

Κλιματισμός Σε Πλοία

Κλιματισμός με μηχανική συμπίεση αέρα



Διπλωματική Εργασία
Ρούσσου Μαρία
Αρ. Μητ. 02103027

Υπεύθυνος Καθηγητής
Χ.Τζιβανίδης

Έτος 2011

Πρόλογος	3
Ιστορική αναδρομή.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Εισαγωγή στα ψυκτικά συστήματα των πλοίων	7
1.1 Κλιματισμός και αερισμός.....	8
1.2 Πλοία μεταφοράς ψυχρού φορτίου.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η τεχνολογία των ψυκτικών μέσων	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Διεθνείς κανονισμοί	21
3.1 Συνθήκες Περιβάλλοντος.....	23
3.2 Πληρότητα.....	24
3.3 Θερμικός Ισολογισμός.....	25
3.4 Θερμικό Κέρδος.....	30
3.5 Υπολογισμός της ροής του αέρα.....	32
3.6 Εφαρμογές στην μελέτη σχεδιασμού.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Συστήματα αερισμού	38
4.1 Φυσικός και Μηχανικός Αερισμός.....	39
4.2 Αερισμός Αντλιοστασίου.....	44
4.3 Αερισμός Μηχανοστασίου.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Συστήματα κλιματισμού	53
5.1 Ψυκτικό φορτίο.....	53
5.2 Θερμικό φορτίο.....	57
5.3 Εκτίμηση ψυκτικού και θερμικού φορτίου και παροχής αέρα..	58
5.4 Συστήματα μονού και Διπλού Αγωγού.....	61
5.5 Διάγραμμα Κλιματισμού – Κλιματιστικές Μονάδες.....	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Μηχανικά μέρη συστημάτων κλιματισμού	79
6.1 Σωληνώσεις.....	80
6.1 Συμπιεστές.....	82
6.2 Συμπυκνωτές.....	86
6.3 Εξατμιστές.....	87
6.4 Βάνες ελέγχου της ροής του ψυκτικού.....	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Κλιματισμός σε πλοίο με μηχανική συμπίεση αέρα	93
7.1 Το Σύστημα.....	95
7.2 Επιδόσεις Συστήματος.....	100
7.2.1 Υγρός αέρας.....	100
7.2.2 Αξονικός Συμπιεστής.....	101
7.2.3 Στρόβιλος.....	102
7.2.4 Επιφάνεια Συναλλαγής Θερμότητας.....	104
7. Προσομοίωση.....	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	115

Πρόλογος

Η βιομηχανική επανάσταση έφερε στην πρώτη γραμμή της οικονομίας την ανάπτυξη των τεχνολογιών και των επιστημών με αποτέλεσμα μια ραγδαία αναβάθμιση των μηχανών. Αναπόφευκτα κομμάτι αυτής της εξέλιξης υπήρξε και η επιστήμη των κλιματιστικών εγκαταστάσεων και των παραγώγων αυτών. Καταλύτης στην εξέλιξη αυτή υπήρξε η μελέτη και ανάπτυξη νέων ψυκτικών μέσων με καλύτερη θερμική συμπεριφορά που αύξησαν τον COP των ψυκτικών μηχανών.

Η τεχνολογική αυτή εξέλιξη είχε αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, και οι πιέσεις από τις κοινωνίες οδήγησαν τις κυβερνήσεις και τους διεθνείς οργανισμούς στη δημιουργία νόμων γύρω από την χρήση των ψυκτικών μέσων. Στη σκιά της κλιματικής αλλαγής, της υπερθέρμανσης του πλανήτη και της τρύπας του όζοντος την τελευταία δεκαετία κάτω από την πίεση των διεθνών κανονισμών όπως το Marpol Protocol και το Montreal Protocol οι εταιρίες προσπαθούν να δημιουργήσουν νέες τεχνολογίες και ψυκτικά μέσα πιο φιλικά πιο το περιβάλλον. Στο παρελθόν το μόνο κριτήριο για την επιλογή ενός ψυκτικού μέσου ήταν η θερμική του απόδοση. Σήμερα οι κατασκευαστές ψυκτικών μηχανών πρέπει να συγκεράσουν την ασφάλεια, το κόστος, την συμβατότητα των υλικών, την πίεση λειτουργίας και τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Τα κλιματιστικά και ψυκτικά συστήματα των πλοίων αντιπροσωπεύουν το 2% της εγκατεστημένης ισχύς παγκοσμίως. Στην ναυτιλία η κατανάλωση ψυκτικού R22, που ευθύνεται για την τρύπα του όζοντος, είναι το 3% της παγκόσμιας κατανάλωσης. Η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις των πλοίων και στην μελέτη ενός νέου συστήματος κλιματισμού με μηχανική συμπίεση ατμού, ο οποίος ψύχεται με κρύο θαλασσινό νερό, που συνδυάζει και την αφαλάτωση νερού. Η σπουδαιότητα αυτού του συστήματος είναι ότι δεν γίνεται χρήση κάποιου τεχνητού ψυκτικού μέσου και κατά συνέπεια η υιοθέτηση από τους κατασκευαστές θα είχε ευεργετικές συνέπειες στο περιβάλλον.

Ιστορική αναδρομή

Κρύο, δεν είναι τίποτα άλλο παρά η απουσία ζέστης . Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι η μείωση της θερμοκρασίας μπορεί να επιτευχθεί με την αφαίρεση ζέστης αντί με την πρόσθεση κρύου. Πάνω σε αυτή την βάση και στον δυϊκό περιορισμό ισχύς του 2^{ου} θερμοδυναμική νόμου αναπτύχθηκαν μοντέλα και μηχανισμοί με σκοπό τον κλιματισμό και την ψύξη χώρων και ουσιών.

Ιστορικά η χρήση πάγου για ψύξη και, συνεπώς, για τη διατήρηση των τροφίμων ανάγεται στους προϊστορικούς χρόνους. Η εποχιακή συλλογή του χιονιού και του πάγου ήταν μια τακτική πρακτική των περισσότερων από τους αρχαίους πολιτισμούς: Κινέζικα, Εβραίοι, Έλληνες, Ρωμαίοι, Πέρσες. Πάγος και χιόνι αποθηκεύονταν σε σπηλιές ή λάκκους υπενδεδυμένα με άχυρο ή άλλα μονωτικά υλικά. Η ταξινόμηση των πάγων ανάμεσα στις μερίδες επέτρεπε τη διατήρηση των τροφίμων κατά τη διάρκεια των περιόδων ζεστής. Η πρακτική αυτή λειτούργησε καλά κάτω μέσω των αιώνων, και οι αποθήκες πάγου παραμένουν σε χρήση στον εικοστό αιώνα.



Εικόνα 1. Οι Πέρσες αποθήκευαν πάγο σε Yakhchals (10)

Τον 16ο αιώνα, η ανακάλυψη των χημικών ψύξης ήταν ένα από τα πρώτα βήματα προς την κατεύθυνση των τεχνητών μέσων ψύξης. Το νιτρικό νάτριο ή νιτρικό κάλιο, όταν προστίθεται στο νερό, μειώνουν τη θερμοκρασία του νερού και

να δημιουργηθεί ένα είδος λουτρού ψύξης (refrigeration bath) για την ψύξη ουσιών. Στην Ιταλία, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιούταν για την ψύξη του οίνου.

Κατά το πρώτο ήμισυ του 19ου αιώνα στην Αμερική, η συγκομιδή πάγων έγινε εμπορεύσιμη και μεγάλες επιχειρήσεις στήθηκαν με προϊόν τον πάγο. Ο Frederic Tudor, που έγινε γνωστή ως "Ice King" εργάστηκε, για την ανάπτυξη καλύτερων προϊόντων μόνωση για την αποστολή σε μεγάλη απόσταση των πάγων, ιδίως σε περιοχές με τροπικό κλίμα.

Η πρώτη γνωστή μέθοδος ψύξης κατασκευάστηκε από τον William Cullen στο πανεπιστήμιο της Γλασκώβης το 1756. Με μια αντλία ο Cullen δημιουργούσε μερικό κενό γύρω από ένα κουτί διεθυλοαιθέρα, ο οποίος εξατμιζόταν απορροφώντας ζέση από το γύρω χώρο. Λίγο αργότερα το 1758 ο Benjamin Franklin και ο John Hadley, καθηγητές χημείας στο πανεπιστήμιο του Cambridge, διερεύνησαν τις ιδιότητες του ατμού σαν μέσο ταχείας ψύξης ενός αντικειμένου. Το πρώτο σύστημα ψύξης βασισμένο στον κύκλος ψύξης συμπιεσμένου ατμού σχεδιάστηκε πρώτη φορά από ένα αμερικανό εφευρέτη τον Oliver Evans, το 1805. Το 1834 ένας αμερικάνος που ζούσε στην Μεγάλη Βρετανία, ο Jacob Perkins, κατασκευάζει το πρώτο σύστημα ψύξης συμπιεσμένου ατμού. Ο Perkins κατασκεύασε ένα πρωτότυπο σύστημα που δούλεψε πραγματικά, παρόλο που εμπορικά δεν είχε επιτυχία.

Το 1842, ένας Αμερικανός γιατρός, ο Τζον Gorrie, σχεδίασε το πρώτο σύστημα ψύξης νερού για την παραγωγή πάγου. Συνέλαβε επίσης την ιδέα της χρησιμοποίησης του συστήματος ψύξης του για την ψύξη του αέρα για την άνεση στα σπίτια και στα νοσοκομεία (π.χ., Air-condition). Το σύστημα του συμπιέζε τον αέρα, στη συνέχεια έψυχε εν μέρει τον ζεστό πεπιεσμένο αέρα με το νερό πριν αυτός εκτονωθεί. Η ισεντροπική εκτόνωση έψυχε τον αέρα σε θερμοκρασία αρκετά χαμηλή ώστε να παγώνει το νερό και να παράγει πάγο, ή να ρέει μέσα από ένα σωλήνα για την εφαρμογή ψύξης με άλλους τρόπους. Ο Gorrie έχτισε ένα πρωτότυπο, αλλά το σύστημα του ήταν μια εμπορική αποτυχία.

Εν τω μεταξύ στη Σκωτία, ο James Harrison ξεκίνησε τη λειτουργία μιας μηχανής δημιουργίας πάγου το 1851 στις όχθες του ποταμού Barwon στη Βικτόρια . Η πρώτη εμπορική μηχανή πάγου ακολούθησε το 1854 και το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του για ένα σύστημα ψύξης συμπίεσης υγρού-ατμού αιθέρα χορηγήθηκε το 1855. Ο Harrison εμπορεύτηκε το σύστημα του στη βιομηχανία ζυθοποιίας και στα εργαστήρια συσκευασίας κρέατος. Μέχρι το 1861 μια δωδεκάδα των συστημάτων του ήταν σε λειτουργία.

Στην Αυστραλία, την Αργεντινής, και την Αμερικανική πειραματίστηκαν με την εφαρμοσμένη ψύξη στην ναυτιλία στα μέσα της δεκαετίας του 1870. Η πρώτη εμπορική επιτυχία ήρθε το 1882 όταν ο William Soltau Davidson τοποθέτησε μια ψυκτική μονάδα συμπίεσης σε ένα σκάφος της Νέας Ζηλανδίας, το Dunedin. Το εγχείρημα οδήγησε στην εκτόξευση της εμπορίας κρέατος και γαλακτοκομικών στην Ωκεανία και την Νότια Αμερική.

Το πρώτο σύστημα ψύξης απορρόφησης αερίου που χρησιμοποιούσε αέρια αμμωνία που διαλύεται σε νερό (aqua ammonia) αναπτύχθηκε από τον Ferdinand Carré της Γαλλίας το 1859. Λόγω της τοξικότητας της αμμωνίας, τα συστήματα αυτά δεν αναπτύχθηκαν για χρήση στα σπίτια, αλλά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή πάγου για πώληση. Τα οικιακά συστήματα ψύξης άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην Αμερική το 1910.



Εικόνα 2. Dunedin το πρώτο πλοίο ψυχόμενου φορτίου (10)



1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

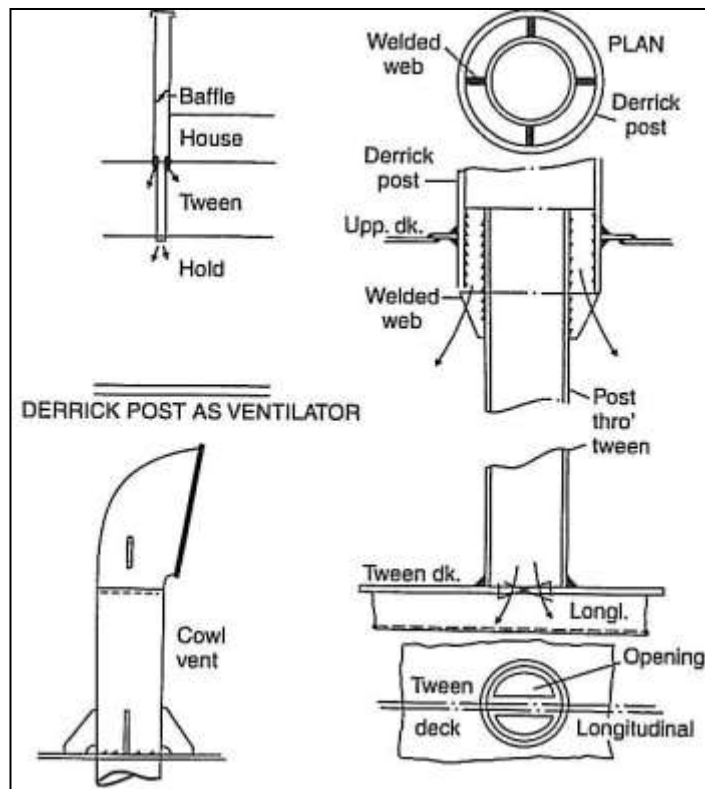
1.1 Κλιματισμός και αερισμός

Ο κλιματισμός και ο αερισμός είναι ένα αρκετά μεγάλο κεφάλαιο στην κατασκευή κάθε πλοίου, και έχει να κάνει με την άνεση του πληρώματος και των επιβατών, και με τη διατήρηση του φορτίου στα σωστά επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας. Επαρκείς μονάδες εγκαθίστανται προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες κλιματισμού και αερισμού στους χώρους διαμονής του πληρώματος “accommodation” (γέφυρα, καμπίνες, κοινόχρηστοι χώροι, control room, ιατρείο κό), αλλά και στους υπόλοιπους χώρους του πλοίου (μηχανοστάσιο, αντλιοστάσιο, κέντρο πυρόσβεσης, κέντρο έλεγχου μηχανοστασίου κό). Όπως ο άνθρωπος εκπέμπει κάποιο θερμικό φορτίο έτσι και οι μηχανές και μάλιστα κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό του ανθρώπου. Πέρα όμως από την άνεση του πληρώματος κριτήριο στις μελέτες είναι και η άνεση των μηχανών.

Ένα άλλο, εξίσου μεγάλο, κεφάλαιο είναι αυτό της ψύξης. Μονάδες ψύξης εγκαθίστανται σε ένα πλοίο για τις ανάγκες κατάψυξης της τροφοδοσίας (provision refrigeration) και του φορτίου (cargo refrigeration). Πέρα από πλοία ψυχρού φορτίου υπάρχουν και θερμού φορτίου όπου το φορτίο θερμαίνεται με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας (cargo heaters), ενώ εναλλάκτες χρησιμοποιούνται και για την προθέρμανση του καυσίμου καύσης των μηχανών και των καυστήρων (preheating fuel system). Ακόμα μηχανές ψύξης υπάρχουν σε διάφορα μηχανικά συστήματα, άλλοτε για να ψύξουν το λάδι λίπανσης, άλλοτε για να ψύξουν το νερό ή τον αέρα (cooling engine system κo).

Τα πλοία ταξιδεύουν σε όλη τη γη και συνεπώς υπόκεινται σε διάφορες κλιματολογικές συνθήκες. Το πλήρωμα του πλοίου πρέπει να εργάζεται σε συνθήκες λογικές ανεξάρτητα των καιρικών συνθηκών. Μόνη της η θερμοκρασία δεν είναι ένα επαρκές μέτρο των συνθηκών που είναι αποδεκτές από το ανθρώπινο σώμα. Η σχετική υγρασία σε συνδυασμό με την θερμοκρασία πραγματικά

καθορίζουν το περιβάλλον για την ανθρώπινη άνεση. Η σχετική υγρασία που εκφράζεται ως επί της εκατό % είναι ο λόγος της πίεσης των υδρατμών στον αέρα που δοκιμάζεται προς την πίεση του κεκορεσμένου υδρατμού του αέρα στην ίδια θερμοκρασία.



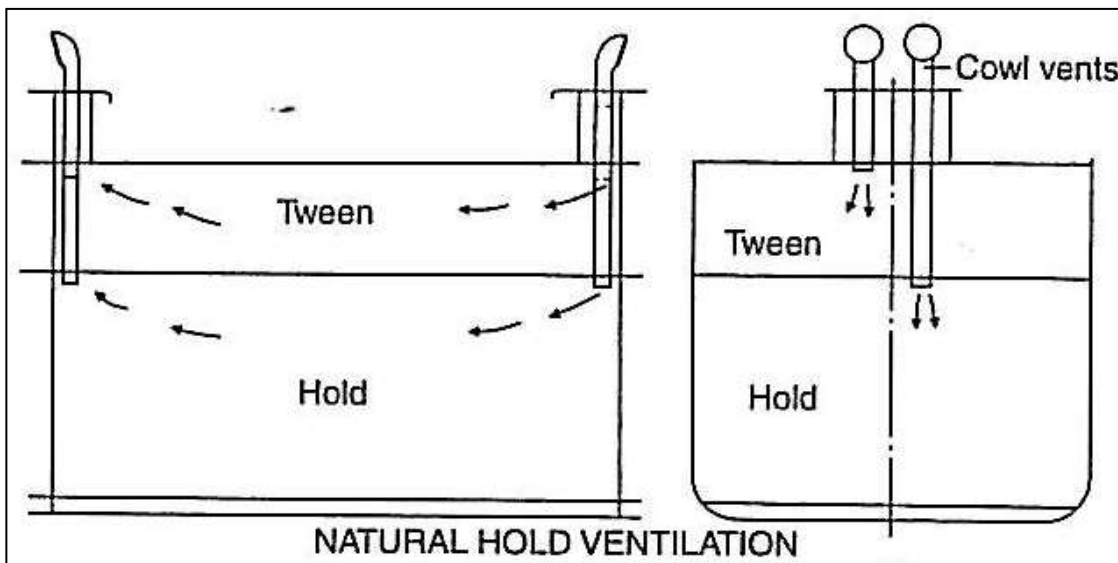
Εικόνα 1.1 Εξαεριστήρας (4)

Το γεγονός ότι λιγότερο νερό μπορεί να απορροφηθεί όσο ο αέρας ψύχεται και περισσότερο όταν αυτός θερμαίνεται είναι η κυριότερη εξέταση στη σχεδίαση ενός συστήματος κλιματισμού αέρα. Άλλοι παράγοντες είναι η εγγύτητα με πηγές θερμότητας, η έκθεση στο ηλιακό φως, οι πηγές ψύχους και η διατιθέμενη μόνωση γύρω από το χώρο. Η θερμοκρασία δωματίου ελέγχεται με έναν θερμοστάτη και ανάλογα θερμαινόμενος ή ψυχώμενος αέρας παρέχεται ενώ παράλληλα ρυθμίζεται και η υγρασία του χώρου.

