταν κολλάμε χαλκό με κράματα χαλκού - μπρούτζου και ορείχαλκου απαιτείται πάστα καθαρισμού (π.χ. βόρακας).

Οι ασημοκολλήσεις χρησιμοποιούνται για συγκόλληση τόσο των σιδηρούχων όσο και των μη σιδηρούχων μετάλλων με χρήση αποξειδωτικού υλικού. Όσο περισσότερη είναι η περιεκτικότητα της κόλλησης σε ασήμι τόσο ισχυρότερη και ποιοτικά καλύτερη είναι η κόλληση.

Για να πραγματοποιηθεί μια οποιαδήποτε συγκόλληση απαιτείται να υπάρχει μια πηγή θερμότητας. Για τις μαλακές κολλήσεις καθώς και για τις σκληρές με μικρή διάμετρο σωλήνων (7/8"-1") χρησιμοποιούμε φλόγιστρα ασετυλίνης (C₂H₂), προπανίου, βουτανίου και mapp gas, ενώ για τις σκληρές με μεγαλύτερη διάμετρο τις συσκευές οξυγόνου - ασετυλίνης.



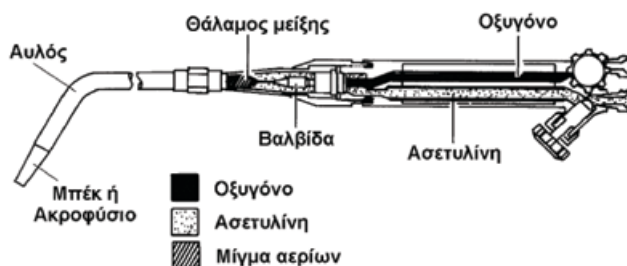
Οξυγόνο - ασετυλίνη

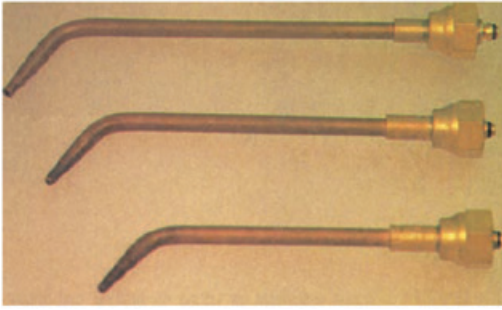


Αέρας - ασετυλίνη



Mapp gas

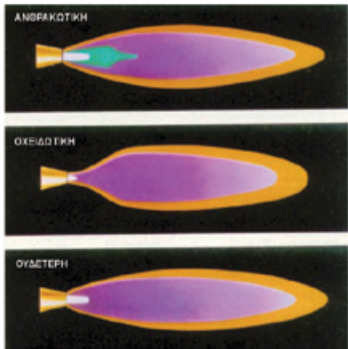




Ακροφύσια οξυγόνου - ασετυλίνης



Είδη ακροφυσίων αέρα - ασετυλίνης



Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τρία είδη φλόγας στη συγκολλητική μονάδα οξυγόνου ασετυλίνης. Την **ουδέτερη φλόγα**, όταν η αναλογία οξυγόνου και ασετυλίνης είναι ίδια, την **ανθρακωτική φλόγα**, που έχει περίσσεια ασετυλίνης, και την **οξειδωτική φλόγα**, που έχει περίσσεια οξυγόνου. Με την ανθρακωτική (αναγωγική) φλόγα η ραφή συγκόλλησης απορροφά ασετυλίνη, με αποτέλεσμα την ενανθράκωση και σκλήρυνσή της, πράγμα που είναι ανεπιθύμητο. Με την οξειδωτική φλόγα η ραφή συγκόλλησης απορροφά οξυγόνο, με αποτέλεσμα να γίνεται εύθραυστη. Συνεπώς η προτιμώμενη φλόγα είναι η ουδέτερη.

Τεχνικές συγκολλησεων



Για να γίνει μια κόλληση επιτυχημένη θα πρέπει να γίνει σωστή προετοιμασία των προς κόλληση επιφανειών, σωστός καθαρισμός, και να χρησιμοποιούμε τα κατάλληλα υλικά κόλλησης.

Μαλακές συγκολλησεις

Για να επιτύχουμε μια καλή μαλακή συγκόλληση θα πρέπει οι διάμετροι των σωλήνων και των μέσων σύνδεσης να ταιριάζουν μεταξύ τους κατάλληλα. Αφού ο σωλήνας κοπεί στο μέγεθος που απαιτείται και αφαιρεθούν τα ρινίσματα και τα γρέζια, πρέπει να γίνουν τα ακόλουθα:

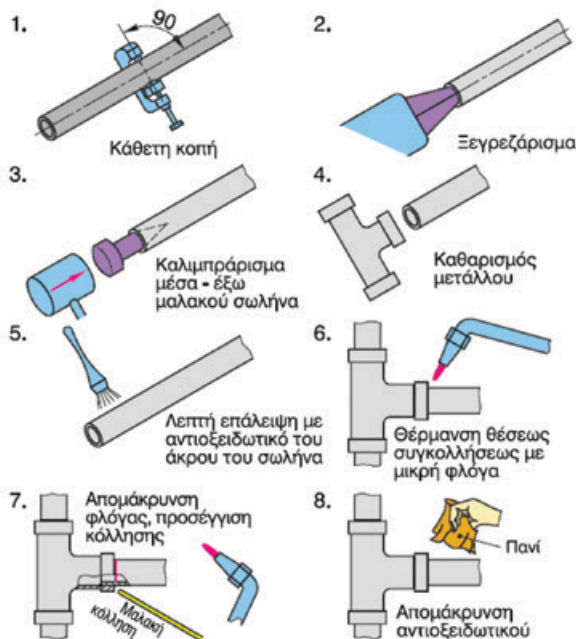
- Καθαρίζουμε τις επιφάνειες που πρόκειται να κολληθούν με τη χρήση ατσαλόμαλλου ή «scotchbrite»
- Επαλείφουμε τις επιφάνειες που θα συγκολληθούν με αποξειδωτικό υλικό.
- Περιστρέφουμε τα κομμάτια που θα συγκολληθούν για ομοιόμορφη κατανομή του αποξειδωτικού. Τα τοποθετούμε στη θέση που θα συγκολληθούν και τα στερεώνουμε καλά.
- Θερμαίνουμε με χαμηλή φλόγα μέχρι να επιτύχουμε τη θερμοκρασία που λιώνει η κόλληση. Η θέρμανση συνεχίζεται μέχρι να βράσει το αποξειδωτικό που υπάρχει μεταξύ των επιφανειών που πρόκειται να συγκολληθούν.
- Απομακρύνουμε τη φλόγα και ακουμπάμε την κόλληση. Την κίνηση αυτή την κάνουμε μερικές φορές έως ότου ακουμπώντας την κόλληση στο σημείο σύνδεσης