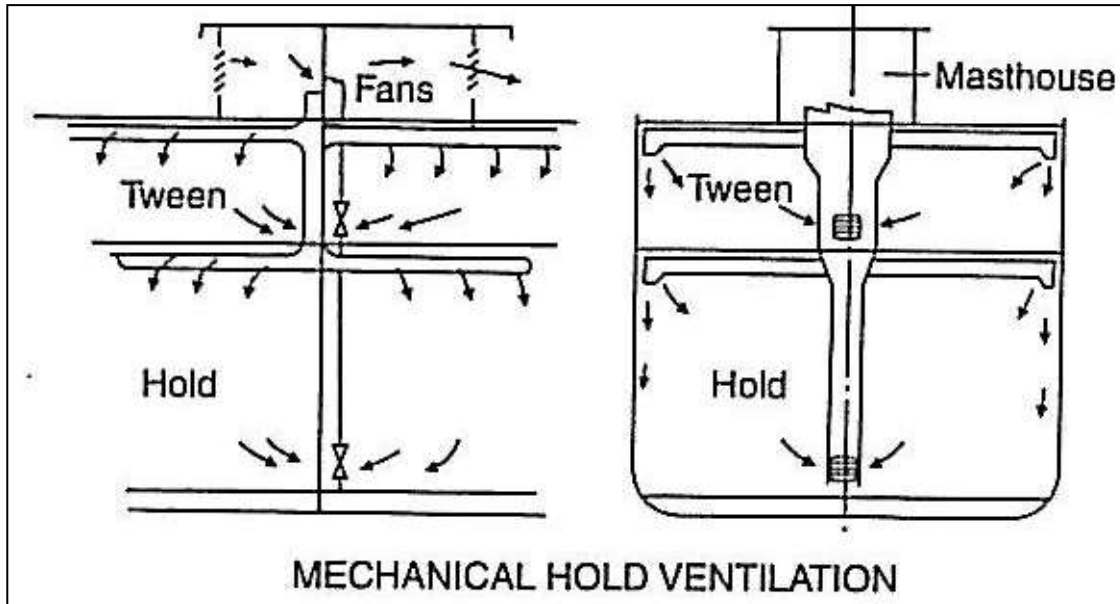
Στα περισσότερα πλοία πραγματοποιείται ένας συνδυασμός από φυσικό και μηχανικό αερισμό στους χώρους διαμονής αλλά και στους χώρους των μηχανών.

Η μηχανική υποστήριξη είναι κοινή, με κανάλια από ελαφρύ ατσάλι και κινούμενες περσίδες σε κάθε έξοδο. Φυσική εξάτμιση μπορεί να υπάρχει σε διάφορα τμήματα του πλοίου. Όπου όμως υπάρχουν αναθυμιάσεις, όπως για παράδειγμα στην κουζίνα, τότε απαιτείται μηχανική εξάτμιση. Οι ανεμιστήρες είναι συνήθως αθόρυβοι φυγοκεντρικοί με χωριστά συναρμολογημένο μοτέρ.

Η ψύξη των χώρων φορτίου και των αποθηκών χρησιμοποιεί ένα σύστημα εξαρτημάτων για την απομάκρυνση της θερμότητας από ήδη ψυχρούς χώρους. Η θερμότητα αυτή μεταφέρεται σε ένα άλλο σώμα σε μια χαμηλότερη θερμοκρασία. Ο αέρας ψύξης για τον κλιματισμό του αέρα απαιτεί μια παρόμοια διαδικασία. Η μεταφορά θερμότητας λαμβάνει χώρα σ' ένα απλό σύστημα. Πρώτον στον εξαεριστήρα η χαμηλότερη θερμοκρασία του ψυκτικού, ψύχει το σώμα του είδη ψυχρού χώρου και δεύτερον στο συμπυκνωτή το ψυκτικό ψύχεται από αέρα ή νερό. Στις μονάδες ψύξης των πλοίων συνηθέστερα χρησιμοποιείται ο κύκλος συμπίεσης ατμών.



Εικόνα 1.2 Φυσικός Αερισμός (4)



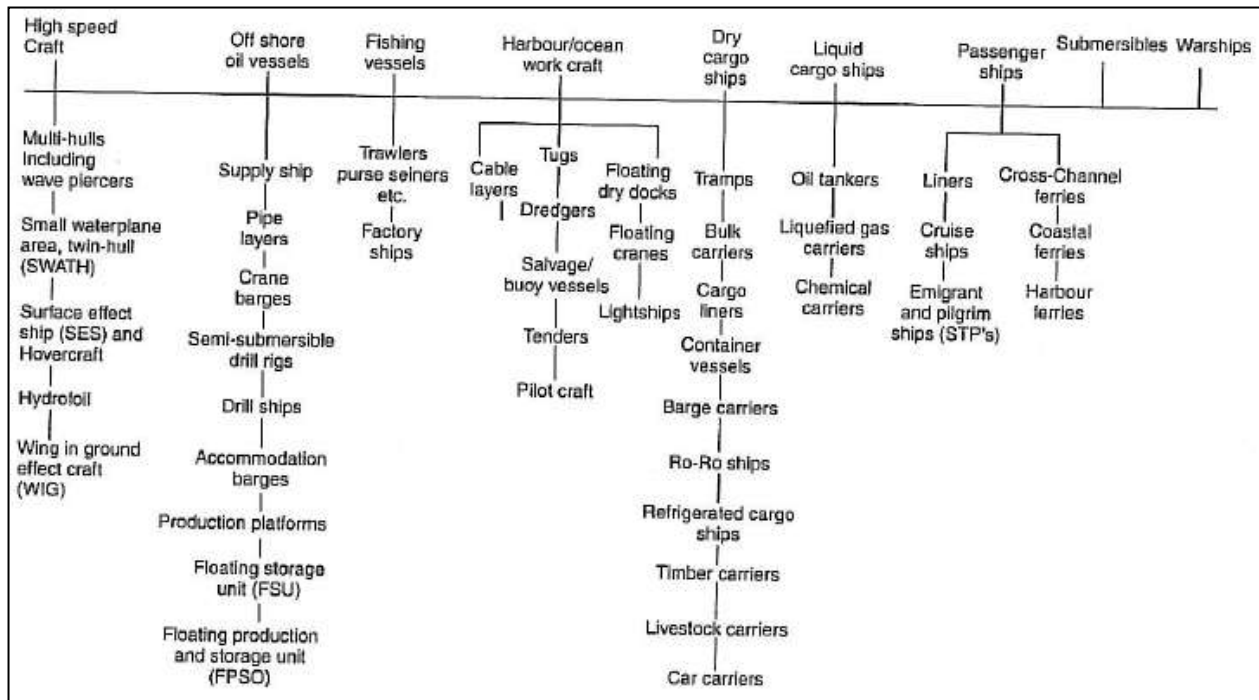
Εικόνα1.3 Μηχανικός Αερισμός (4)

1.2 Πλοία μεταφοράς ψυχρού φορτίου (Refrigerated cargo ships - Reefers)

Η μελέτη κατασκευής ενός πλοίου, κομμάτι της οποίας είναι και οι εγκαταστάσεις κλιματισμού και αερισμού, απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις πάνω σε διαφορετικά αντικείμενα λόγω της πολυπλοκότητας στη λειτουργία και των πολλών διαφορετικών μηχανολογικών εξοπλισμών που απαντώνται πάνω σε ένα πλοίο. Αυτό γίνεται ακόμα πιο σαφές αν αναλογιστούμε τον αριθμό των διαφορετικών τύπων πλοίων. Οι βασικές κατηγορίες πλοίων είναι 9, τα ταχύπλοα, τα υπεράκτια πλοία πετρελαίου, τα ψαράδικα, τα harbor work craft, στερεού φορτίου, υγρού φορτίου, επιβατικά, πολεμικά, υποβρύχια.

Τα φορτηγά πλοία ψυχόμενου φορτίου είναι κατά βάση γρήγορα πλοία γενικού φορτίου με εκτεταμένους ψυκτικούς χώρους για τη μεταφορά του κρέατος, φρούτων και γαλακτοκομικών προϊόντων. Το φορτίο μπορεί να μεταφέρεται είτε κατεψυγμένο ή διατηρημένο με απλή ψύξη. Ο ωφέλιμος όγκος του αμπαριού είναι μικρότερο από ένα ισοδύναμο μεγέθους φορτηγό πλοίο, λόγω

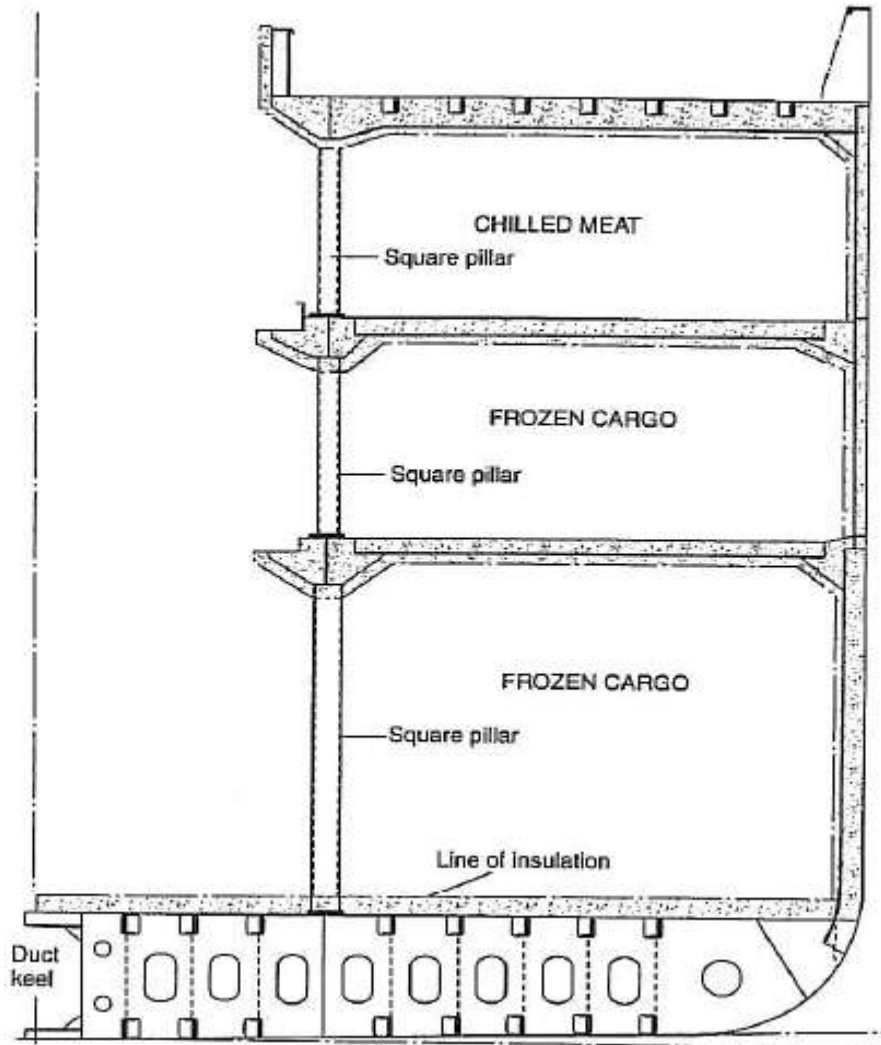
του χώρου που καταλαμβάνεται από τη μόνωση, περίπου 25% λιγότερο για τα διατηρημένα με απλή ψύξη εμπορευμάτων και 35% λιγότερο για κατεψυγμένο φορτίο. Αν όλοι οι χώροι φορτίου είναι ψυχώμενοι, το πλοίο ονομάζεται “fully refrigerates ship or reefer”. Εάν μόνο ορισμένα από τα αμπάρια είναι ψυχώμενα, το πλοίο είναι “partial reefer” (τα ψυχώμενα αμπάρια γενικά είναι εκείνα που βρίσκονται εγγύτερα προς το μηχανοστάσιο).



Εικόνα 1.4 Τύποι πλοίων (4)

Ο όγκος φορτίου είναι ένας σημαντικός παράγοντας καθώς το ψυχώμενο φορτίο έχει σχετικά υψηλό συντελεστή στοιβασίας: το βοδινό κρέας διατηρημένο με απλή ψύξη στοιβάζεται στα 127 κυβικά μέτρα ανά τόνο, το κατεψυγμένο βοδινό κρέας στα 94 κυβικά πόδια, και οι μπανάνες στα 157 κυβικά πόδια. Το διατηρημένο με απλή ψύξη βοδινό κρέας είναι κρεμασμένο από άγκιστρα και αλυσίδες, με σχεδόν το ένα πόδι απόσταση μεταξύ του κρέατος και το κατάστρωμα για την κυκλοφορία του αέρα. Τα κατεψυγμένα κρέατα που είναι συνήθως στοιβαγμένα, με ύψος αποθήκευσης λιγότερο από 20 μέτρα για να αποφευχθεί η σύνθλιψη των χαμηλότερων βαθμίδων. Δεδομένου ότι το φορτίο τους είναι φθαρτό, τα εν λόγω πλοία έχουν σχεδιασθεί για να είναι γρήγορα, και συχνά έχουν

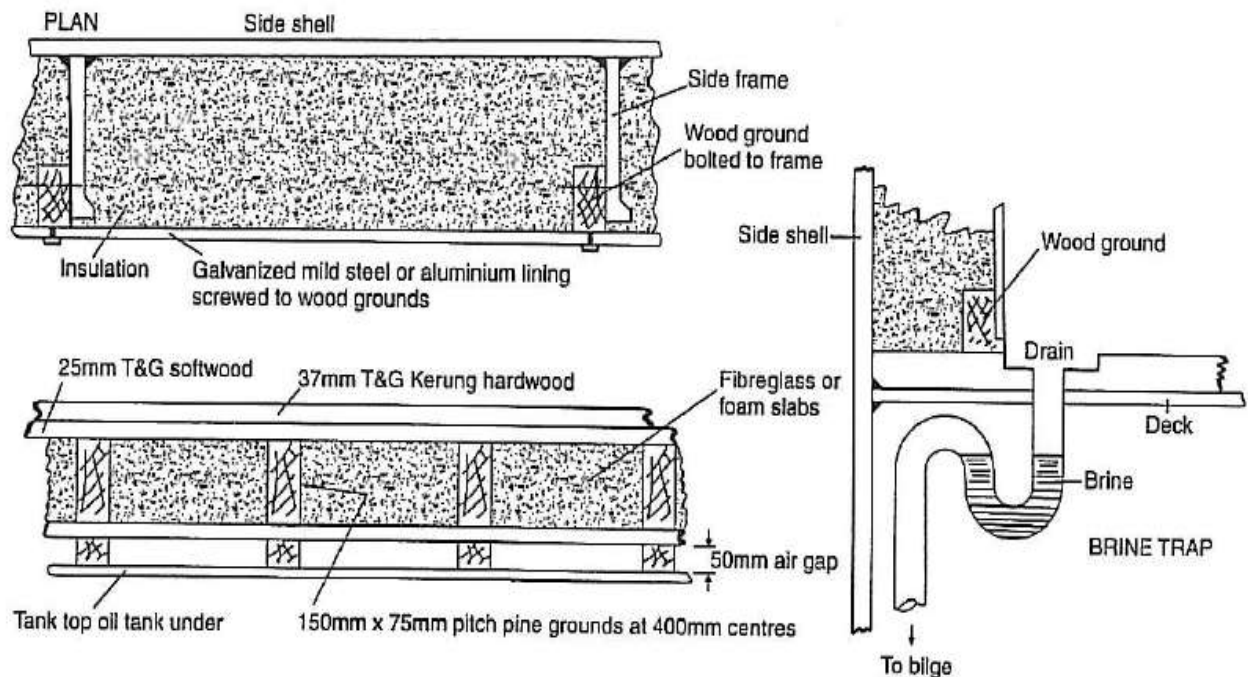
εξωτερικά άσπρο χρώμα για να αντανακλούν τη θερμότητα του ήλιου, βοηθώντας στη διατήρηση του δροσερό φορτίου.



Εικόνα 1.5 Μέση τομή πλοίου ψυχώμενου φορτίου (4)

Τα Reefer πλοία είναι στην πραγματικότητα μεγάλα ψυγεία, με βαριά μόνωση και πετάσματα με γυαλιστερό μέταλλο που αποτρέπει τη μόλυνση και είναι εύκολο να καθαριστεί. Κάτω από τα καταστρώματα το τέλος του κάθε κύτους μπορεί να είναι εφοδιασμένο με ψύκτες άλμη οι οποίοι εξυπηρετούν κάθε στοίβα των εμπορευματοκιβωτίων. Αέρα από τους ψύκτες άλμη μεταφέρεται μέσω αγωγού προς και από κάθε μονωμένο δοχείο. Η σύνδεση του κάθε εμπορευματοκιβωτίου

με τους αεραγωγούς είναι μέσω μιας αυτόματης ζεύξης η οποία ελέγχεται από μακριά. Η σύνδεση δημιουργείται όταν το εμπορευματοκιβώτιο τοποθετείται σωστά στους οδηγούς των κυττάρων το. Αυτά τα πλοία έχουν την τάση να διαιρούνται σε πολύ περισσότερους χώρους από τα συμβατικά πλοία ξηρού φορτίου, με πολλά καταστρώματα, ώστε τα διάφορα εμπορεύματα να μπορούν να διαχωριστούν και να διατηρηθούν, εάν απαιτείται, σε διάφορες θερμοκρασίες.



Εικόνα 1.6 Μόνωση Εμπορευματοκιβωτίου (4)

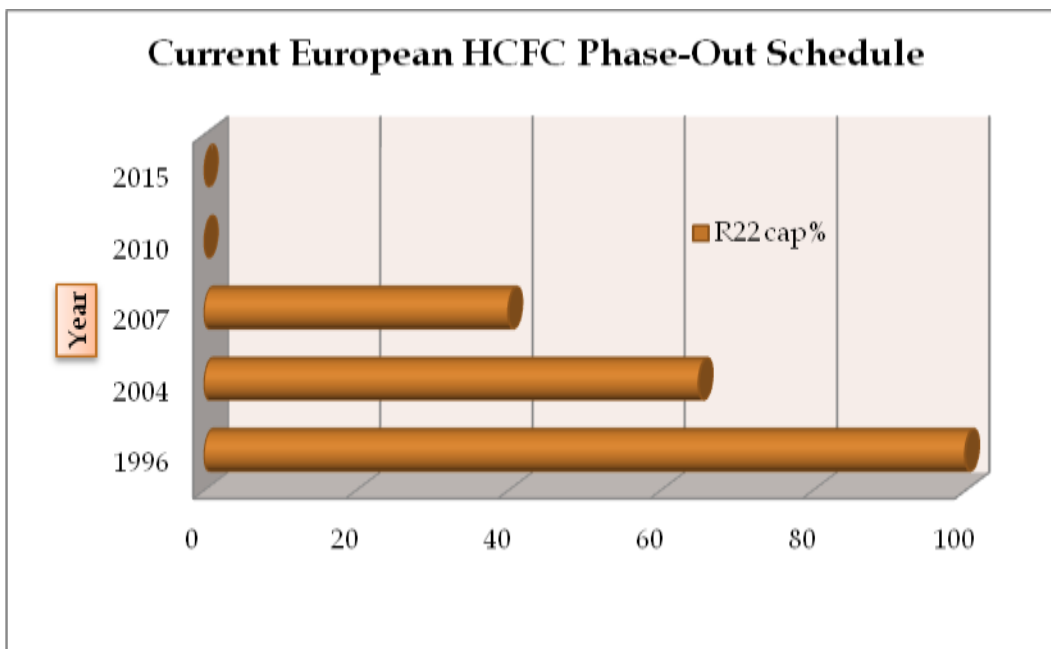
Κάτω από τα καταστρώματα το πλοίο μοιάζει με μια σύγχρονη μεγάλη αποθήκη και τα φορτία, που συνήθως διακινούνται με παλέτες, κινούνται στους ιμάντες μεταφοράς ή με ηλεκτρικά περονοφόρα οχήματα. Η καθαριότητα και η συντήρηση των βέλτιστων θερμοκρασιών είναι τα προαπαιτούμενα. Στο κατάστρωμα κατά κανόνα, τα ψυχώμενα εμπορευματοκιβώτια παράγουν ψύξη μέσω αερόψυκτων ηλεκτροκίνητων μονάδων τύπου clip-on. Οι μονάδες συνδεδεμένο στο ηλεκτρικό σύστημα των πλοίων μέσω των κατάλληλων ρευματοδοτών καταστρώματος. Παρόμοιες υδρόψυκτες μονάδες χρησιμοποιούνται για εμπορευματοκιβώτια στο κάτω κατάστρωμα για ταξίδια μικρών αποστάσεων.

Οι σύγχρονες μονάδα ψύξης που λειτουργούν με ψυκτικά μέσα φιλικά στο περιβάλλον, είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένες. Μπορούν να μεταφέρουν συνήθως εμπορευματοκιβώτια υπό ψύξη στο κατάστρωμα. Ένα μεγάλο πλοίο Reefer συνήθως μπορεί να προσφέρει περίπου 500.000 κυβικά πόδια (14.200 κυβικών μέτρων) ψυχώμενο χώρο, και είναι σε θέση να φόρτωσης 250 εμπορευματοκιβώτια στο κατάστρωμα. Ορισμένα Reefer πλοία μεταφέρουν μόλις 90.000 κυβικά πόδια (περίπου 2550 κυβικά μέτρα). Με απλά λόγια, ένα πλοίο Reefer, ανάλογα με το μέγεθός της μπορεί να φιλοξενήσει το φορτίο του περίπου 40 με 250 φορτηγά. Ειδικά εμπορευματοκιβώτια έχουν επινοηθεί που μπορούν να προσαρμόσουν την εσωτερική ατμόσφαιρα με την ακριβή απαίτηση των τροφίμων.



2. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Τα R12 και R22 (HCFCs¹) στο παρελθόν ήταν τα πιο διαδεδομένα ψυκτικά μέσα από τεχνολογική και οικονομική προσέγγιση, παρόλα αυτά οι επιπτώσεις του στο περιβάλλον έφεραν στο προσκήνιο την ανάγκη αντικατάστασης τους. Τα εν λόγω ψυκτικά μέσα ευθύνονται για τη δημιουργία της τρύπας του οζόντων, αυτή ήταν και η πρώτη πρόκληση για τους κατασκευαστές κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Από χημικής απόψεως για την δημιουργία της τρύπας του οζόντος ευθύνεται το χλώριο (Cl) που αντιδρά με το όζον (O₃) και το καταστρέφει. Έτσι ξεκίνησε μια εκστρατεία κατασκευής ψυκτικών μέσων χωρίς χλώριο. Με το πρωτόκολλο του Montreal τα νέα “chlorine free” ψυκτικά (HFCs²) αντικαθιστούν το R22. Η ευρωπαϊκή ένωση έχει επισπεύσει το όριο πλήρους αντικατάστασης του R22 το 2010/2015, από 2030 που ήταν με την συνθήκη της Κοπεγχάγης το 1992.



Εικόνα 2.1 Σταδιακή Κατάργηση Υδροχλωροφθορανθράκων (17)

1. HCFC: hydrochlorofluorocarbon
2. HFC: hydrofluorocarbon

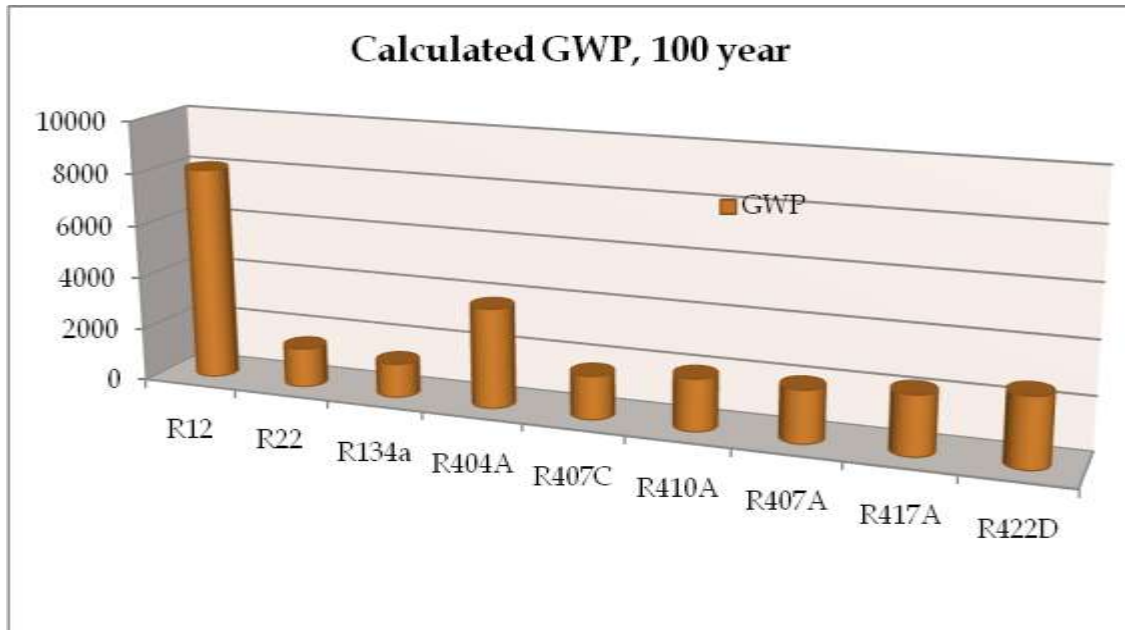
Σήμερα το R22 τείνει να αντικατασταθεί εντελώς από άλλα ψυκτικά μέσα όπως το R404A, R410A, R407Cκα. (HFCs). Η μικρές απαιτήσεις ανασχεδιασμού, η ευρεία εφαρμογή σε όλα τα διαφορετικά συστήματα (βιομηχανικά και ναυτιλιακά), η ταχύτερη εξέλιξη της εμπορευματοποίησης είναι κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτών των ψυκτικών. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι μπορούν και συνδυάζουν με τον καλύτερο τρόπο την χημεία, την ασφάλεια, την εφαρμοσιμότητα και την οικονομία.

Η χρήση των HFCs ψυκτικών έφερε στο προσκήνιο μια νέα απειλή για το περιβάλλον. Η προσοχή τώρα επικεντρώνεται στην Κλιματική Αλλαγή (Climate Change) και την Υπερθέρμανση του Πλανήτη (Global Warming). Η γη απορροφά και αντανακλά την ηλιακή ακτινοβολία. Η απορροφούμενη ακτινοβολία αντισταθμίζεται από την αντίστοιχη εκλυόμενη ακτινοβολία από τη γη. Όμως μέρος της εκλυόμενης ακτινοβολίας απορροφάται από τα αέρια στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την σταδιακή άνοδο της μέσης θερμοκρασίας της γης, το γνωστό φαινόμενο του Θερμοκηπίου. Στην προσπάθεια αντιμετώπισης του φαινομένου η ICCP³ έχει δημιουργήσει κάποια μοντέλα μέτρησης και κατηγοριοποίησης των αερίων εκπομπών που προκύπτουν είτε από φυσικές διεργασίες είτε από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Θεσπίστηκαν όρια εκπομπών και ορίστηκε σαν μονάδα η Δυνητική Παγκόσμια Υπερθέρμανση (GWP⁴).

Τα αέρια του θερμοκηπίου συνιστώνται από χημικές ουσίες που υπάρχουν στην φύση όπως το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το όζον, και από χημικές ουσίες που προέρχονται από τη βιομηχανία όπως το εξαφθοριούχο θείο, οι υδροχλωροφλοράνθρακες (HCFC) και οι υδροφλοράνθρακες (HFC). Η χρήση λοιπόν ψυκτικών μέσων όπως το R404Aκα συντελούν στην όξυνση του φαινομένου της Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης και της επιβάρυνσης του Περιβάλλοντος.

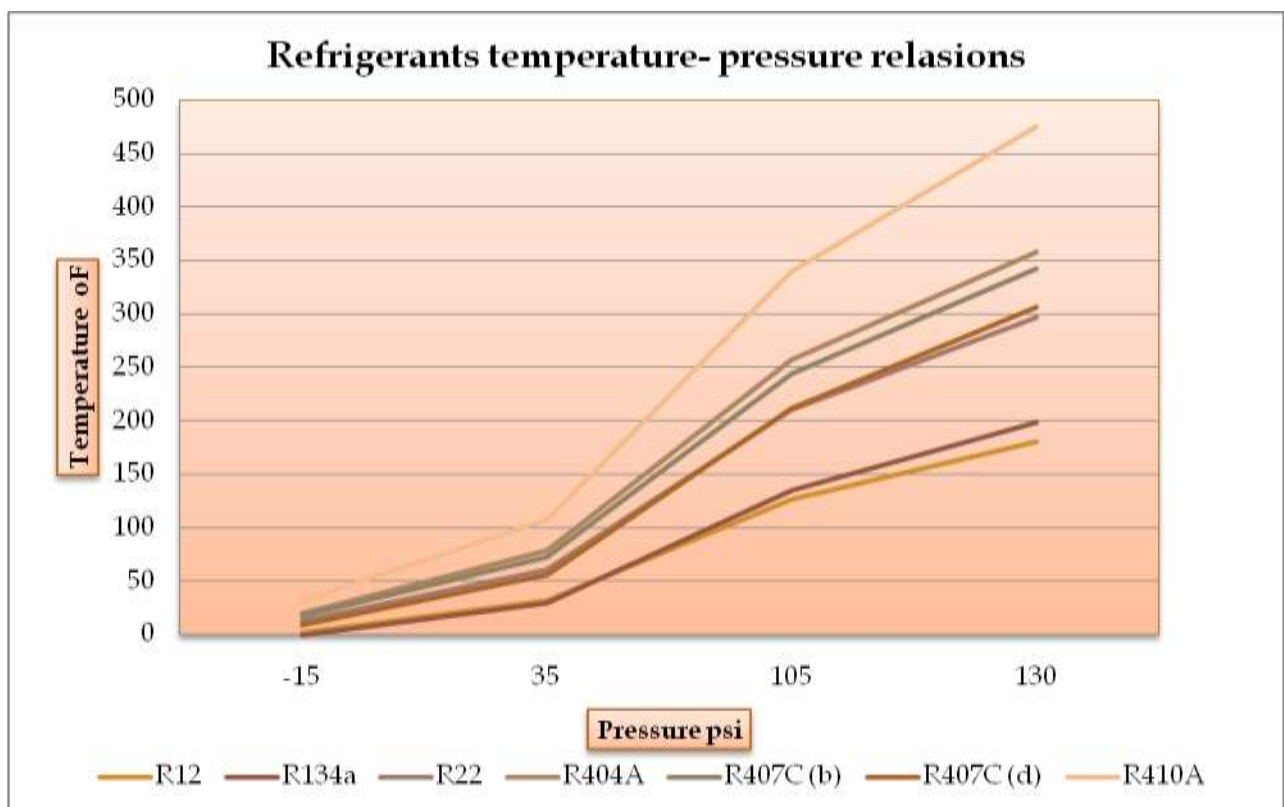
3. Intergovernmental Panel on Climate Change

4. Global Warming Potential: μετρά την ικανότητα διαφόρων χημικών ενώσεων να απορροφά ακτινοβολία.



Εικόνα 2.2 Υπολογισμένο GWP σε βάθος 100 χρόνων (17)

Σήμερα στη ναυτική αλλά και παγκόσμια αγορά των ψυκτικών μέσω ηγείται το R404A το οποίο χρησιμοποιείται στα πλοία που κατασκευάζονται από το 2000. Παράγεται σε παγκόσμια κλίμακα και είναι διαθέσιμο από πολλούς κατασκευαστές.



Εικόνα 2.3 Ψυκτικά - Συσχέτιση θερμοκρασίας και πίεσης (βλ. βιβλ. 17)

Οι ιδιότητες του είναι πολύ κοντά με αυτές του R22 με ελάχιστα υψηλότερη πίεση και έχει την καλύτερη απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα άλλα ψυκτικά. Είναι όμως ένα ψυκτικό μέσο με υψηλό κόστος και έχει σχετικά μεγάλο GWP.

Τα επόμενης γενιάς ψυκτικά είναι τα R407C και R407A. Το R407C έχει την ίδια σύσταση με το R22 αλλά έχει διαφορετική δομή, έχει πολύ χαμηλό GWP και κυρίως η καμπύλες θερμοκρασίας και πίεσης είναι σχεδόν ίδιες με αυτές του R22 στην ουσία είναι μια μίξη από R134a και R410A. Δεδομένου ότι έχει τις ιδιότητες του R407C με χαμηλότερο GWP το καθιστά μια καλή εναλλακτική λύση. Παρόλα αυτά είναι κατώτερο του R22 στις εφαρμογές πολύ χαμηλής ψύξης και η εμπορική του ανάπτυξη είναι περιορισμένη . Θα μπορούσε μελλοντικά να είναι το κυρίαρχο ψυκτικό μέσο στις εφαρμογές κλιματισμού. Το R407A έχει σημαντικά χαμηλότερο GWP από το R404A, και έχει καλύτερη απόδοση στις χαμηλές θερμοκρασίες από το R407C. Καθ' όπως φαίνεται μακροπρόθεσμα το R407A είναι το κυρίαρχο ψυκτικό μέσο στις εφαρμογές πολύ χαμηλής θερμοκρασίας.



3. ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Όπως ισχύει με όλων των ειδών τους κλειστούς χώρους που κατασκευάζονται, έτσι και στα πλοία υπάρχουν διεθνείς κανονισμοί που καθορίζουν το σύστημα σχεδίασης και τις υπολογιστικές μεθόδους στην μελέτη σχεδίασης μιας κλιματιστικής εγκατάστασης, ή εγκατάστασης αερισμού στους χώρους διαμονής σε ένα πλοίο εν πλω. Ο διεθνής κανονισμός ISO 7547 αφορά τη μελέτη για όλες τις συνθήκες εκτός από αυτές που συναντάμε σε πολύ κρύα ή ζεστά κλίματα. Πριν αναφερθούμε στο περιεχόμενο αυτού του κανονισμού σκόπιμο είναι να δώσουμε κάποιους ορισμούς για καλύτερη κατανόηση των όσων θα αναφέρουμε παρακάτω.

Χώροι διαμονής (accommodation): δωμάτια που χρησιμοποιούνται σαν κοινόχρηστοι χώροι, καμπίνες, γραφεία, ιατρείο, γέφυρα, δωμάτιο ελέγχου, δωμάτια παιχνιδιών και σινεμά, κομμωτήριο, και χώροι που δεν περιέχουν εξοπλισμό μαγειρείου.

Κλιματισμός αέρα (Air-conditioning): ο έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας σ' ένα χώρο μαζί με την κυκλοφορία, το φιλτράρισμα, και την ανανέωση του αέρα, χωρίς αναγκαστικά να αλλάξει η θερμοκρασία του χώρου.

Αερισμός (Ventilation): η πρόβλεψη παροχής φρέσκου μη-κλιματισμένου αέρα σ' ένα χώρο αρκετός για την άνεση των ανθρώπων ή την λειτουργία μιας μηχανής μέσα σε αυτόν.

Ψύξη (refrigeration): η διαδικασία της μετακίνηση (αφαίρεση) ζέστης από ένα κλειστό χώρο, ή από κάποια ουσία, σε ένα άλλο μέρος. Πρωταρχικά με την ψύξη επιδιώκουμε την πτώση της θερμοκρασίας του κλειστού χώρου ή της ουσίας και η διατήρηση της σε χαμηλότερο βαθμό από εκείνον του περιβάλλοντα χώρου.

Σχετική Υγρασία: στον ατμοσφαιρικό αέρα περιέχονται και υδρατμοί που προέρχονται από την εξάτμιση υγρών επιφανειών, κυρίως των θαλασσών. Η

παρουσία αυτών των υδρατμών στον αέρα καλείται υγρασία. Σχετική υγρασία είναι ο λόγος της ποσότητας ή του βάρους των υδρατμών, που περιέχει ο αέρας, προς εκείνη την ποσότητα ή το βάρος των υδρατμών τους οποίους μπορεί να συμπεριλάβει (υπό την αυτή θερμοκρασία και πίεση) μέχρις ότου αυτός κορεστεί. Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τοις %.

3.1 Συνθήκες Περιβάλλοντος

Μια πρώτη σημαντική παράμετρος είναι η θερμοκρασία και η υγρασία που επικρατεί στο περιβάλλον αλλά και τα αντίστοιχα μεγέθη που θέλουμε να επιτύχουμε στους εσωτερικούς χώρους. Έτσι λοιπόν έχουν οριστεί κάποιες τιμές ανάλογα την εποχή, καλοκαίρι ή χειμώνας, τις οποίες χρησιμοποιούμε στη μελέτη της κλιματιστικής εγκατάστασης.

Πίνακας 3.1 Εξωτερικές συνθήκες σχεδιασμού συστήματος κλιματισμού (3)

	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ		ΧΕΙΜΩΝΑΣ
	Θερμοκρασία °C	Σχετική υγρασία	Θερμοκρασία °C
Εξωτερικός αέρας	35	70	-20
Εσωτερικός αέρας	27	50	22

Σημείωση:

- 1.όλες οι θερμοκρασίες που αναφέρονται είναι θερμοκρασίες ξηρής σφαίρας
- 2.καλοκαίρι: στην πράξη οι συνθήκες του αέρα εσωτερικών χώρων που λαμβάνονται, ιδίως η υγρασία, μπορεί να είναι διαφορετικές από αυτές που αναφέρονται
- 3.χειμώνας: τα διεθνή πρότυπα δεν προσδιορίζει τις απαιτήσεις για ύγρανση τον χειμώνα

Η ελάχιστη ποσότητα του αέρα που προέρχεται από τους εξωτερικούς χώρους δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 50% του συνολικού αέρα που παρέχεται στους ενδιαφερόμενους χώρους.