αυτή να λιώσει και με το τριχοειδές φαινόμενο να απορροφηθεί και να γεμίσει όλο το διάκενο.

- Σκουπίζουμε με ένα πανί ώστε να απομακρύνουμε τυχόν υπολείμματα κόλλησης και αποξειδωτικού υλικού.

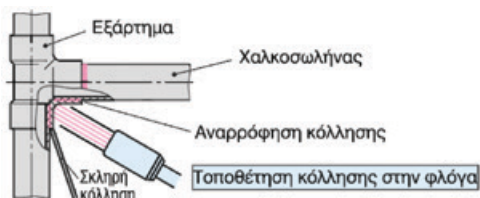
Σημείωση

Όταν πρόκειται να κάνουμε διαδοχικές κολλήσεις σε «ταυ» (Τ), κολλάμε από κάτω προς τα πάνω ώστε να μην επηρεάζονται τα ήδη κολλημένα εξαρτήματα.



Σκληρές συγκολλήσεις

1. Καθαρίζουμε τις επιφάνειες.
2. Στερεώνουμε τα κομμάτια που θα συγκολληθούν.
3. Θερμαίνουμε τα προς συγκόλληση τμήματα μέχρι να αποκτήσουν την κατάλληλη θερμοκρασία (το χρώμα του σωλήνα να γίνει πορτοκαλί). Θυμίζουμε ότι για τις σκληρές κολλήσεις χρειάζονται θερμοκρασίες 650-750 °C.
4. Τοποθετούμε τη βέργα (υλικό κόλλησης) επάνω στο πυρωμένο μέρος και το παρακολουθούμε να λιώνει και να εισχωρεί ανάμεσα στα προς συγκόλληση εξαρτήματα μέχρις ότου γεμίσει το κενό μεταξύ των επιφανειών που θα συγκολληθούν.
5. Σκουπίζουμε με ένα βρεγμένο πανί τα υπολείμματα της κόλλησης.

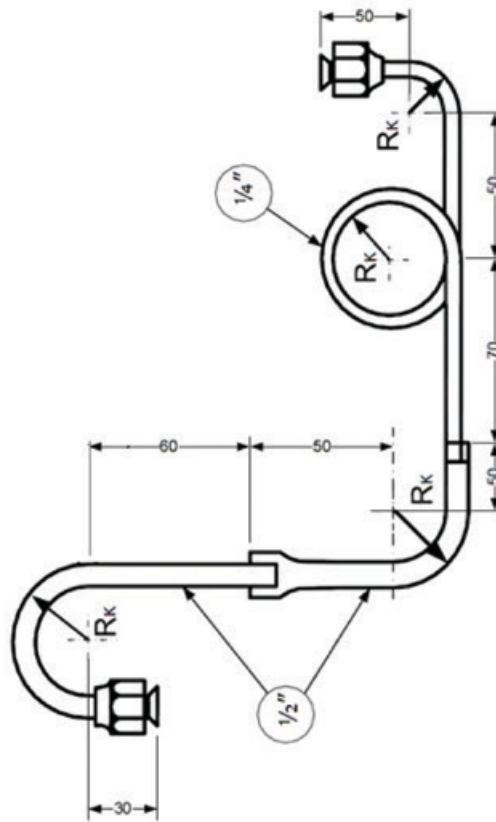


Σημείωση

Αποξειδωτικό δεν χρειάζεται μόνο στην περίπτωση που κολλάμε χαλκοσωλήνες με χαλκοκόλληση.

Πρακτική εφαρμογή

Να κατασκευαστεί το παρακάτω δίκτυο σωληνώσεων, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες μεθόδους, εργαλεία και συσκευές.



6.4 Στήριξη χαλκοσωληνών

Ιδιαίτερη βαρύτητα πρέπει να δίνουμε στη στήριξη των χαλκοσωληνών ενός ψυκτικού - κλιματιστικού συστήματος για να αποφύγουμε τις παλμικές κινήσεις των σωληνώσεων κατά τη λειτουργία.

Οι ταλαντώσεις των σωληνών, οι οποίες προέρχονται από τους κραδασμούς του συμπιεστή και των ανεμιστήρων, είναι πιο σημαντικές όταν το δίκτυο είναι εκτεταμένο και η διάμετρος των σωληνών μεγάλη ($>1''$). Ο περιορισμός των ταλαντώσεων γίνεται με σωστή στήριξη των σωληνών και χρήση ειδικών αντικραδασμικών τεμαχίων στις συνδέσεις του συμπιεστή.

Οι αποστάσεις των στηριγμάτων εξαρτώνται από τη διάμετρο του σωλήνα που θέλουμε να στηρίξουμε, από το αν το τμήμα της σωληνώσης βρίσκεται στην αναρρόφηση ή στην κατάθλιψη και αν είναι οριζόντιο ή κατακόρυφο. Η σωστή στήριξη των σωληνών πρέπει να συνδυάζεται με τη σπιβαρότητα της κατασκευής αλλά και με τη δυνατότητα συστολοδιαστολής των σωληνών.