3.2 Πληρότητα

Ο αριθμός των ατόμων που επιτρέπεται στους διάφορους χώρους φιλοξενίας πρέπει να έχει ως εξής, Εάν δεν ορίζεται διαφορετικά από τον αγοραστή:

- ↻ Καμπίνες: ο μέγιστος αριθμός των ατόμων για τον οποίο έχει σχεδιαστεί η καμπίνα

- ↻ Σαλόνι, καθιστικό, τραπεζαρία, ή αίθουσα ψυχαγωγίας (τα άτομα που μπορούν να βρίσκονται στο χώρο όταν δεν ορίζει κάτι διαφορετικό ο αγοραστής):
 - 1 άτομο ανά 2m² πατώματος στους χώρους σαλονιού
 - 1 άτομο ανά 1.5m² πατώματος για το καθιστικό ή την τραπεζαρία
 - 1 άτομο ανά 5m² πατώματος για χώρους ψυχαγωγίας

- ↻ Δωμάτιο ημέρας του καπετάνιου και του πρώτου μηχανικού: 4 άτομα

- ↻ Δωμάτιο ημέρας του υποπλοίαρχου, του 2^{ου} μηχανικού, του αρχικαμαρότου και άλλα: 3 άτομα

- ↻ Ιατρείο: τόσα άτομα όσα τα κρεβάτια και επιπλέον 2 άτομα

- ↻ Γυμναστήριο, χώροι ψυχαγωγίας: 4 άτομα

- ↻ Δωμάτιο πρώτων βοηθειών: 2 άτομα

3.3 Θερμικός Ισολογισμός

Είναι ευνόητο ότι σαν θερμικό ισολογισμό εννοούμε το θερμικό κέρδος και τις αντίστοιχες απώλειες. Αν ορίσουμε Φ τις θερμικές απώλειες ή το θερμικό κέρδος, σε Watt, τότε ο τύπος βάση του οποίου υπολογίζεται το Φ για κάθε ξεχωριστή επιφάνεια είναι

$$\Phi = \Delta T [(K_v \times A_v) + (K_g \times A_g)] \quad (3.1)$$

Όπου

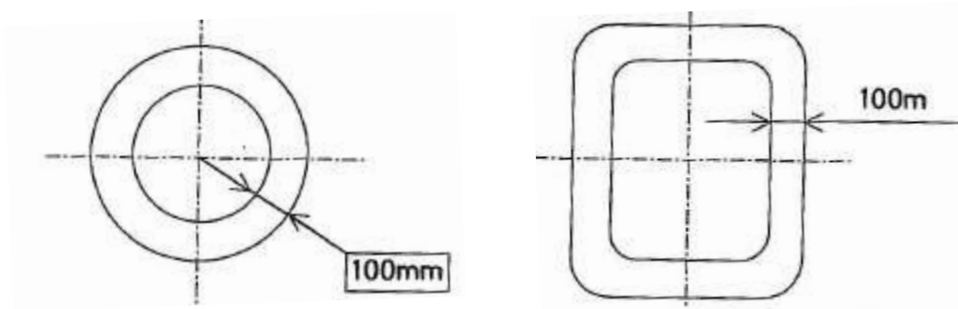
ΔT είναι η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, σε Kelvin

K_v είναι ο συνολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας, σε W/m^2K , της επιφάνειας A_v

A_v είναι η επιφάνεια, σε m^2 , εξαιρώντας τα πλευρικά φινιστρίνια και τα ορθογώνια παράθυρα (υαλοπίνακες+200mm)

K_g είναι ο συνολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας, σε W/m^2K , της επιφάνειας A_g

A_g είναι η επιφάνεια των πλευρικών φινιστρινιών και των ορθογώνιων παραθύρων, σε m^2



Εικόνα 3.1 Πλαίσιο από Φινιστρίνι & ορθογώνιο παράθυρο

Η διαφορά θερμοκρασίας, ΔT σε Kelvin, μεταξύ κλιματιζόμενων και μη κλιματιζόμενων εσωτερικών χώρων φαίνονται στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ γειτονικών εσωτερικών χώρων (3)

Κατάστρωμα ή διάτοικο πλοίου (διάφραγμα)	ΔΤ, Κ	
	καλοκαίρι	Χειμώνας
Κατάστρωμα πλησίον θερμαινόμενης δεξαμενής	43	
Κατάστρωμα & διάτοικο πλοίου πλησίον του καζανιού	28	17
Κατάστρωμα & διάτοικο πλοίου πλησίον του μηχανοστασίου ή μη κλιματιζόμενου χώρου κουζίνας	18	
Κατάστρωμα & διάτοικο πλοίου πλησίον μη θερμαινόμενης δεξαμενής, χώρου φορτίου ή ανάλογο	13	42
Κατάστρωμα & διάτοικο πλοίου πλησίον δωματίου πλυντηρίων	11	17
Κατάστρωμα & διάτοικο πλοίου πλησίον δημόσιων χώρων υγιεινής	6	0
Κατάστρωμα & διάτοικο πλοίου πλησίον ιδιωτικού χώρου υγιεινής		
α) με κάποιο τμήμα πλησίον εκτεθειμένης εξωτερικό επιφάνειας	2	0
β) χωρίς εκτεθειμένης εξωτερικά επιφάνεια	1	0
γ) με κάποιο τμήμα πλησίον του μηχανοστασίου ή του καζανιού	6	0
διάτοικο πλοίου πλησίον διαδρόμου	2	5

Σημείωση: μέσα θέρμανσης υπάρχουν στους εκτεθειμένους χώρους υγιεινής

Για να υπολογίσουμε τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας, k (W/m^2K), υποθέτουμε ότι η θερμική μόνωση διανέμεται ισόποσα σε όλες τις επιφάνειες που βρίσκονται εκτεθειμένες στις εξωτερικές συνθήκες ή που γειτνιάζουν με εξοπλισμό σωληνώσεις με μεγάλο θερμικό φορτίο. Οι τιμές που δίνονται στον πίνακα 3.3 λαμβάνονται υπόψη εκτός αν ορίζεται αλλιώς από τον αγοραστή.

Πίνακας 3.3 Ολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας (3)

επιφάνειες	Ολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας στα πλοία, k (w/m²K)
Κατάστρωμα (κουβέρτα) που δεν είναι εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, πλαϊνά πλοίου, και εξωτερικά διαφράγματα	0,9
Κατάστρωμα και διαφράγματα πλησίον μηχανοστασίου, χώρο φορτίου ή άλλου μη κλιματιζόμενου χώρου	0,8
Κατάστρωμα και διαφράγματα πλησίον δωματίου καζανιού ή καζανιού στο μηχανοστάσιο	0,7
Κατάστρωμα πλησίον καταστρώματος (κουβέρτας) εκτεθειμένου στην ηλιακή ακτινοβολία ή πλησίον θερμού αμπαριού	0,6
Πλευρικά φινιστρίνια και ορθογωνικά παράθυρα, μονός υαλοπίνακας	6,5
Πλευρικά φινιστρίνια και ορθογωνικά παράθυρα, διπλός υαλοπίνακας	3,5
Διάφραγμα πλησίον διαδρόμου, χωρίς ηχομόνωση	2,5
Διάφραγμα πλησίον διαδρόμου, με ηχομόνωση	0,9

Για τις περιπτώσεις που δεν αναφέρονται στον πίνακα 3.3 ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο.

$$\frac{1}{k} = \sum \frac{1}{\alpha} + \frac{\sum d/\lambda + M_L + M_B}{\mu} \quad (3.2)$$

Όπου

k είναι ο ολικός συντελεστής θερμότητας σε W/m²K

α είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του αέρα

α=80 W/m²K για εξωτερικές επιφάνειες εκτεθειμένες στον αέρα (20m/s)

α=8 W/m²K για εσωτερικές επιφάνειες που δεν είναι εκτεθειμένες στον αέρα (0,5m/s)

d είναι το πάχος του υλικού, m

λ η θερμική αγωγιμότητα, W/mK

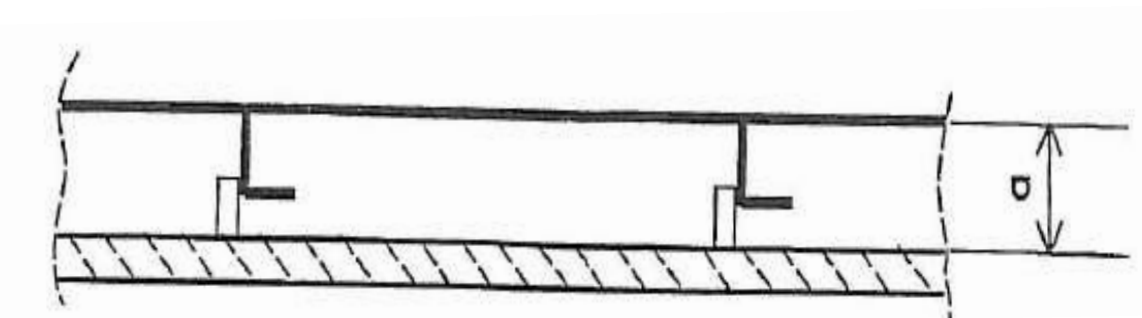
M_L είναι η θερμική αντίσταση του κενού αέρος, m²K/W

M_b είναι η θερμική αντίσταση ανάμεσα στα διάφορα στρώματα υλικού, m²K/W

μ είναι ένας συντελεστής διόρθωσης για ατσάλινες κατασκευές

μ=1.2 για μόνωση όπως φαίνεται στο σχήμα 1

μ=1.45 για μόνωση όπως φαίνεται στο σχήμα 2

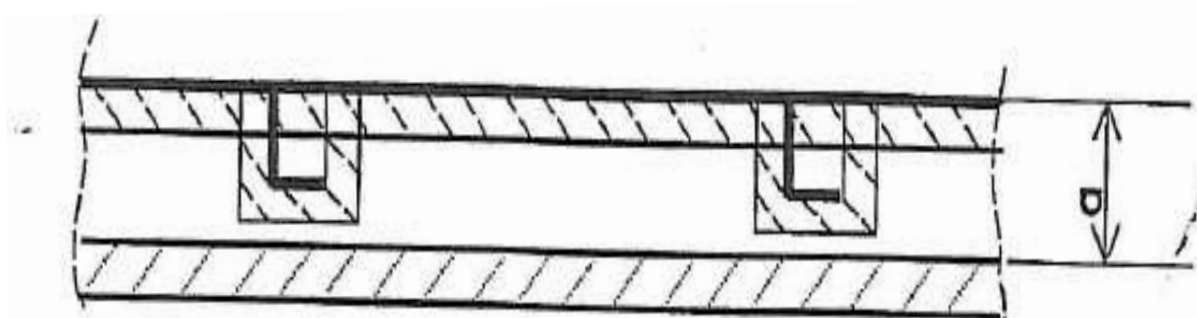


Εικόνα 3.2 Επίπεδη μόνωση ενιαίου πάχους (βλ. βιβλ. 3)

Πίνακας 3.4 Θερμική αντίσταση μη αεριζόμενου κενού αέρος (3)

Συνοριακές επιφάνειες στο κενό αέρος	Πάχος κενού αέρος (α σχήμα 1 & 2)	Θερμική αντίσταση m^2K/W (M ή R)
Και οι δύο επιφάνειες έχουν υψηλές εκπομπές	5	0,11
	20	0,15
	200	0,16
Η μια έχει υψηλή και η άλλη χαμηλή εκπομπή	5	0,17
	20	0,43
	200	0,47
Και οι δύο επιφάνειες έχουν χαμηλές εκπομπές	5	0,18
	20	0,47
	200	0,51
οι δύο επιφάνειες βρίσκονται σε επαφή και έχουν υψηλές εκπομπές*	0	0,09

*τα φύλλα αλουμινίου και άλλες γυαλισμένες επιφάνειες θεωρείται ότι έχουν χαμηλή εκπομπή (0,2). Όλες οι άλλες επιφάνειες θεωρείται ότι έχουν υψηλή εκπομπή (0,9)



Εικόνα 3.3 Κυματοειδής μόνωση ενιαίου πάχους (3)

3.4 Θερμικό Κέρδος

Θερμικό κέρδος είναι το σύνολο του θερμικού φορτίου που προσλαμβάνει ένας χώρος ή ένα αντικείμενο από προσκείμενες πηγές. Σε ένα πλοίο τέτοιες πηγές είναι η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνθρωπος, και ο φωτισμός.

Το **ηλιακό θερμικό κέρδος** συμβολίζεται Φ_s και μετριέται σε watt. Υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο (3.3).

$$\Phi_s = \sum (A_v \cdot k \cdot T_t) + \sum (A_g \cdot G_s) \quad (3.3)$$

Όπου

A_v είναι η εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία επιφάνεια, m² (δεν συμπεριλαμβάνονται τα πλευρικά φινιστρίνια και τα ορθογώνια παράθυρα)

k είναι ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στις επιφάνειες των δομικά στοιχεία ενός πλοίου (εξωτερική θερμοκρασία πάνω από +35°C)

ΔT_t είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας σε μια επιφάνεια λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας

16K για κάθετες, φωτεινές επιφάνειες

29K για κάθετες σκοτεινές επιφάνειες

12K για οριζόντιες, φωτεινές επιφάνειες

32 K για οριζόντιες σκοτεινές επιφάνειες

A_g είναι η εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία γυάλινη επιφάνεια, m²

G_s είναι το θερμικό κέρδος ανά m² γυάλινης επιφάνειας

350 W/m² για καθαρές γυάλινες επιφάνειες

240 W/m² για καθαρές γυάλινες επιφάνειες με εσωτερική ενίσχυση

Για γωνιακές καμπίνες ο υπολογισμός του θερμικού κέρδους θα γίνεται με βάση την επιφάνεια που έχει το μεγαλύτερο Φ_s . Στο A_v δεν συμπεριλαμβάνονται επιφάνειες με σκιά από προεξέχον κατάστρωμα ή άλλα μέσα προφύλαξης από τον ήλιο. Αυτές οι επιφάνειες θα υπολογίζονται σε γωνία ήλιου 45°. Συχνά στις κατασκευές χρησιμοποιείται ειδικά επεξεργασμένο γυαλί για να αντανακλά την ηλιακή ακτινοβολία. Σε αυτές τις περιπτώσεις το G_s μπορεί να μειωθεί. Οι τιμές των ΔT_T για κάθετες και οριζόντιες επιφάνειες και του επιπλέον θερμικού κέρδους από τις γυάλινες επιφάνειες λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας G_s , βασίζονται στις ακραίες μέσες θερμοκρασίες στις περιοχές με υποτροπικό κλίμα και δίνουν την χειρότερη δυνατή κατάσταση που μπορεί να προκύψει κατά την διάρκεια μιας μέρας.

Το **θερμικό κέρδος από τον άνθρωπο** εξαρτάται άμεσα από το είδος της δραστηριότητας του ανθρώπου. Συνεπώς άλλο θερμικό κέρδος ανά άτομο θα υπολογίσουμε στο σαλόνι και άλλο στο γυμναστήριο. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές της άμεση και λανθάνουσας θερμότητας που εκπέμπεται από ένα άτομο με εσωτερική θερμοκρασία 27°C.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (3)

ΔΡΑΣΤΗΣΙΟΤΗΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	ΕΚΠΟΜΠΗ (W)
Χώροι ανάπαυσης	Αισθητή θερμότητα	55
	Λανθάνουσα θερμότητα	80
Χώροι μέσης/ έντονης δραστηριότητας	Αισθητή θερμότητα	140
	Λανθάνουσα θερμότητα	250

Δεν πρέπει να αγνοούμε στις μελέτες μας το **θερμικό κέρδος από τον φωτισμό**. Η μόνη περίπτωση που αγνοούμε τον φωτισμό είναι σε χώρους με φυσικό φωτισμό από το φως της μέρας. Το θερμικό κέρδος από φωτισμό υπολογίζεται μέσο της ισχύς του φωτισμού (watt) όπως αυτή καθορίζεται από τον

αγοραστή ή κάποια αρμόδια αρχή. Όπου η ισχύς δεν καθορίζεται από τον αγοραστή ή κάποια αρμόδια αρχή η θερμότητα από τον φωτισμό θα πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με τον πίνακα 3.6, όπου ιδιαίτερη προσοχή στις απαιτήσεις ειδικού φωτισμού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (3)

Χώρος	Θερμικό κέρδος από τον φωτισμό W/m ²	
	Λάμπες πυρακτώσεως	Λάμπες φθορίου
Καμπίνες κ.ό.	15	8
Καθιστικό, τραπεζαρία	20	10
Γυμναστήριο κ.ό.	40	20

Η χωρητικότητα της ψυκτικής μηχανής στην έξοδο πρέπει να λαμβάνεται ως 0,3W/l, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά από τον αγοραστή. Άλλες πηγές θερμικού κέρδους από συσκευές που λειτουργούν για σημαντικό χρόνο κατά την διάρκεια της μέρας λαμβάνονται υπόψη ανάλογα με τις διευκρινήσεις του αγοραστή. Ηλεκτρικές συσκευές προσωρινής λειτουργίας όπως το ραδιόφωνο, η τηλεόραση, βραστήρας κ.α. θα αγνοούνται σαν πηγές εκπομπής θερμότητας. Το θερμικό κέρδος από τους ανεμιστήρες μπορεί να αυξήσει την θερμοκρασία του αέρα κατά 1°C ανά KPa αύξησης της πίεσης. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στους αγωγούς περιορίζεται σε +2 °C.

3.5 Υπολογισμός της ροής του αέρα

Για να υπολογίζουμε την ροή του αέρα σε ένα χώρο πρέπει να γνωρίζουμε τον όγκο του χώρου. Για να είναι οι υπολογισμοί μας ακριβείς θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και τον όγκο των διάφορων αντικειμένων που βρίσκονται μέσα σε αυτόν, Έτσι για παράδειγμα στον υπολογισμό του συνολικού όγκου στις καμπίνες και σε άλλους χώρους πρέπει να υπολογίζουμε τον όγκο από έπιπλα, ντουλάπες, στατικού εξοπλισμού κ.ό.

Η **παροχή αέρα σε κλιματιζόμενο χώρο** πρέπει να υπολογίζεται χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε από τα παρακάτω κριτήρια δίνει τις υψηλότερες τιμές:

1.παροχή ώστε να διατηρούνται οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του καλοκαιριού (βλ. πιν.3.1)

2.παροχή ώστε να διατηρούνται οι συνθήκες θερμοκρασίας του χειμώνα (βλ. πιν.3.1)

3.εξωτερική παροχή αέρα μεγαλύτερη από $0,008\text{m}^3/\text{s}$ ανά άτομο σύμφωνα με την κωρητικότητα.

Η παροχή του αέρα στις καμπίνες με ιδιωτικό χώρο υγιεινής (μπάνιο, ντουζιέρα, τουαλέτα κó) θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη παροχή αέρα από τους χώρους υγιεινής στ περιβάλλον. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν εθνικοί κανονισμοί που ορίζουν ένα ελάχιστο αριθμό εναλλαγών αέρα που πρέπει να γίνονται.

Η **παροχή αέρα σε χώρους για αερισμό** θα πρέπει να γίνεται είτε απευθείας από την ατμόσφαιρα ή με μεταφορά λιγότερο ακάθαρτου αέρα από διπλανό χώρο, και θα πρέπει να είναι αρκετός ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της αποβολής αέρα από το χώρο, όπως αυτές θα οριστούν παρακάτω.