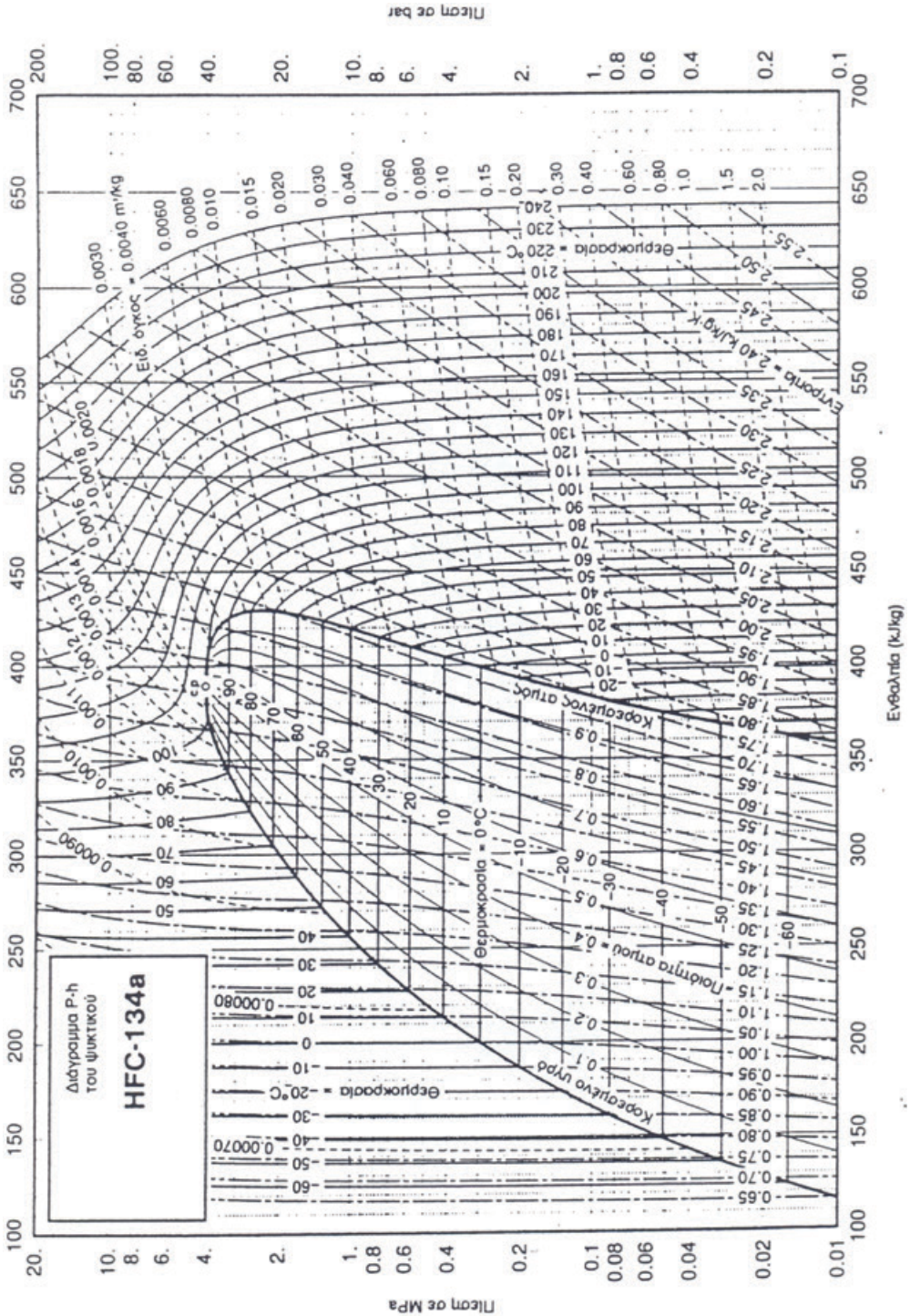
Διάφορα στηρίγματα χαλκοσωλήνων

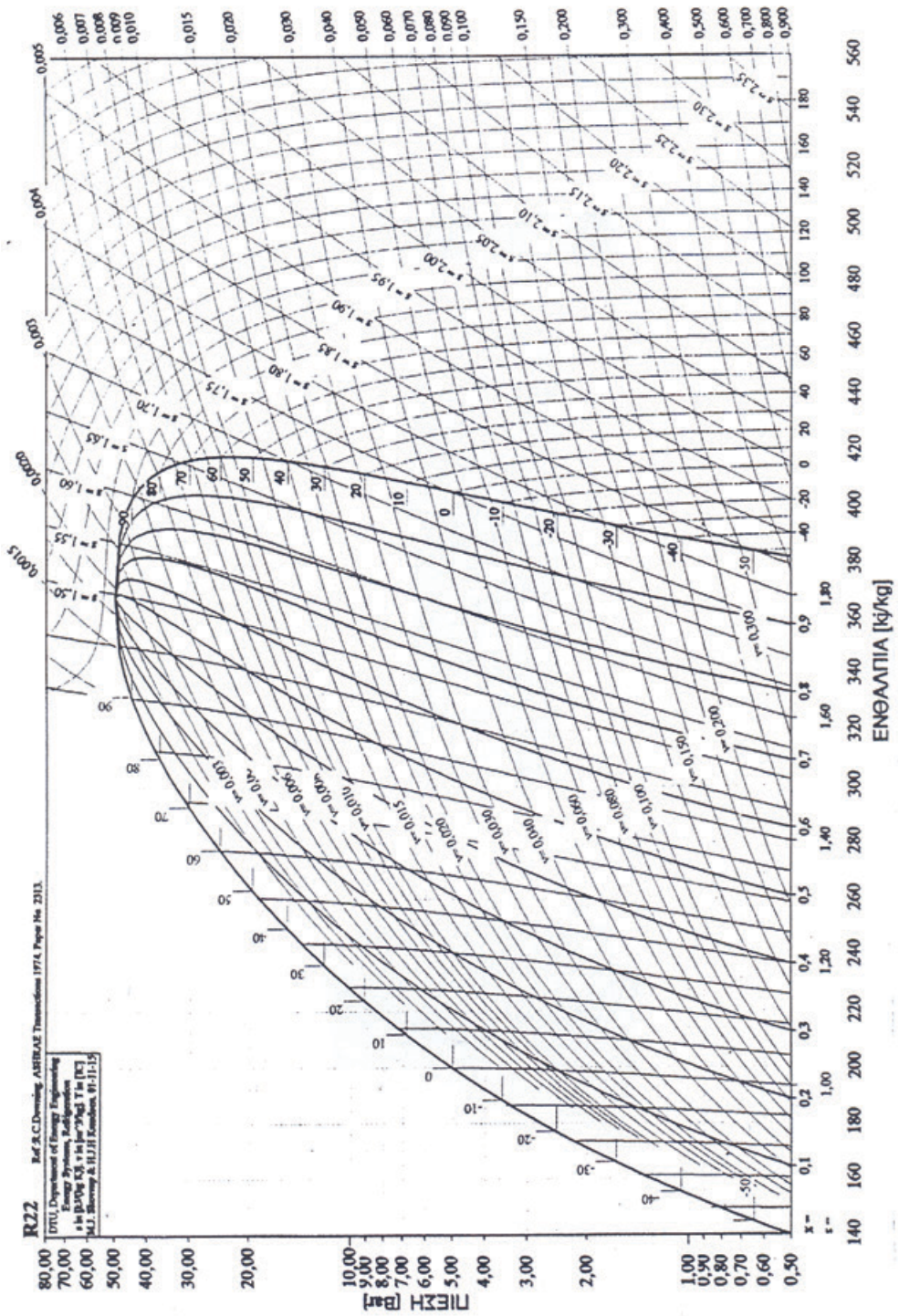


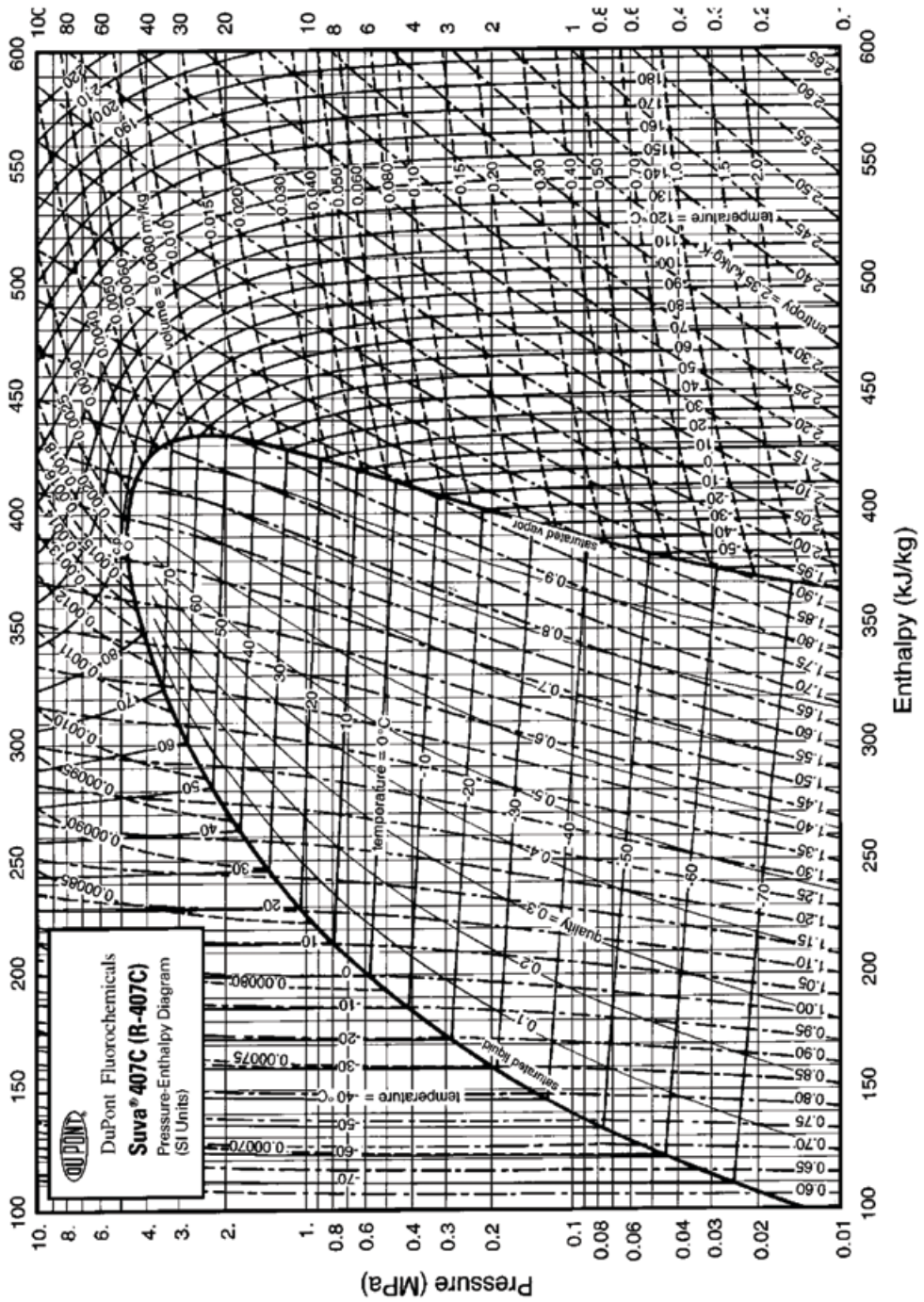
Ανακεφαλαίωση

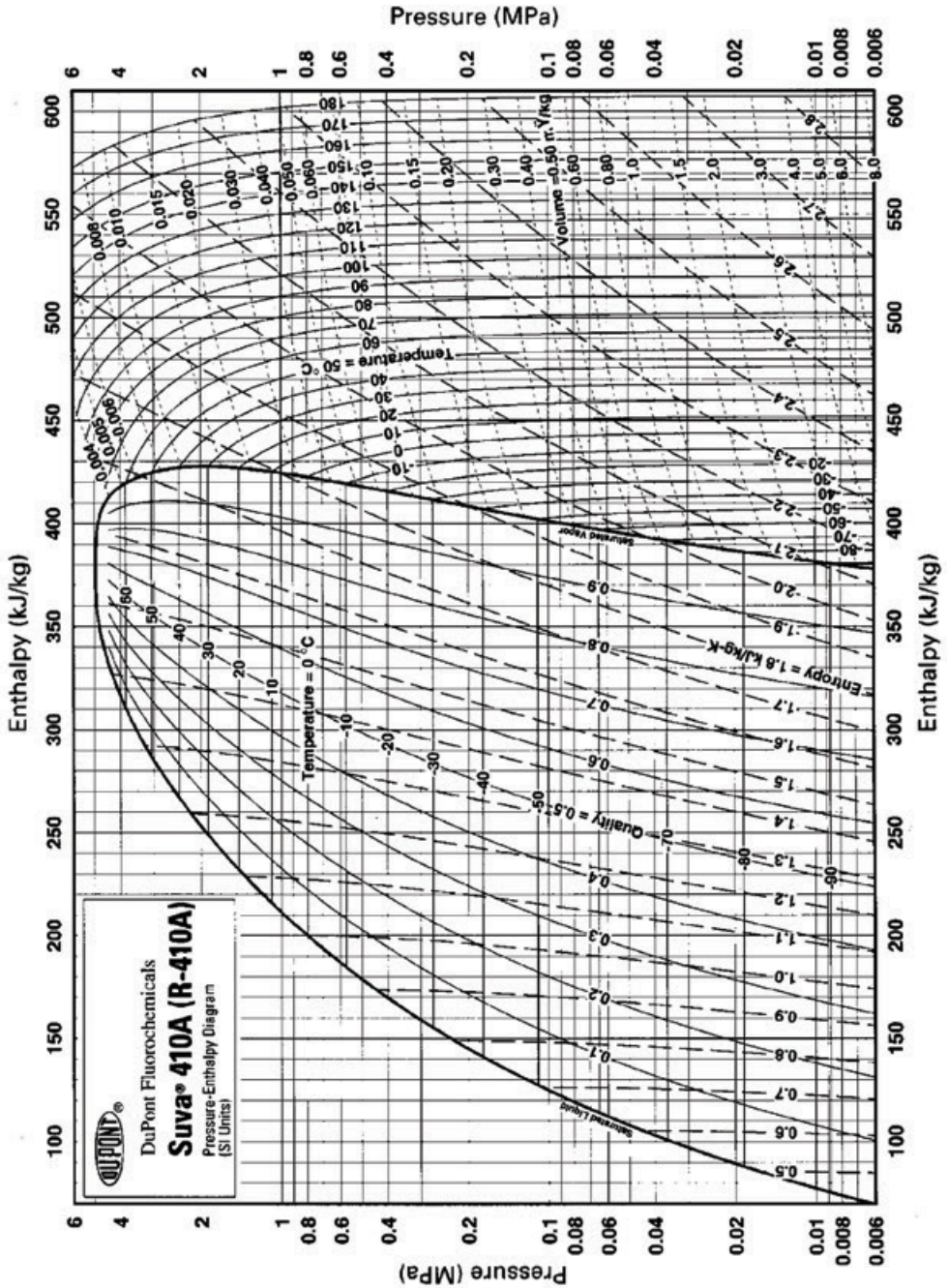
Στο κεφάλαιο αυτό μεγάλη βαρύτητα δόθηκε στα είδη των συγκολλήσεων που χρησιμοποιούνται στην ψύξη και τον κλιματισμό, στα υλικά από τα οποία αποτελούνται, στις θερμοκρασίες εφαρμογής τους, καθώς και στις σωστές μεθόδους που πρέπει να ακολουθούνται για να εξασφαλίζεται η στεγανή συγκόλληση των τμημάτων του δικτύου της ψυκτικής εγκατάστασης. Επίσης τονίστηκε ο σημαντικός ρόλος που παίζει το είδος και η σωστή τοποθέτηση των στηριγμάτων που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο των σωληνώσεων της ψυκτικής - κλιματιστικής διάταξης. Το κεφάλαιο αυτό συνδέεται άμεσα με το 4ο Κεφάλαιο, που αναφέρεται στον έλεγχο της στεγανότητας ενός ψυκτικού - κλιματιστικού κυκλώματος.

Διαγράμματα P-h και πίνακες χαρακτηριστικών μεγεθών διαφόρων ψυκτικών ρευστών










ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ - ΠΙΕΣΕΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