Αεριζόμενοι Χώροι
Δημόσιοι χώροι υγιεινής (μπάνιο, ντουζιέρα, τουαλέτα)
Χώροι πλυντηρίων
Στεγνωτήρια, χώροι σιδερώματος
αποδυτήρια
Αποθήκη άπλυτων

Η θερμοκρασία του αέρα που παρέχεται σε ένα χώρο δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10°C κάτω από την μέση θερμοκρασία του χώρου ούτε, κατά την θέρμανση, μεγαλύτερη από 25°C πάνω από την μέση θερμοκρασία του χώρου.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μέρος ή ολόκληρος ο αέρας που παρέχεται σε έναν χώρο αποβάλλεται από αυτόν. Η **αποβαλλόμενη ποσότητα αέρα** στα σαλόνια, το καθιστικό, την τραπεζαρία και τα δωμάτια του πληρώματος (common day rooms) θα πρέπει να είναι ίση με την παροχή του αέρα. Στα ιατρεία και τα ομοφυλάκια, η αποβαλλόμενη ποσότητα αέρα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 20% περισσότερη από την παρεχόμενη. Στους ιδιωτικούς χώρους υγιεινής θα πρέπει η παροχή του αέρα να είναι 0.02 m³/s ή θα πρέπει να γίνονται το λιγότερο 10 αλλαγές αέρα την ώρα. Υπερισχύει το κριτήριο με τη μεγαλύτερη τιμή. Στους κοινόχρηστους χώρους υγιεινής, στα πλυντήρια, στα στεγνωτήρια και στους χώρους σιδερώματος θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον 15 αλλαγές αέρα την ώρα. Ενώ στα αποδυτήρια, τα μπάνια και στις αποθήκες των άπλυτων θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον 10 αλλαγές αέρα την ώρα. Στα επιβατικά πλοία, συμπεριλαμβανομένων και των ferries θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στους κοινόχρηστους χώρους υγιεινής όπου πρέπει να γίνονται το λιγότερο 30 αλλαγές αέρα την ώρα

Ο αέρας διοχετεύεται σε έναν χώρο και αποβάλλεται από αυτόν μέσα από ένα σύστημα εξαερισμού. Στα ιατρεία, τους χώρους υγιεινής, τις αποθήκες τροφίμων κό ο αέρας πρέπει να αποβάλλεται κατευθείαν στο περιβάλλον και να μην χρησιμοποιείται στην ανακυκλοφορία. Επίσης καθένα από αυτά τα συστήματα εξαερισμού θα πρέπει να είναι ανεξάρτητο.

Ένα σύστημα εξαερισμού πρέπει να υπάρχει σε κάθε κατάστρωμα του πλοίου και να είναι θετικά ισορροπημένο. Σε δωμάτια με στεγνωτήρια η ισορροπία ανάμεσα στον παρεχόμενο και αποβαλλόμενο αέρα θα πρέπει να υπολογιστεί σε συνεννόηση με τον κατασκευαστή. Τα ιατρεία και οι αποθήκες τροφίμων θα

πρέπει να έχουν ελάχιστα χαμηλότερη πίεση από τους υπόλοιπους χώρους του πληρώματος (accomodation spaces).

3.6 Εφαρμογές στην μελέτη σχεδιασμού

Στο ξεκίνημα μιας μελέτης κλιματισμού ή αερισμού είναι πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός. Η διάταξη του σχεδίου και το μέγεθος των αγωγών θα πρέπει να επιτρέπει την παροχή του αέρα χωρίς ανακυκλοφορία. Στο ιατρείο στην εισαγωγή αέρα θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα πτερύγιο καμπυλότητας (non-return flap). Σους χώρους πλυντηρίων, στεγνωτηρίων, και στα σιδερωτήρια θα πρέπει να εγκατασταθούν συσκευές αποβολής του αέρα κοντά στις περιοχές με υψηλή θερμική εκπομπή.

Τα όρια της κίνησης του αέρα σε ένα χώρο εξαρτώνται από την πληρότητα του χώρου. Η ταχύτητα του αέρα με την υψηλότερη τιμή εφαρμόζεται μόνο σε χώρους με έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα. Η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας σε 2 σημεία ενός κατειλημμένου χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2K.

Στα υδρόψυκτα συστήματα, με θαλασσινό νερό, το μέγεθος του συμπυκνωτή εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού στην είσοδο η οποία λαμβάνεται +33°C. Και ο κινητήρας του συμπιεστή θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί με θερμοκρασία εισόδου του νερού στους +35 °C. Σε ένα έμμεσο σύστημα ψύξης ο συμπυκνωτής πρέπει να σχεδιαστεί στην είσοδο του νερού ψύξης για +36 °C και ο κινητήρας του συμπιεστή για 38 °C. Αφού υπολογίσουμε τον ολικό συντελεστή μετάδοσης θερμότητας του συμπυκνωτή πρέπει να εφαρμόσουμε ένα συντελεστή ασφαλείας λόγω αγκίστρωσης 0,00009m²K/W. Επίσης όταν υπολογίζουμε το cooling effect πρέπει να λαμβάνουμε ειδικό βάρος αέρα ίσο με 1,20 kg/m³.

Η άνεση σε ένα χώρο έχει να κάνει και με τον θόρυβο. Το σύστημα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε η Α-σταθμισμένη στάθμη ηχητικής πίεσης από την

διανομή του αέρα, η οποία μετράται ένα μέτρο από την τερματική συσκευή του αέρα, να μην υπερβαίνει τα 55dB

Στα σύγχρονα συστήματα κάθε κλιματιζόμενος χώρος έχει αυτόνομο σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται μέσω της ρύθμισης της ροής του αέρα. Με την ύγραση του αέρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα συνίσταται ανώτατο όριο 35% σχετικής υγρασίας και επίσης συνίσταται τόσο αυστηρός έλεγχος της υγρασίας ώστε να εμφανίζεται μόνο σε μεγάλες περιόδους κρύου ή ξηρασίας. Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ο κίνδυνος συμπύκνωσης σε κρύες επιφάνειες και ως εκ τούτου ο κίνδυνος σχηματισμού πάγου στη μόνωση. Όπου υπάρχει μόνωση και επιφάνειες εκτεθειμένες στην ατμόσφαιρα, θα πρέπει να διασφαλίζεται ολοκληρωτικά η απομόνωση από τους υδρατμούς για αποφυγή διείδυσης του ζεστού υγρού αέρα.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΚΟΙΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ
ΥΛΙΚΑ (3)**

Υλικό	Ειδικό βάρος (ξηρό υλικό) kg/ m³	Πρακτικές τιμές της θερμικής αγωγιμότητας σε κανονική περιεκτικότητα σε υγρασία W/mK
Αλουμίνιο		160
χαλυβδοσίδηρος		50
Τζάμι παραθύρου	2600	1,05
Εύλο		
πεύκο	500	0,14
Οξιά, δρυς	700	0,16
Chipboard	600	0,14
	400	0,12
Φύλλα ξύλου		
Σκληρά	1000	0,13
Μεσαία σκληρότητα	600	0,08
Μαλακά	300	0,052
Φύλλο φελλού	140	0,04
	210	0,05
ορυκτοβάμβακας		
Fiberglass 1να 6μm	15 -100	0,04
Fiberglass 1να 20μm	40-200	0,05
Πετροβάμβακας	35-200	0,05
Φύλλο μεταλλικών ινών	400	0,06
Επιφάνεια πατώματος		
Χαλί, ινώδες υπόστρωμα		0,045
Φελλός		0,08
Πλακάκι πλαστικό ή καουτσούκ		0,4
Κεραμικό πλακάκι		1,8



4.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

4.1 Φυσικός και Μηχανικός Αερισμός

Όπως έχουμε αναφέρει και σε προηγούμενη ενότητα ο φυσικός αερισμός ενός πλοίου είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την ασφαλή πλεύση. Πέρα από τον αερισμό των χώρων του accommodation είναι κρίσιμης σημασίας ο σωστός αερισμός και των υπόλοιπων χώρων του πλοίου όπως πχ το μηχανοστάσιο. Ο αερισμός μπορεί να είναι είτε φυσικός ή μηχανικός.

Ο **φυσικός αερισμός** λαμβάνει χώρα όταν αλλαγές στη θερμοκρασία ή στην πυκνότητα του αέρα προκαλεί κυκλοφορία στο χώρο. Ο φυσικός εξαερισμός χρησιμοποιείται για μικρά εργαστήρια και αποθήκες, αλλά δεν είναι πρακτικός για περιοχές εργασίας όπου υπάρχουν μηχανήματα ή απασχολείται αριθμός ατόμων.

Ο **μηχανικός ή εξαναγκασμένος εξαερισμός** χρησιμοποιεί ανεμιστήρες για μια θετική κίνηση μεγάλων ποσοτήτων αέρα. Ο εξαναγκασμένος αερισμός δύναται να χρησιμοποιείται σε χώρους φορτίου όπου η κίνηση του αέρα απομακρύνει την υγρασία ή προλαμβάνει τη συμπύκνωση, απομακρύνει τις οσμές ή τα αέρια κλπ. Σε ένα χώρο με το μηχανικό εξαερισμό μπορώ είτε να διοχετεύσω αέρα προς την ατμόσφαιρα (exhaust) είτε το ανάποδο (supply).



Εικόνα 4.1 Δίοδος παροχής αέρα στη γέφυρα του πλοίου (*)

Χώροι που χρειάζονται μηχανική παροχή αέρα είναι: χώροι που βρίσκεται γεννήτρια (γέφυρα), χώροι που βρίσκονται οι κεντρικοί πίνακες και τα χειριστήρια του πλοίου (συνήθως Α κατάστρωμα), η κουζίνα, οι αποθήκες αναλωσίμων και οι αποθήκες λευκών ειδών. Σε αυτούς ο αερισμός γίνεται συνήθως με δύο αξονικούς ανεμιστήρες (supply fans) σε θερμοκρασία ατμόσφαιρας. Ο αέρας φτάνει στο χώρο μέσω περσίδων διάχυσης τύπου punkah, και θολωτοί διαχύτες τοποθετούνται στον αγωγό του δικτύου του εξαερισμού, ο οποίος είναι από μαλακό ατσάλι, στην οροφή του καταστρώματος.



Εικόνα 4.2 Θολωτός διαχύτης αέρα (*)

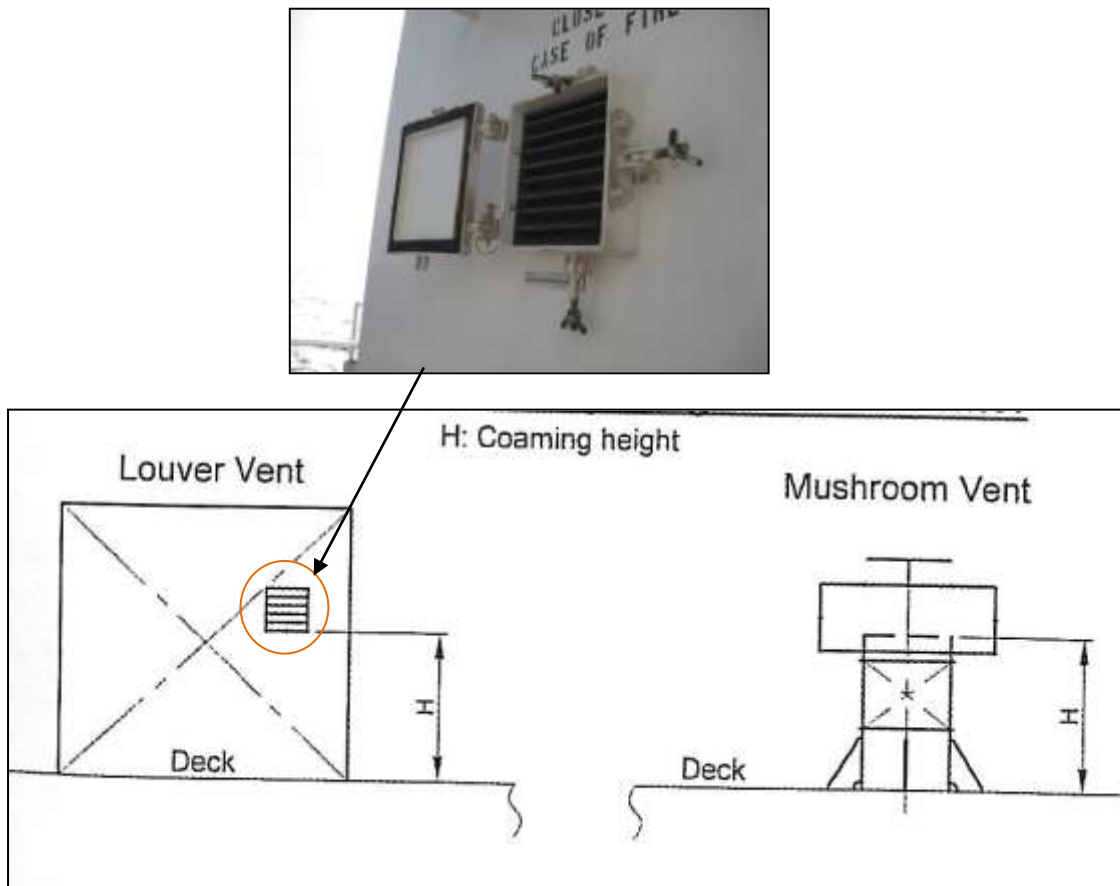


Εικόνα 4.3 Διαχύτης τύπου punkah (*)

Στους χώρους με μηχανικό εξαερισμό που διοχετεύεται αέρας στην ατμόσφαιρα, ο “παλιός» αέρας αναρροφάται από τους θολωτούς επαγωγείς αέρα και από ρυθμιζόμενα ανοίγματα στους αγωγούς του δικτύου εξαερισμού που βρίσκονται στην οροφή. Συνήθως χρησιμοποιούνται 5 αξονικοί ανεμιστήρες (exhaust fans) για τον μηχανικό αερισμό των παρακάτω χώρων: κουζίνα, αποθήκη τροφίμων, χώροι πλυντηρίων, στεγνωτηρίων, σιδερωτήρια, χώροι που βρίσκονται οι κεντρικοί πίνακες και τα χειριστήρια του πλοίου, κοινόχρηστες και μη τουαλέτες. Το ιατρείο, το ντουλάπι, το μπάνιο και η τουαλέτα του ιατρείου αερίζονται ανεξάρτητα με έναν αξονικό ανεμιστήρα (exhaust fan).

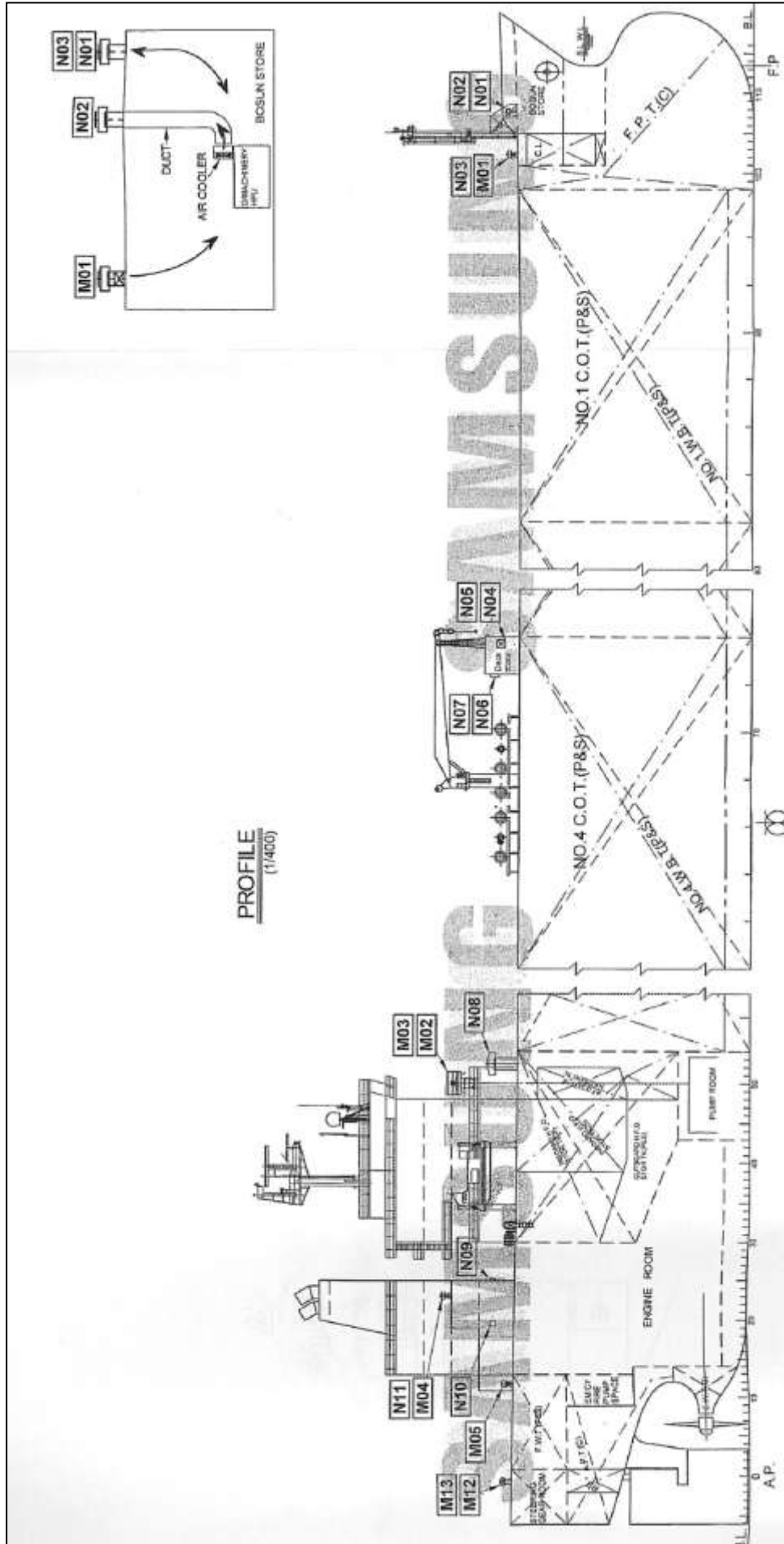
Παρακάτω φαίνεται το γενικό πλάνο αερισμού ενός πετρελαιοαγωγού πλοίου εκτός του accommodation και του μηχανοστασίου. Πάνω στην κουβέρτα υπάρχουν διαφορετικοί τύποι ανεμοδόχου ανάλογα με το χώρο που αερίζεται.

Στην Πρύμνη έχουμε **εξαεριστήρες τύπου μανιτάρι (mushroom vent)** για να αερίσουμε το δωμάτιο πηδαλίου και το χώρο που βρίσκεται η αντλία πυρόσβεσης έκτακτης ανάγκης. Οι εξαεριστήρες αυτού του τύπου έχουν το ύψος ενός μέσου ανθρώπου και είναι έτσι διαμορφωμένοι ώστε να παρεμποδίζουν την εισροή υδάτων στο εσωτερικό του. Τέτοιου τύπου καράβια κάνουν υπερατλαντικά ταξίδια που σε κακοκαιρία τα κύματα υπερκαλύπτουν την κουβέρτα του πλοίου και τυχόν εισροή υδάτων από τους ανεμιστήρες θα έθετε το πλοίο σε σοβαρό κίνδυνο. Ανεμιστήρες μανιτάρι υπάρχουν επίσης και στην πλώρη για τον αερισμό του πρόστεγου** (bosun store). Εξαεριστήρες με ύψος μεγαλύτερο από 4,5μ δεν είναι υποχρεωτικό να έχουν ειδική σχεδίαση στεγανοποίησης.



Εικόνα 4.4 Τύποι Εξαεριστών (*)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑΓΩΓΟΥ ΠΛΟΙΟΥ (8)





**Εικόνα 4.5 Ball Valve Vent Head
(αεραγωγός δεξαμενών έρματος)
(*)**

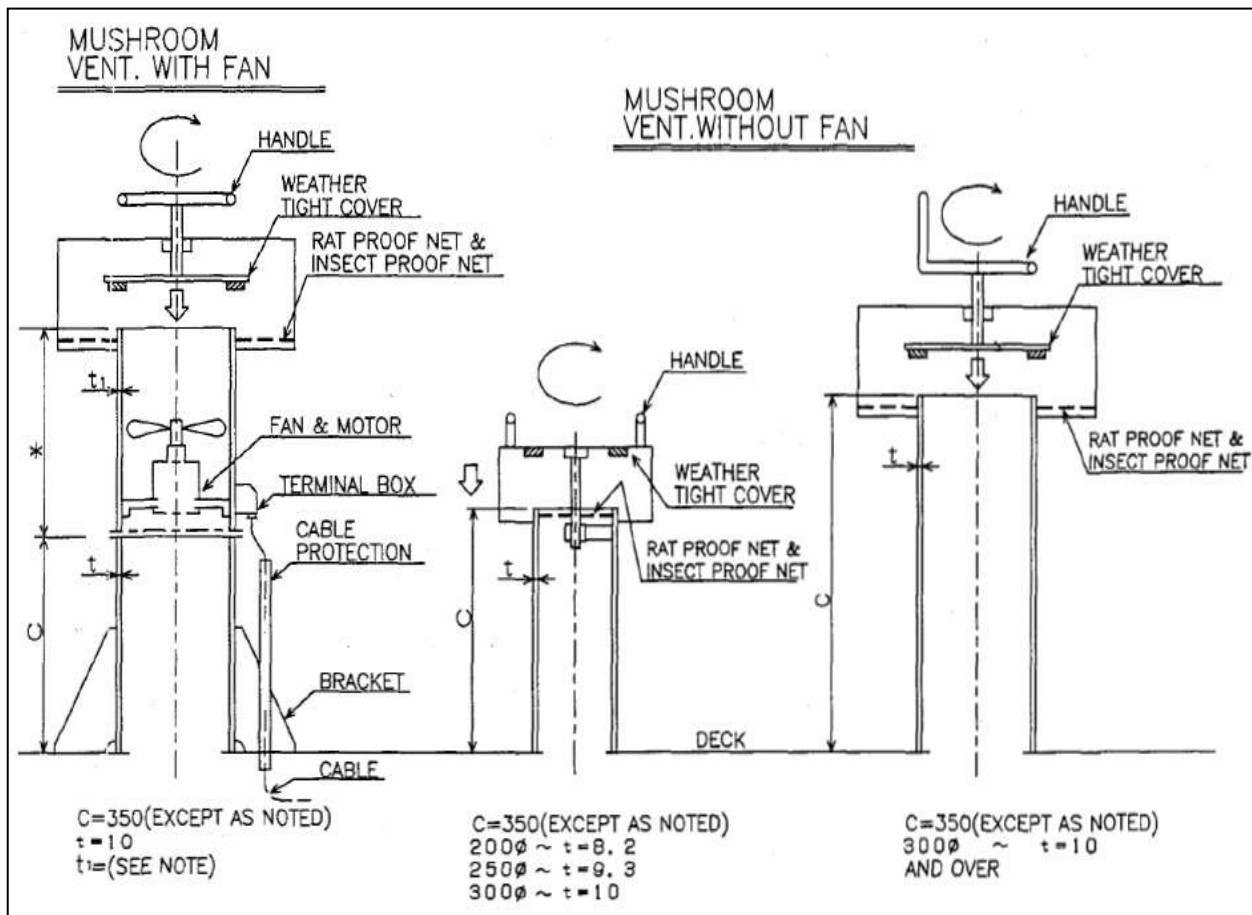


**Εικόνα 4.6 Ανεμιστήρας τύπου μανιτάρι
για αερισμό του χώρου πηδαλίου (*)**

Προχωρώντας προς την πλώρη δεξιά και αριστερά του καταστρώματος υπάρχουν οι αεραγωγοί των δεξαμενών έρματος (**Ball Valve Vent Heads**). Οι δεξαμενές έρματος είναι δεξαμενές που γεμίζουν με θαλασσινό νερό για λόγους πλευστότητας, όταν το πλοίο δεν έχει φορτίο. Όταν οι δεξαμενές φορτίου είναι γεμάτες, τότε οι δεξαμενές έρματος αερίζονται μέσω των Ball Valve Vent Heads.

Οι κλειστοί χώροι στην πρύμνη του πλοίου (κέντρο ελέγχου πυρόσβεσης, χώρος αποθήκευσης μπογιάς κλπ) και στην μέση του πλοίου (αποθήκες καταστρώματος) αερίζονται φυσικά με **περσίδες (louver vent)**. Όπου θεωρείται απαραίτητο υπάρχει επιπλέον και μηχανικός αερισμός. Μια τέτοια περίπτωση είναι ο χώρος αποθήκευσης μπογιάς. Όταν η αποθήκη μπογιάς είναι κλειστή γίνεται ανανέωση αέρα από τις περσίδες. Όταν όμως χρειάζεται να μπει κάποιος στο χώρο για δουλειά, λόγω των αναθυμιάσεων από την εξάτμιση της μπογιάς, απαιτείται και μηχανική κυκλοφορία του αέρα προκειμένου να γίνει ο χώρος κατάλληλος.

**πρόσθετο: θάλαμος στην πλώρη όπου φιλάει ο λοιστρόμος εργαλεία και ανταλλακτικά που έχουν σχέση με τη συντήρηση της κουβέρτας



Εικόνα 4.7 Εσωτερική διάταξη εξαεριστήρας τύπου Μανιτάρι (8)

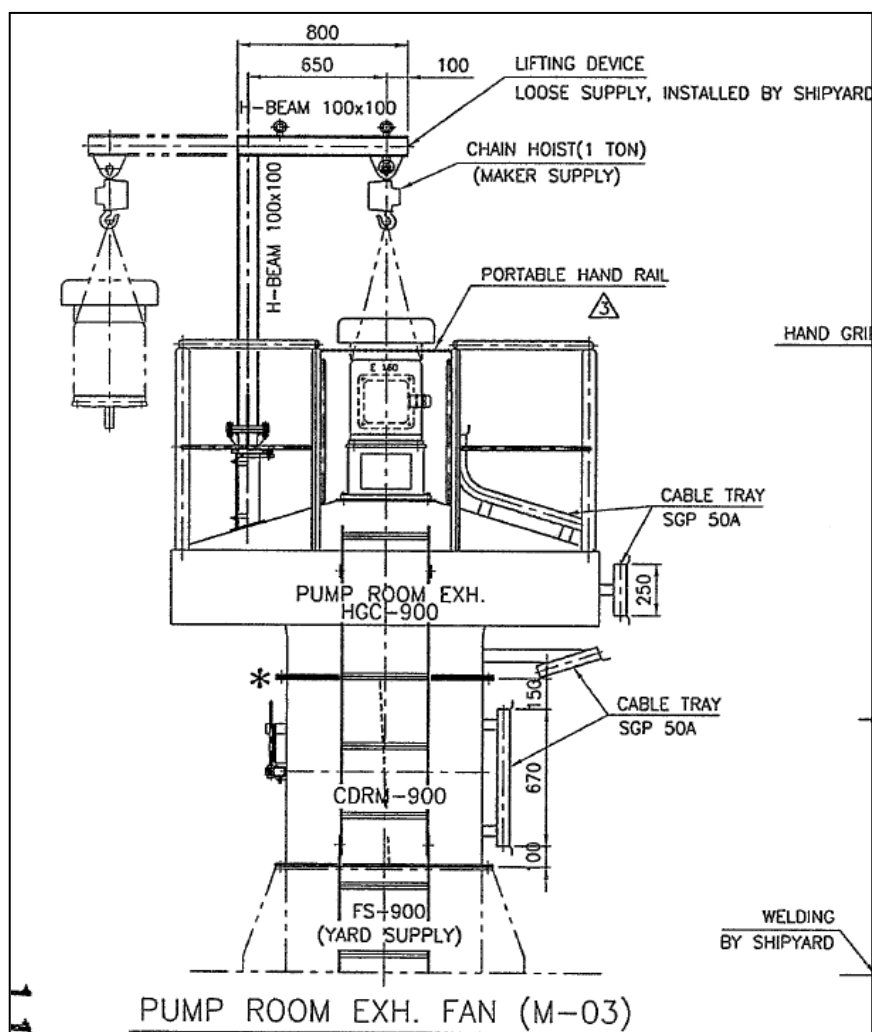
4.2 Αερισμός στο Αντλιοστάσιο

Ένα ακόμα παράδειγμα συνδυασμού φυσικού και μηχανικού αερισμού είναι στο χώρο του αντλιοστασίου σε ένα πετρελαιοαγωγό, που βρίσκεται μπροστά από το accommodation.

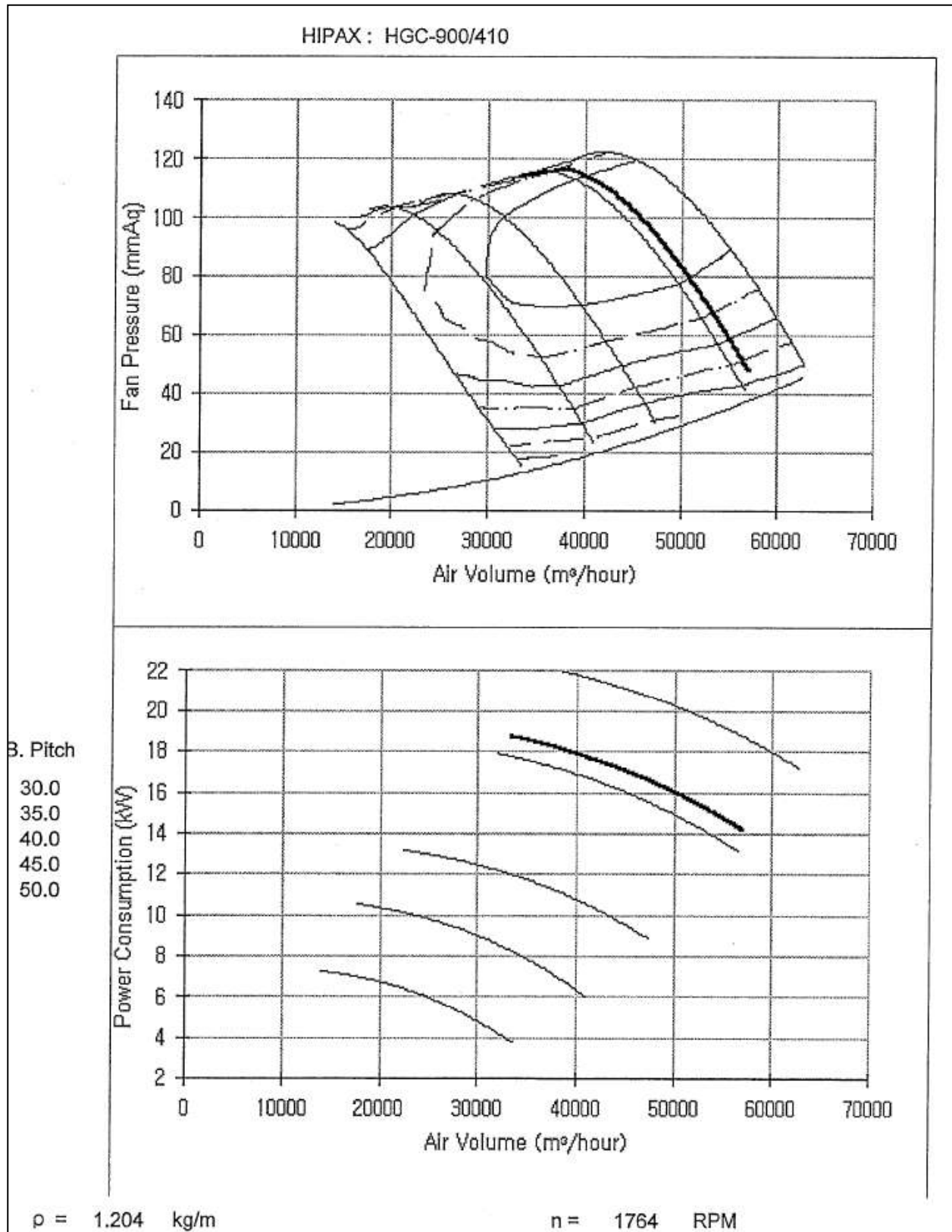
Στο αντλιοστάσιο υπάρχουν 2 αντλίες φορτίου μέσω των οποίων ξεφορτώνει το πλοίο το πετρέλαιο από τις δεξαμενές του. Οι αναθυμιάσεις του πετρελαίου που κυκλοφορεί μέσα στις αντλίες δημιουργούν εκρηκτική ατμόσφαιρα και για αυτό το αντλιοστάσιο θεωρείται «κλειστός χώρος» (enclosed space). Αυτό συνεπάγεται ότι απαιτούνται ειδικές συνθήκες αερισμού πριν την είσοδο κάποιου στο αντλιοστάσιο.

Εν πλώ ο αερισμός του χώρου γίνεται μέσω ενός mushroom ventilator (N08) με φυσικό τρόπο. Ο φυσικός αερισμό όμως δεν είναι αρκετός για να αποκτήσει ο χώρο απαραίτητα επίπεδα οξυγόνου προκειμένου να μπορεί να μπει κάποιος με ασφάλεια.

Τα γκάζια του πετρελαίου είναι πιο βαριά από τον αέρα έτσι συγκεντρώνονται στον πάτο του αντλιοστασίου. Όταν χρειάζεται να μπει κάποιος στο χώρο τότε μπαίνουν σε λειτουργία δυο μηχανικά mushroom ventilator (M02, M03). τα οποία αναρροφούν τα γκάζια από τον πάτο το αντλιοστασίου και από τον φυσικής κυκλοφορίας mushroom ventilator εισέρχεται καθαρός αέρας από την ατμόσφαιρα.

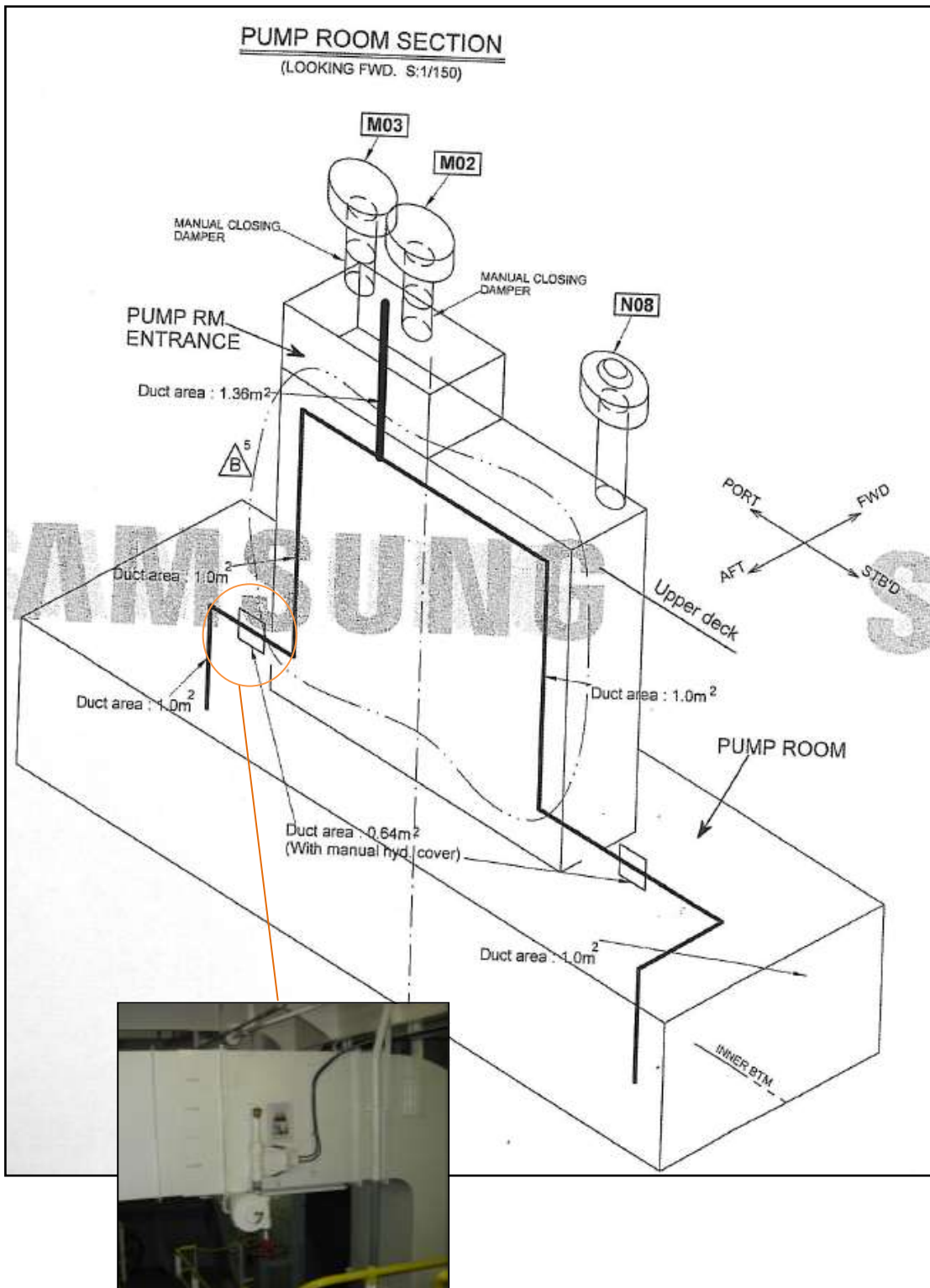


Εικόνα 4.8 Εσωτερική διάταξη εξαεριστήρα μηχανικού αερισμού αντλιοστασίου(8)



Εικόνα 4.9 Καμπύλη Λειτουργίας μηχανικού εξαεριστήρα αντλιοστασίου Μ03 (8)

ΔΙΑΡΑΜΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑΓΩΓΟΥ
(8 και *)



ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ (8)

ΔΩΜΑΤΙΟ	Νο.	ΤΥΠΟΣ	ΡΟΗ (m ³ /H)	ΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ (times/H)	Ροή αέρα	ΟΓΚΟΣ ΔΩΜΑΤΙΟΥ (m ³)	ΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (mmaq)
Bosun store	M01	Mushroom	8.100	5	Supply	1.618	15
Pump room	M02	Mushroom	37.100	15	exhaust	2.473	85
	M03	Mushroom	37.100	15	exhaust		85
s.gear room & em'cy fire P.room	M05	Mushroom	7.320	5	exhaust	1.457	35

Η επανακυκλοφορία του αέρα συνεχίζεται μέχρι ο αέρας στον χώρο να έχει 20,9% οξυγόνο. Τότε μέσω αισθητήρων που μετράνε την κατάσταση του αέρα δίνεται εντολή αυτόματα στο δίκτυο και κλείνει το ένα μηχανικό mushroom ventilator. Το άλλο μένει σε λειτουργία για να διατηρήσει τα επίπεδα οξυγόνου στο 20.9%. Τότε ο χώρος είναι προσβάσιμος, παρόλα αυτά ειδικές μέτρα ασφαλείας παίρνονται (μπουκάλες οξυγόνου, φορητοί μετρητές ανάλυσης του αέρα) για να προστατέψουν την ανθρώπινη ζωή σε περίπτωση ανάγκης.