Saturated Conditions – Pressure (psig)									
Temp °C	Freon®	Suva®	Suva®	Suva®	Temp °C	Freon®	Suva®	Suva®	Suva®
	22 R-22	134a R-134a	404A R-404A	410A R-410A		22 R-22	134a R-134a	404A R-404A	410A R-410A
-40	0.6	14.8"	4.9	10.8	16	101.6	57.4	126.0	170.7
-39	1.4	13.9"	5.9	12.1	17	105.4	60.0	130.5	176.6
-38	2.2	12.9"	7.0	13.4	18	109.3	62.7	135.0	182.7
-37	3.1	12.0"	8.0	14.8	19	113.2	65.4	139.7	188.9
-36	4.0	10.9"	9.2	16.3	20	117.3	68.2	144.4	195.3
-34	4.9	9.8"	10.3	17.8	21	121.4	71.1	149.3	201.8
-33	5.9	8.7"	11.5	19.4	22	125.7	74.1	154.3	208.4
-32	6.9	7.5"	12.8	21.0	23	130.0	77.1	159.4	215.2
-31	8.0	6.3"	14.1	22.7	24	134.5	80.2	164.6	222.2
-30	9.1	5.0"	15.4	24.5	26	139.0	83.4	169.9	229.3
-29	10.2	3.7"	16.8	26.3	27	143.6	86.7	175.4	236.5
-28	11.4	2.3"	18.3	28.2	28	148.4	90.0	181.0	244.0
-27	12.6	0.8"	19.8	30.2	29	153.2	93.5	186.7	251.6
-26	13.9	0.3	21.3	32.2	30	158.2	97.0	192.5	259.3
-24	15.2	1.1	22.9	34.3	31	163.2	100.6	198.4	267.3
-23	16.5	1.9	24.6	36.5	32	168.4	104.3	204.5	275.4
-22	17.9	2.8	26.3	38.7	33	173.7	108.1	210.7	283.6
-21	19.4	3.6	28.0	41.0	34	179.1	112.0	217.0	292.1
-20	20.9	4.6	29.8	43.4	36	184.6	115.9	223.4	300.7
-19	22.4	5.5	31.7	45.9	37	190.2	120.0	230.0	309.5
-18	24.0	6.5	33.7	48.4	38	195.9	124.2	236.8	318.5
-17	25.7	7.5	35.7	51.1	39	201.8	128.4	243.6	327.7
-16	27.4	8.5	37.7	53.8	40	207.7	132.7	250.6	337.1
-14	29.1	9.6	39.8	56.6	41	213.8	137.2	257.8	346.7
-13	31.0	10.8	42.0	59.5	42	220.0	141.7	265.1	356.5
-12	32.8	11.9	44.3	62.4	43	226.4	146.4	272.5	366.4
-11	34.8	13.1	46.6	65.5	44	232.8	151.1	280.1	376.6
-10	36.8	14.4	49.0	68.6	46	239.4	156.0	287.9	387.0
-9	38.8	15.7	51.5	71.9	47	246.1	160.9	295.8	397.6
-8	40.9	17.0	54.0	75.2	48	253.0	166.0	303.8	408.4
-7	43.1	18.4	56.6	78.7	49	260.0	171.2	312.1	419.4
-6	45.3	19.9	59.3	82.2	50	267.1	176.5	320.4	430.7
-4	47.6	21.3	62.0	85.8	51	274.3	181.8	329.0	442.1
-3	50.0	22.9	64.8	89.6	52	281.7	187.4	337.7	453.8
-2	52.4	24.5	67.7	93.4	53	289.2	193.0	346.6	465.8
-1	55.0	26.1	70.7	97.4	54	296.9	198.7	355.6	477.9
0	57.5	27.8	73.8	101.4	56	304.7	204.6	364.9	490.3
1	60.2	29.5	76.9	105.6	57	312.6	210.6	374.3	503.0
2	62.9	31.3	80.2	109.9	58	320.7	216.7	383.9	515.9
3	65.7	33.1	83.5	114.3	59	329.0	222.9	393.7	529.1
4	68.6	35.0	86.9	118.8	60	337.4	229.2	403.7	542.5
6	71.5	37.0	90.4	123.4	61	345.9	235.7	413.9	556.2
7	74.5	39.0	94.0	128.2	62	354.6	242.3	424.3	570.2
8	77.6	41.1	97.6	133.0	63	363.5	249.0	434.9	584.5
9	80.8	43.2	101.4	138.0	64	372.5	255.9	445.7	599.0
10	84.1	45.4	105.3	143.2	66	381.7	262.9	456.8	613.88
11	87.4	47.7	109.2	148.4					
12	90.8	50.0	113.3	153.8					
13	94.4	52.4	117.4	159.3					
14	98.0	54.9	121.7	164.9					

ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ - ΠΙΕΣΕΩΝ ΖΕΩΤΡΟΠΙΚΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

Superheat – Saturated Vapor Pressures

Typical PH Diagram
Superheat–Reference Point




Dew Point — Saturated Vapor (psig)