Εικόνα 4.10 Αερισμός Αντλιοστασίου (*)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΕΞΑΕΡΙΣΤΗΡΕΣ (8)

ΔΩΜΑΤΙΟ	Νο.	ΤΥΠΟΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	Η
Bosun store	M01	Mushroom	-	900
	N01, N03	Mushroom	Ø700	900
	N02	Mushroom	Ø1000	900
Pump room	M02, M03	Mushroom	-	4500(από το κατάστρωμα)
	N08	Mushroom	Ø1500	2400
Mid deck store	N04, N05	louver	300x318	1400
	N06,N07	louver	300x318	900
Fire control station	N09	louver	300x318	1400
Fire control station	N10	louver	300x318	900
s.gear room & em'cy fire P.room	N12,N13	Mushroom	Ø500	900



**Εικόνα 4.11 Mushroom Ventilator
Φυσικής Κυκλοφορίας (*)**



**Εικόνα 4.12 Mushroom Ventilators
Μηχανικής Κυκλοφορίας (*)**

4.3 Αερισμός στο Μηχανοστάσιο

Το μηχανοστάσιο είναι ένας χώρος ο οποίος απαιτεί αερισμό. Ως αποτέλεσμα του μεγάλου μεγέθους και του γεγονότος ότι καταναλώνονται μεγάλοι όγκοι αέρα, μια εγκατάσταση επεξεργασίας (πχ κλιματισμού) θα ήταν άκρως δαπανηρή στη λειτουργία της. Συνεπώς ο αερισμός στο μηχανοστάσιο παρέχεται σε επαρκείς ποσότητες για την κατανάλωση αέρα από την μηχανή και επίσης για αποτελεσματική ψύξη. Μερικοί ανεμιστήρες αξονικής ροής παρέχουν αέρα μέσω αγωγών στις διάφορες εξόδους εργασίας. Ο θερμός αέρας ανέρχεται στο κέντρο και φεύγει μέσω αεριοθυρίδων ή ανοιγμάτων συνήθως στην καπνοδόχο.



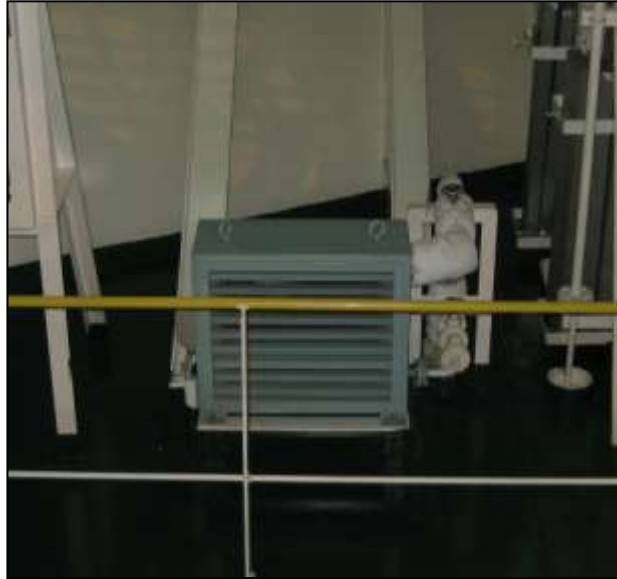
Εικόνα 4.13 Αγωγός εξαερισμού μηχανοστασίου (*)



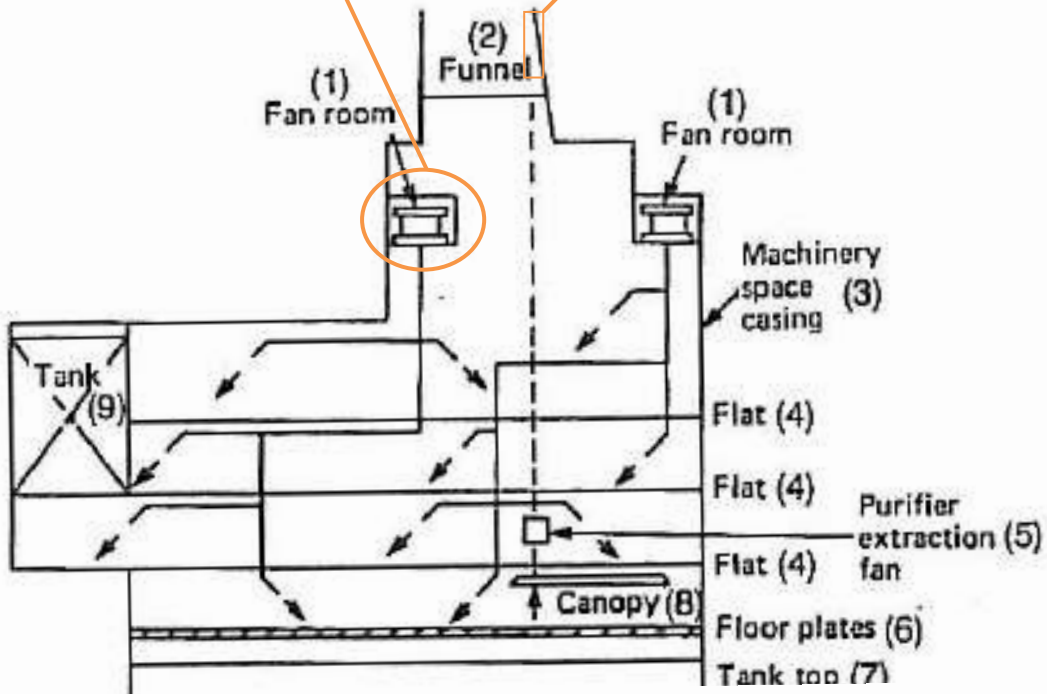
Εικόνα 4.14 Διάταξη Ανεμιστήρας με αγωγό κυκλοφορίας του αέρα (*)

Το χειμώνα ο αέρας που εισέρχεται στο μηχανοστάσιο είναι κρύος με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η θερμική άνεση του χώρου. Γι' αυτό το λόγο υπάρχουν διάσπαρτα στο μηχανοστάσιο εναλλάκτες θερμότητας που λειτουργούν με ατμό, οι οποίοι αναρροφούν τον αέρα και αφού τον ζεστάνουν τον διοχετεύουν πάλι στο χώρο. Ο χώρος ελέγχου του μηχανοστασίου ο οποίος είναι ένας

ξεχωριστός- κλειστός χώρος συνήθως αερίζεται με μια μεμονωμένη μονάδα που αναρροφά αέρα μέσω κιβωτίου από την ατμόσφαιρα και τον ξαναστέλνει πίσω.



**Εικόνα4.15 Εναλλάκτες θερμότητας ατμού
(*)**



Διαγραμματική παρουσίαση - Αερισμού μηχανοστασίου.

(1) χώρος ανεμιστήρα (2) καννοδόχος (3) περίβλημα μηχανοστασίου (4) επίπεδο (5) ανεμιστήρας καθαριστήρα εκχύλισης (6) ελάσματα δαπέδου (7) οροφή δεξαμενής (8) μαρκίζα (9) δεξαμενή

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ (4 και *)



5.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

5.1 Ψυκτικό Φορτίο

Καθώς μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα, μειώνεται και η ικανότητα του να μεταφέρει υδρατμό. Στον ψυχομετρικό χάρτη που παραθέτεται (εικ 5.1) φαίνεται ότι αέρας θερμοκρασίας ξηρής σφαίρας (t_{db}) 35°C και σχετικής υγρασίας 60% όταν ψυχθεί στους 27°C θερμοκρασία ξηρής σφαίρας έχει σχετική υγρασία 100%. Η πτώση της θερμοκρασίας μειώνει την ικανότητα του αέρα να φέρει υγρασία σε μορφή αιωρήματος. Επιπλέον ψύξη θα έχει σαν αποτέλεσμα η υγρασία να συμπυκνωθεί. Αέρας που ψύχεται μέχρι στη θερμοκρασία των 21°C, θερμοκρασία άνεσης, αλλά έχει σχετική υγρασία 100% δεν θα μπορεί να ψυχθεί περαιτέρω και να απορροφήσει περισσότερη υγρασία έτσι η σωματική εφίδρωση δεν θα εξατμίζεται. Ευκόλα καταλαβαίνουμε ότι σε ένα χώρο με θερμοκρασία 21°C και σχετική υγρασία 100% οι άνθρωποι δεν θα ένιωθαν άνετα.

Η ξήρανση του αέρα επιτυγχάνεται με την υπέρψυξη ώστε να συμπυκνωθεί η πλεονάζουσα υγρασία, και να απομακρυνθεί μέσω της γραμμή συμπυκνώματος (εικ 5.2) έτσι ώστε όταν ο αέρας αποκτήσει τη σωστή θερμοκρασία η υγρασία του να είναι σε ένα ανεκτό επίπεδο. Έτσι ψύχοντας τον αέρα μέχρι τους 10°C θερμοκρασία ξηρής σφαίρας (υπερψύξη) όταν ζεσταθεί μέχρι θερμοκρασίας 21°C θα έχει σχετική υγρασία περίπου 50%. Ο αέρας θερμαίνεται μέσα στο δίκτυο του αγωγού ή με την επαφή με θερμότερο αέρα μέσα στο χώρο. Ενίοτε χρησιμοποιείται και εναλλάκτης θερμότητας (zone heater).

Στον σχεδιασμό του συστήματος χρειάζεται ένας μεγάλος ισολογισμός για να υπολογίσουμε το συνολικό ψυκτικό φορτίο που απαιτείται για να μειωθεί η σχετική υγρασία του εισερχόμενου φρέσκου αέρα. Εξαιρετικά μεγάλης σημασίας είναι και η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα σαν εξωτερική συνθήκη σχεδιασμού. Μελέτες έχουν γίνει για να προσδιορίσουν τις συνθήκες στις πιο εμπορικές διαδρομές πλοίων του κόσμου.

PSYCHROMETRIC CHART

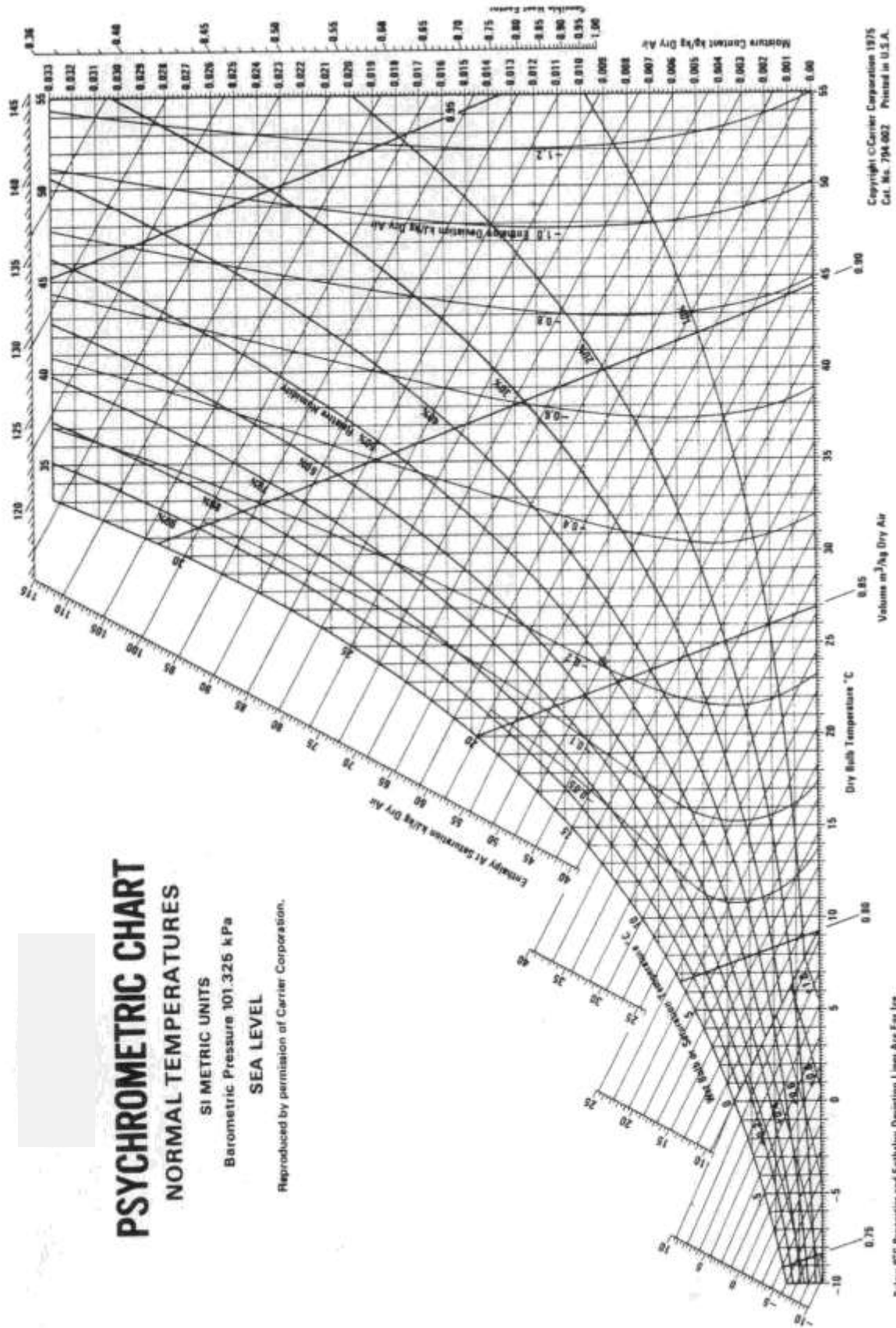
NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL

Reproduced by permission of Carrier Corporation.

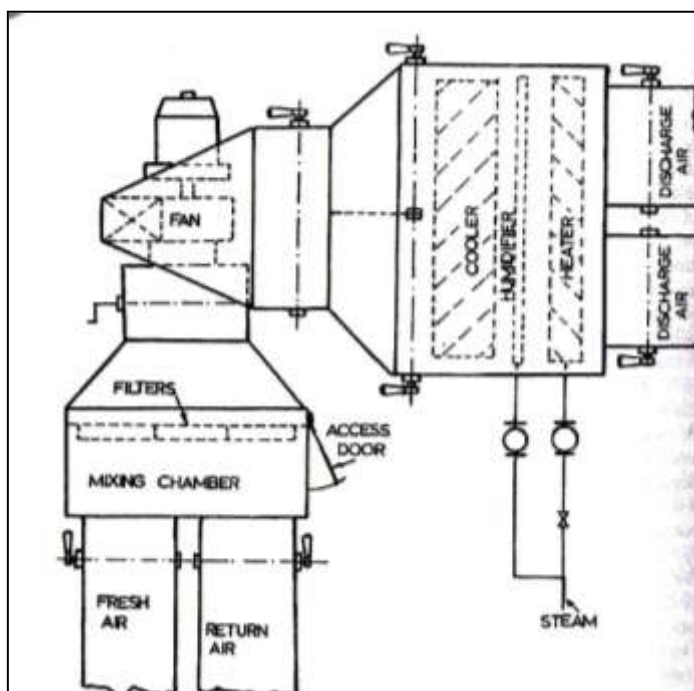


Copyright ©Carrier Corporation 1975
Cat. No. 794-002 Printed in U.S.A.

Εικόνα 5.1 Ψυχομετρικός (1)

Η εξωτερική θερμοκρασία ξηρής σφαίρας λαμβάνεται από κάποιους σχεδιαστές 32,2°C, αλλά σε τροπικές περιοχές με παραθαλάσσιους ανέμους μπορεί να συναντήσουμε και υψηλότερες θερμοκρασίες. Αυτοί οι άνεμοι είναι συνήθως ξηροί και δεν επιφορτίζουν με μεγάλο φορτίο το πλάνο ψύξης. Παρόλο που οι άνθρωποι δεν αντιλαμβάνονται την διαφορά στο ποσοστό υγρασίας του αέρα για ένα μεγάλο φάσμα τιμών, συνήθως ο σχεδιασμός γίνεται μεταξύ 40% και 60% σχετικής υγρασίας.

Οι εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού επηρεάζουν σημαντικά την συνολική ψυκτική ισχύ. Ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η μόνωση των επιφανειών που περιστοιχίζουν ένα κλιματιζόμενο χώρο. Από την μία η μόνωση μπορεί να περιορίζεται μόνο στο καλωπιστικό σχεδιασμό του μπουλμέ και στην κατεργασία των μπουλμέδων του μηχανοστασίου, καθώς επίσης και σε επικαλύψεις στο κατάστρωμα. Από την άλλη μπορεί να είναι σαφώς προσδιορισμένη και να διαφέρει από χώρο σε χώρο ανάλογα με τη μορφή εργασίας σε αυτόν. Ένας λογικός συμβιβασμός είναι να υποθέσουμε ένα υλικό ανάλογο ενός υψηλής ποιότητας μονωτικού πάχους 25mm, και μονωτικής ικανότητας 1,5 W/m²/°C για όλες τις επιφάνειες απλής κατεργασίας.



Εικόνα 5.2 Κλιματιστική Εγκατάσταση Πλοίου (9)

5.2 Θερμικό Φορτίο

Όταν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνει, αυξάνει και η ικανότητα του να φέρει υδρατμό. Στο ψυχομετρικό χάρτη φαίνεται ότι αέρας με πολύ χαμηλή αρχική θερμοκρασία ξηρής σφαίρας -5°C και 50% σχετική υγρασία όταν ζεσταθεί μέχρι τους 21°C θερμοκρασία ξηρής σφαίρας, αποκτά υγρασία 10%. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα αυξάνει και την ικανότητα του να μεταφέρει υγρασία σαν αιώρημα. Σε ένα χώρο με 21°C παρά το γεγονός ότι έχουμε θερμική άνεση για τον άνθρωπο, λόγω της πολύ χαμηλής σχετική υγρασία 10% ο αέρας απορροφούσε την υγρασία από την ανθρώπινη εφίδρωση ή από την ρινική κοιλότητα ή το λαιμό. Οι άνθρωποι σε ένα χώρο με 21°C και σχετική υγρασία 10% θα είχαν προβλήματα ξηρότητας στο δέρμα, στο λαιμό και στην μύτη και θα ένιωθαν άβολα.

Η ύγραση του αέρα (εικ 5.1) επιτυγχάνεται ψεκάζοντας ζεστό νερό ή ατμό. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνει η σχετική υγρασία στο 100% και παράλληλα αυξάνει και η θερμοκρασία στους $+7^{\circ}\text{C}$. Απευθείας ζέσταμα του αέρα με zone heater θα αυξήσει τη θερμοκρασία στους 21°C και θα μειώσει την σχετική υγρασία στο 40%. Η υγρασία διατηρείται σε ανεκτά αλλά χαμηλά επίπεδα για να ελαχιστοποιηθεί η συμπύκνωση στους πολύ κρύους εξωτερικούς μπουλμέδες. Αναμιγνύοντας τον εξωτερικό κρύο αέρα με αέρα ανακυκλοφορίας αποφεύγουμε προβλήματα ξηρότητας. Στο Accommodation η υγρασία προστίθεται συνεχώς στον αέρα μέσω της αναπνοής, της εφίδρωσης και άλλων διεργασιών. Η χρήση συσκευής ύγρασης της ατμόσφαιρας είναι αναγκαία είναι αναγκαία μόνο σε εξαιρετικά ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες. Στο θερμικό φορτίο συνυπολογίζονται και οι απώλειες θερμότητας των δομικών στοιχείων. Οι απώλειες αυτές υπολογίζονται μέσω των βαθμών μετάδοσης θερμότητας, οι οποίοι εξαρτώνται από το υλικό κατασκευής των δομικών στοιχείων. Το θερμικό φορτίο που χρειάζεται για να αυξήσουμε την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα στην εσωτερική θερμοκρασία του χώρου (χωρίς τις απώλειες) υπολογίζεται από τον τύπο (5.1).

$$H = 1.21 \cdot Q \cdot (t_i - t_o) \quad (5.1)$$

Όπου,

H το θερμικό φορτίο που απαιτείται, σε kW

Q η παροχή αέρα, σε m³/s

t_i η εσωτερική θερμοκρασία, σε °C

t_o η εξωτερική θερμοκρασία, σε °C

η πυκνότητα του αέρα λαμβάνεται 1.2 kg/m³ στους 20 °C.