Temp °C	Suva® MP39 R-401A	Suva® MP66 R-401B	Suva® HP80 R-402A	Suva® HP81 R-402B	Suva® 407C R-407C	Suva® 408A R-408A	Suva® 409A R-409A
-40	13.8"	12.4"	5.7	3.7"	4.6"	3.1	14.8"
-39	12.9"	11.3"	6.8	4.7"	3.2"	4.0	13.9"
-38	11.9"	10.3"	7.8	5.7"	1.6"	5.0	13.0"
-37	10.9"	9.2"	9.0	6.7"	0.1"	5.9	12.0"
-36	9.8"	8.0"	10.1	7.8"	0.8"	7.0	10.9"
-34	8.7"	6.8"	11.4	8.9"	1.6	8.0	9.9"
-33	7.5"	5.5"	12.6	10.1	2.5	9.1	8.8"
-32	6.2"	4.2"	13.9	11.3	3.4	10.3	7.6"
-31	5.0"	2.8"	15.3	12.5	4.4	11.5	6.4"
-30	3.6"	1.4"	16.7	13.8	5.4	12.7	5.1"
-29	2.2"	0.1	18.2	15.1	6.5	14.0	3.8"
-28	0.8"	0.8	19.7	16.5	7.5	15.3	2.4"
-27	0.3	1.6	21.2	18.0	8.7	16.7	0.9"
-26	1.1	2.4	22.9	19.4	9.9	18.1	0.3
-24	1.9	3.3	24.5	21.0	11.1	19.6	1.0
-23	2.8	4.2	26.3	22.6	12.3	21.1	1.8
-22	3.6	5.1	28.0	24.2	13.7	22.7	2.7
-21	4.5	6.1	29.9	25.9	15.0	24.3	3.5
-20	5.4	7.1	31.8	27.7	16.4	26.0	4.4
-19	6.4	8.1	33.8	29.5	17.9	27.7	5.3
-18	7.4	9.2	35.8	31.4	19.4	29.5	6.3
-17	8.5	10.3	37.9	33.3	21.0	31.3	7.3
-16	9.5	11.5	40.0	35.3	22.6	33.2	8.3
-14	10.7	12.7	42.3	37.3	24.3	35.2	9.4
-13	11.8	13.9	44.6	39.5	26.1	37.2	10.5
-12	13.0	15.2	46.9	41.6	27.9	39.3	11.6
-11	14.2	16.5	49.4	43.9	29.7	41.4	12.8
-10	15.5	17.9	51.9	46.2	31.7	43.6	14.0
-9	16.9	19.3	54.4	48.6	33.7	45.9	15.3
-8	18.2	20.8	57.1	51.1	35.7	48.2	16.6
-7	19.6	22.3	59.8	53.6	37.9	50.6	18.0
-6	21.1	23.8	62.6	56.2	40.1	53.1	19.4
-4	22.6	25.4	65.5	58.9	42.3	55.7	20.8
-3	24.2	27.1	68.5	61.6	44.7	58.3	22.3
-2	25.8	28.8	71.5	64.4	47.1	61.0	23.9
-1	27.4	30.6	74.7	67.3	49.6	63.7	25.5
0	29.1	32.4	77.9	70.3	52.1	66.6	27.1
1	30.9	34.2	81.2	73.4	54.8	69.5	28.8
2	32.7	36.2	84.6	76.5	57.5	72.5	30.5
3	34.6	38.2	88.1	79.8	60.3	75.6	32.3
4	36.5	40.2	91.6	83.1	63.2	78.7	34.2
6	38.5	42.3	95.3	86.5	66.1	81.9	36.1
7	40.5	44.5	99.0	90.0	69.2	85.3	38.0
8	42.6	46.7	102.9	93.5	72.3	88.7	40.1
9	44.8	49.0	106.8	97.2	75.5	92.2	42.1
10	47.0	51.4	110.9	101.0	78.8	95.7	44.3

Subcooling – Saturated Liquid Pressures

Typical PH Diagram
Subcooling–Reference Point



Bubble Point — Saturated Liquid (psig)

Temp °C	Suva® MP39 R-401A	Suva® MP66 R-401B	Suva® HP80 R-402A	Suva® HP81 R-402B	Suva® 407C R-407C	Suva® 408A R-408A	Suva® 409A R-409A
10	57.9	62.4	115.4	106.3	97.9	96.8	60.9
11	60.4	65.1	119.6	110.3	101.7	100.5	63.4
12	63.0	67.8	123.9	114.3	105.6	104.3	66.1
13	65.7	70.6	128.3	118.4	109.5	108.1	68.8
14	68.4	73.5	132.8	122.6	113.7	112.1	71.6
16	71.2	76.5	137.4	127.0	117.9	116.1	74.5
17	74.1	79.5	142.1	131.4	122.3	120.3	77.4
18	77.0	82.6	147.0	135.9	126.7	124.5	80.4
19	80.0	85.7	151.9	140.6	131.2	128.8	83.4
20	83.1	89.0	157.0	145.3	135.8	133.3	86.6
21	86.3	92.3	162.1	150.1	140.5	137.8	89.8
22	89.5	95.7	167.4	155.1	145.4	142.5	93.1
23	92.8	99.2	172.8	160.1	150.3	147.2	96.5
24	96.2	102.8	178.3	165.3	155.4	152.1	99.9
26	99.7	106.4	183.9	170.6	160.5	157.0	103.4
27	103.2	110.2	189.7	176.0	165.8	162.1	107.0
28	106.8	114.0	195.5	181.5	171.2	167.3	110.7
29	110.6	117.9	201.5	187.1	176.8	172.6	114.4
30	114.4	121.9	207.7	192.9	182.4	178.0	118.3
31	118.2	125.9	213.9	198.7	188.2	183.5	122.2
32	122.2	130.1	220.3	204.7	194.1	189.2	126.2
33	126.2	134.3	226.8	210.8	200.1	194.9	130.3
34	130.4	138.7	233.5	217.1	206.3	200.8	134.5
36	134.6	143.1	240.2	223.4	212.5	206.8	138.8
37	138.9	147.7	247.1	229.9	219.0	212.9	143.1
38	143.3	152.3	254.2	236.5	225.5	219.2	147.6
39	147.8	157.0	261.4	243.3	232.2	225.5	152.1
40	152.4	161.8	268.7	250.2	239.0	232.0	156.7
41	157.1	166.7	276.2	257.2	245.9	238.7	161.4
42	161.9	171.8	283.9	264.4	253.0	245.4	166.3
43	166.8	176.9	291.6	271.7	260.3	252.3	171.2
44	171.8	182.1	299.6	279.1	267.6	259.4	176.2
46	176.8	187.4	307.7	286.7	275.1	266.6	181.3
47	182.0	192.9	315.9	294.4	282.8	273.9	186.5
48	187.3	198.4	324.3	302.3	290.6	281.3	191.8
49	192.7	204.0	332.9	310.3	298.6	288.9	197.2
50	198.2	209.8	341.6	318.5	306.7	296.7	202.7
51	203.8	215.7	350.5	326.8	315.0	304.6	208.3
52	209.5	221.6	359.5	335.3	323.4	312.6	214.0
53	215.3	227.7	368.7	343.9	332.0	320.8	219.8
54	221.2	233.9	378.1	352.7	340.7	329.2	225.7
56	227.2	240.3	387.7	361.7	349.7	337.7	231.8
57	233.4	246.7	397.5	370.8	358.7	346.3	237.9
58	239.7	253.3	407.4	380.1	368.0	355.2	244.2
59	246.0	259.9	417.5	389.6	377.4	364.1	250.5
60	252.5	266.7	427.8	399.2	387.0	373.3	257.0
61	259.1	273.6	438.3	409.0	396.7	382.6	263.6
62	265.9	280.7	449.0	419.0	406.6	392.1	270.3
63	272.7	287.9	459.9	429.1	416.7	401.8	277.1
64	279.7	295.2	471.0	439.5	427.0	411.7	284.0
66	286.8	302.6	482.4	450.0	437.5	421.7	291.1



Βιβλία

- Ασημακόπουλος Α., *Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων*, Αθήνα, 1995.
- Βραχόπουλος Μ., *Ψυκτικές διατάξεις*, ΙΩΝ, Αθήνα, 2000.
- Γομάτος Λ., Λύτρας Κ., *Ψύξη – Κλιματισμός*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2002.
- Διακουμάκος Κ., Πανταζής Ν., Ιωαννίδου Μ., Παπαδάκης Ι., *Ηλεκτρολογία – Αυτοματισμοί Ι*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2004.
- Καρακάσσογλου Β., *Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων*, Ρεβέκκα, Αθήνα, 2002.
- Κουρεμένου Δ., *Ψυκτικές μηχανές και εγκαταστάσεις*, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα, 1987.
- Κτενιαδάκης Μ., Παπαδάκης Θ., Αργυράκης Π., *Εγκαταστάσεις ψύξης Ι*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2002.
- Κτενιαδάκης Μ., Παπαδάκης Θ., Αργυράκης Π., *Εγκαταστάσεις ψύξης ΙΙ – Εργαστηριακός οδηγός*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2002.
- Ροζάκος Ν., Σπυρίδωνος Π., *Θερμοδυναμική*, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1986.
- Johnson C., *Εργαστήριο εγκαταστάσεων ψύξης Ι*, ΙΩΝ, Αθήνα, 2000.
- Johnson C., *Εργαστήριο εγκαταστάσεων ψύξης ΙΙ*, ΙΩΝ, Αθήνα, 2000.
- Whitman W., Johnson W., Tomczyk J., *Εγκαταστάσεις ψύξης Ι*, ΙΩΝ, Αθήνα, 2000.
- Whitman W., Johnson W., Tomczyk J., *Εγκαταστάσεις ψύξης ΙΙ*, ΙΩΝ, Αθήνα, 2000.



Ιστοσελίδες

- Γενική Συνομοσπονδία Επαγγελματιών Βιοτεχνών Εμπόρων Ελλάδας (ΓΣΕΒΕΕ): www.gsevee.gr
- Ευρωπαϊκή Ένωση: http://europa.eu/index_el.htm
- Ελληνική Ένωση Βιομηχανιών Ψύχους: <http://www.cold.org.gr>
- Περιοδικό «Ο ψυκτικός»: www.opsiktikos.gr
- Ομοσπονδία Ψυκτικών Ελλάδος (ΟΨΕ): <http://www.opse.gr>
- Σωματείο επαγγελματιών Ψυκτικών και Κλιματιστικών Εγκαταστάσεων Ελλάδος (ΣΕΨΚΕΕ): www.sepskee.gr
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής: <http://www.ypeka.gr>
- Du Pont: <http://www.dupont.com>



Άλλες πηγές

- Ευρωπαϊκοί κανονισμοί (ΕΚ) 2037/2000, 842/2006, 303/2008, 1516/2007, 1005/2009.
- Προεδρικό διάταγμα 1, ΦΕΚ Α/3/08.01.2013.
- Υπουργική απόφαση, Αριθ. Οικ. 7667/520/Φ.Γ.9.6.4.(Γ) ΦΕΚ Β/1447/14.06.13.
- Υπουργική απόφαση, Αριθ. Η.Π.18694/658/Ε 103 ΦΕΚ Β/1232/11.04.12.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Πληροφορίες για χειριστές εξοπλισμού που περιέχει φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου», Υπηρεσία εκδόσεων ΕΕ, Λουξεμβούργο, 2009.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Πληροφορίες για τεχνικό προσωπικό και επιχειρήσεις που εργάζονται με εξοπλισμό που περιέχει φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου», Υπηρεσία εκδόσεων ΕΕ, Λουξεμβούργο, 2009.
- Θεοχαρίδης Α., *Συνήθη ψυκτικά μέσα και εξοικονόμηση ενέργειας στις ψυκτικές εγκαταστάσεις*, διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, 2010.
- Ενημερωτικό υλικό εταιρειών ΤΕΨΕ ΑΕ, ΚΟΝΤΕΣ ΑΒΕΕ, ΣΟΛΔΑΤΟΣ & ΣΙΑ ΕΕ, ΧΑΛΚΟΡ ΑΕ.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

- Βασική θερμοδυναμική - περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ψυκτικών μέσων και περιβαλλοντικοί κανονισμοί
- Έλεγχοι του συστήματος για αντοχή, στεγανότητα και διαρροές - φιλικός προς το περιβάλλον χειρισμός του συστήματος και του ψυκτικού μέσου
- Αρχή λειτουργίας, είδη, εγκατάσταση, συντήρηση των κύριων τμημάτων - συσκευών και κατασκευαστικών στοιχείων του συστήματος
- Σωληνώσεις - δημιουργία στεγανού δικτύου σωλήνων σε ψυκτικές εγκαταστάσεις



Ινστιτούτο Μικρών Επιχειρήσεων
Γενική Συνομοσπονδία Επαγγελματιών Βιοτεχνών Εμπόρων Ελλάδας
Αριστοτέλους 46, 104 33 Αθήνα, Τηλ. 210 8846852, Fax. 210 8846853
www.imegseevee.gr • info@imegseevee.gr



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
"ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ"
Προσανατολισμός στον Άνθρωπο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