AIR VOLUME & BALANCING TABLE FOR A/C & MECH. VENT. SYSTEM										
ROOM NO.	A/C SUPPLY		MECH. SUPPLY		MECH. EXHAUST		NATURAL VENT		REMARK	SURPLUS AIR (+) (M ³ /H)
	AIR VOLUME (M ³ /H)	AIR CHANGE (T/H)	AIR VOLUME (M ³ /H)	AIR CHANGE (T/H)	AIR VOLUME (M ³ /H)	AIR CHANGE (T/H)	SUPPLY AIR VOL (M ³ /H)	EXHAUST AIR VOL (M ³ /H)		
201	780	8.1						780		-
202	235	5.0			235	5.0				-
204	923	11.2						923		-
205	360	9.6								360
206	600	9.9								600
207	320	8.0								320
208	473	10.8								473
209	443	10.2						443		-
211	220	5.0			220					
212	780	8.1						780		-
213	360	9.9			360	9.9				-
214	160	6.0			50	10.0		110		-
215	160	6.0			50	10.0		110		-
216	161	6.0			50	10.0		111		-
220					95	15.0				-95
221	420	15.3								420
TOTAL	6395				1060			3257		2078

Εικόνα 5.3 Πίνακας Παροχής αέρα για κλιματισμό και αερισμό (8)

Στον σχεδιασμό ενός συστήματος κλιματισμού η επιλογή της εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι απαραίτητα η μικρότερη που θα συναντήσει ένα πλοίο στην πορεία του, αλλά μια τιμή μεταξύ $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η εσωτερική θερμοκρασία, ανάλογα τον τύπο του accommodation, επιλέγεται από $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.3 Εκτίμηση Ψυκτικό και Θερμικού Φορτίου και Παροχής Αέρα

Το ψυκτικό φορτίο είναι ένας πολύ καθοριστικός παράγοντας στον σχεδιασμό ενός κλιματιστικού συστήματος καθώς επηρεάζει την ποσότητα του αέρα που πρέπει να κυκλοφορεί και ορίζει και το μέγεθος του πλάνου ψύξης. Σε προηγούμενη ενότητα έχουμε αναφερθεί στα θερμικά κέρδη που πρέπει να εξισορροπούνται για να διατηρείται η εσωτερική θερμοκρασία σταθερή όταν λειτουργεί το σύστημα ψύξης. Ο αέρας που φτάνει σε ένα χώρο μεταφέρει τη ψυκτική ενέργεια σε αυτόν. Η θερμοκρασία του πρέπει να είναι μικρότερη από την επιθυμητή και αλλάζει με την αλλαγή περιεκτικότητας της υγρασίας. Ο αέρας που διέρχεται από τη ψυχόμενη σερπαντίνα, γίνεται κορεσμένος και καθώς πέφτει η θερμοκρασία του αποβάλλει υγρασία σαν συμπύκνωμα. Στην έξοδο του ψύκτη η περιεκτικότητα υγρασίας στο αέρα παραμένει σταθερή μέχρι την είσοδο στο χώρο του accommodation. Μόλις εισέλθει ο αέρας στο accommodation η θερμοκρασία του ανεβαίνει και η σχετική υγρασία πέφτει (η περιεκτικότητα του αέρα σε υγρασία όμως παραμένει σταθερή). Σε αυτή τη φάση αναμιγνύεται με τον υπάρχον αέρα. Η ποσότητα του αέρα πρέπει να υπολογιστεί ώστε η θερμοκρασία του να αυξηθεί τόσο όσο η καθορισμένη εσωτερική θερμοκρασία. Η ποσότητα υπολογίζεται από τον τύπο (5.2):

$$Q = H \cdot (t_i - t_e) / 1.21 \quad (5.2)$$

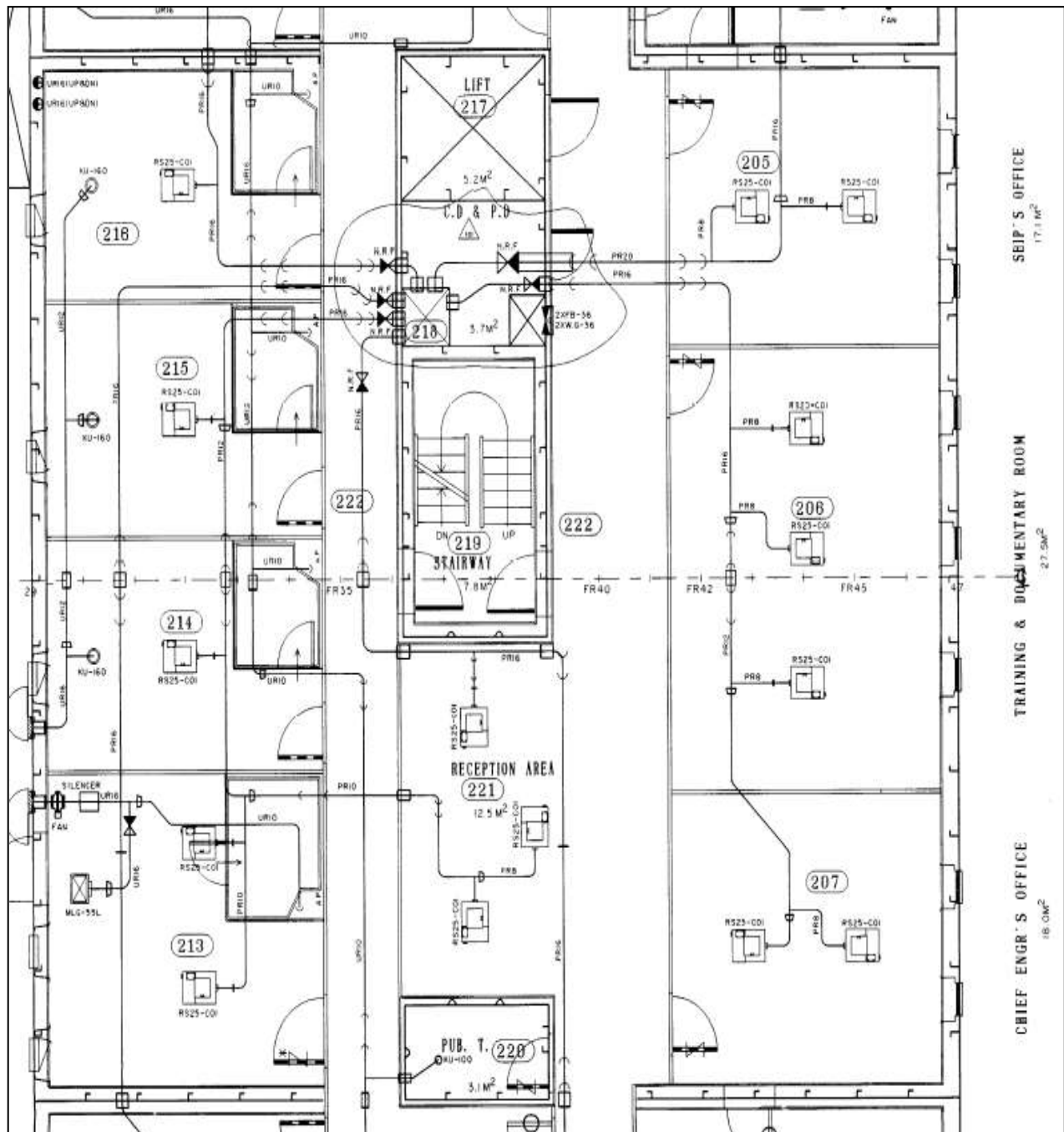
Όπου,

Q η ολική παροχή αέρα, σε m^3/s

H το ολικό θερμικό κέρδος του χώρου, σε kW

t_i η εσωτερική θερμοκρασία, σε °C

t_e η θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα, σε °C



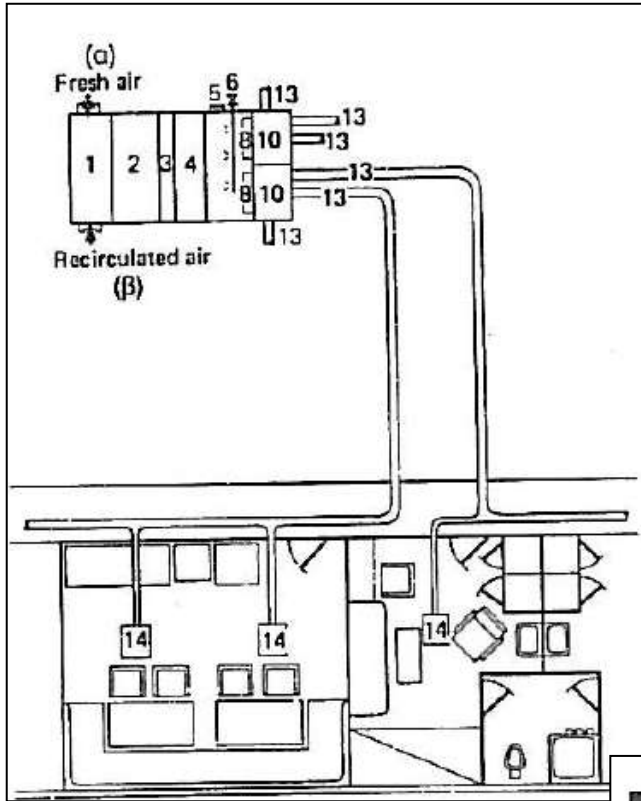
Εικόνα 5.4 Κάτοψη καταστρώματος εμπορικού πλοίου (15)

Στα συστήματα με επανακυκλοφορία ο φρέσκος αέρας είναι πολύ λιγότερος από τον αέρα επανακυκλοφορίας γιατί έτσι μειώνεται το ψυκτικό φορτίο που απαιτείται. Πρακτικά ο αέρας επανακυκλοφορίας είναι τα 2/3 του αέρα που εισέρχεται σε ένα χώρο.

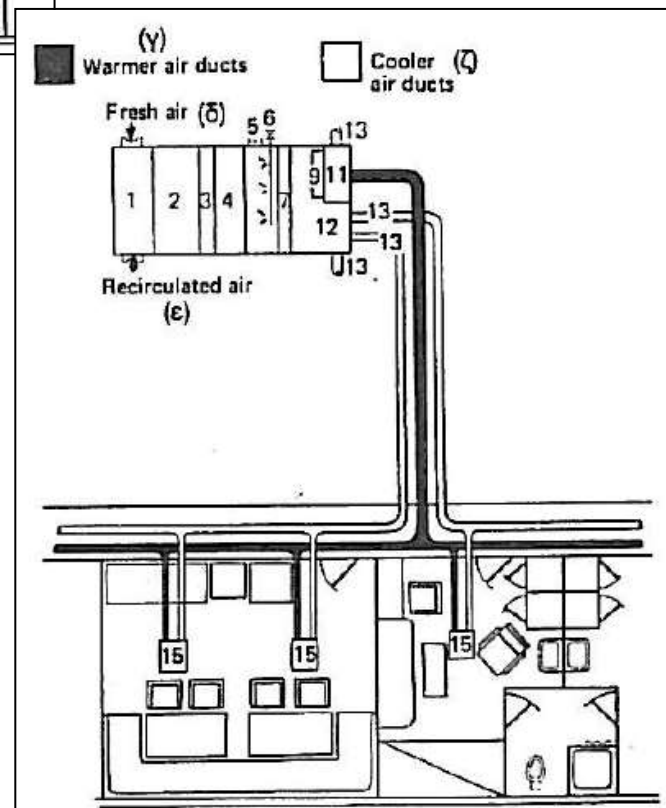
Στην εικόνα 5.3 και 5.4 φαίνονται οι παροχές αέρα ανά χώρο για κλιματισμό και αερισμό σε ένα τμήμα του accommodation ενός εμπορικού πλοίου. Παρατηρούμε ότι οι χώροι 214 και 215 (καμπίνες πληρώματος) έχουν και μηχανικό και φυσικό εξαερισμό. Ενώ οι χώροι 205, 206, 207 και 208 (γραφεία και καμπίνες εκπαίδευσης) έχουν μόνο παροχή αέρα και ο αποβαλλόμενος αέρας διαφεύγει από louver vents στους τοίχους του διαδρόμου.

5.4 Συστήματα Κλιματισμού Μονού και Διπλού Αγωγού

Η ικανότητα επεξεργασίας του αέρα πρέπει να περιλαμβάνει ένα σχετικώς «κλειστό σύστημα όπου ο αέρας κυκλοφορεί και επιστρέφει. Οποσδήποτε κάποια ποσότητα αέρα καταναλώνεται από τους ανθρώπους και μερικά μηχανήματα έτσι υπάρχει η απαίτηση για ανανέωση του αέρα. Δημόσιοι χώροι και ενδιαιτήσεις λειτουργούν με μειωμένη επί της % ανανέωση του αέρα, και αυτό γιατί η ανανέωση στο 100% ανεβάζει το κόστος κλιματισμού. Τα μαγειρεία και οι χώροι υγιεινής πρέπει να έχουν 100% ανανέωση πλην όμως εδώ οι ποσότητες του αέρα και το κόστος επεξεργασίας είναι πολύ μικρότερο. Τα συστήματα είναι δυνατόν να σχεδιάζονται για 100% ανανέωση του αέρα χωρίς να είναι απαραίτητο να λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο. Ο θόρυβος και ο κραδασμός από το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό πρέπει να διατηρείται στο ελάχιστο για την αποφυγή ενός διαφορετικού είδους δυσμορφίας. Οι κύριοι τύποι κλιματισμού που χρησιμοποιούνται στα πλοία είναι τρεις: (α) απλού αγωγού, (β) διπλού αγωγού, (γ) απλού αγωγού με αναθέρμανση.



Σύστημα απλού - αγωγού.
 (α) φρέσκος αέρας (β) ανακυκλούμενος αέρας (γ) αγωγοί θερμότερου αέρα (δ) φρέσκος αέρας (ε) ανακυκλούμενος αέρας (ζ) αγωγοί ψυχρότερου αέρα.



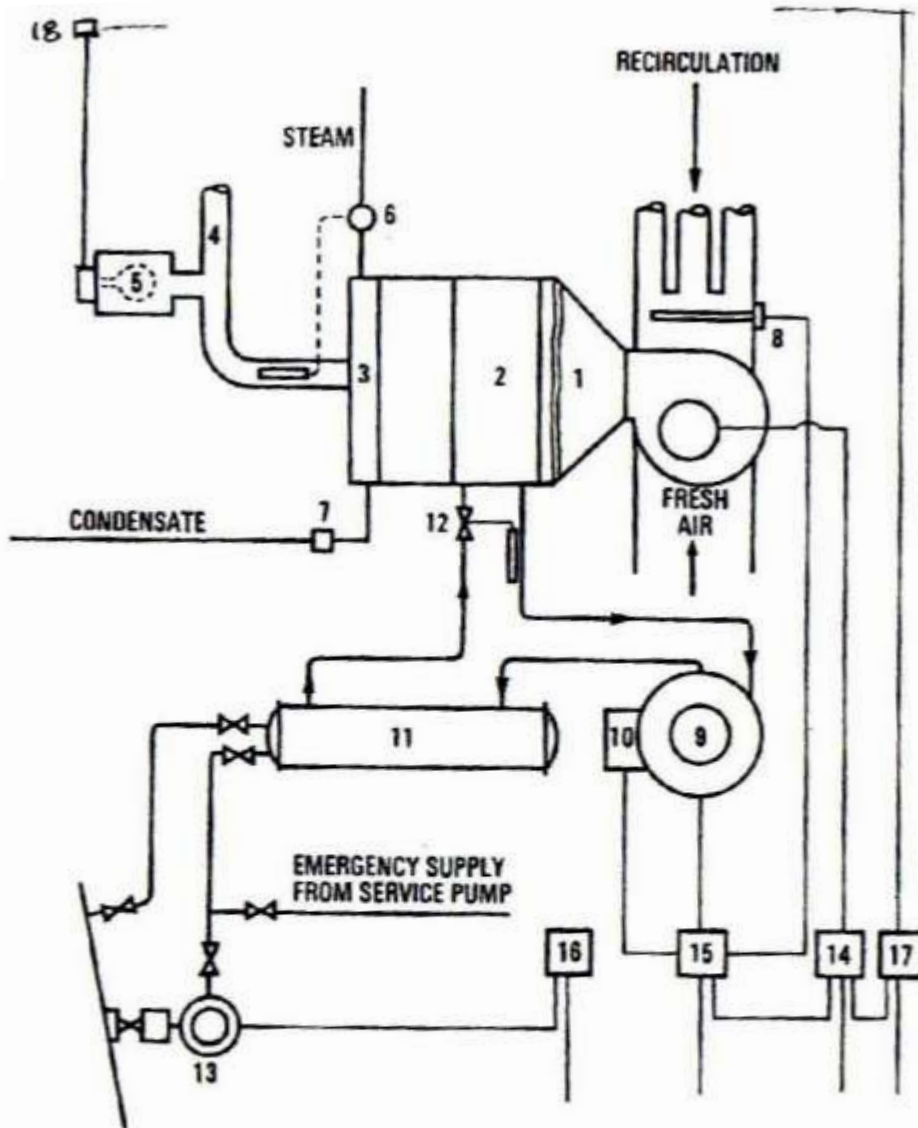
Σύστημα διπλού- αγωγού
 (1) κιβώτιο ανάμιξης, (2) ανεμιστήρας, (3) φίλτρο, (4) ψυγείο, (5) ασφαλιστικό επιστόμιο, (6) αφυγραντήρας, (7) προ-θερμαντήρας, (8) Ζώνη θερμομαντήρων, (9) ανα-θερμαντήρας, (10) κιβώτιο, (11) θερμότερος αέρας κιβωτίου, (12) ψυχρότερος αέρας κιβωτίου, (13) προ-μονωμένος σπειροειδής αγωγός (14) καταλήξεις αέρα (15) καταλήξεις αέρα με έλεγχο ανάμιξης.

Εικόνα 5.5 Συστήματα Κλιματισμού Απλού και Διπλού Αγωγού (2)

Το σύστημα **απλού αγωγού** (εικ.5.5) χρησιμοποιείται κυρίως σε φορτηγά πλοία. Διαφορετικές κεντρικές μονάδες χρησιμοποιούνται για την διανομή του κλιματισμένου αέρα προς έναν αριθμό καμπίνων ή χώρων μέσω ενός άλλου σωλήνα ή αγωγού. Σε θερμά κλίματα ένα μίγμα φρέσκου και ανακυκλωμένου αέρα ψύχεται και αφυγραίνεται κατά τη διάρκεια διέλευσης του πάνω από τη μονάδα ψύξης. Σε ψυχρά κλίματα το μίγμα του αέρα θερμαίνεται και υγραίνεται είτε με ατμό, θερμό νερό ή ηλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία. Η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα ελέγχονται αυτομάτως στην κεντρική μονάδα. Εντός του κλιματιζόμενου χώρου ο έλεγχος γίνεται με τη μεταβολή του όγκου ροής του αέρα.

Το σύστημα **διπλού αγωγού** (εικ.5.5) εξασφαλίζει αυξημένη ευελιξία και χρησιμοποιείται κυρίως σε επιβατικά πλοία. Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιείται μια κεντρική μονάδα με ψυχόμενο και αφυγραινόμενο αέρα που αναθερμάνθηκε και έχουν δύο αγωγούς θερμού αέρα χαμηλού και υψηλού φορτίου. Κάθε κλιματιζόμενος χώρος διαθέτει μια παροχή από κάθε αγωγό που μπορεί να αναμιχθεί όπως απαιτείται στο τέρμα της εξόδου. Σε ψυχρά κλίματα ο προθερμαντήρας θερμαίνει και τις δύο παροχές του αέρα, που καταλήγουν σε μια θερμή και ζεστή παροχή για κάθε χώρο. Το καλοκαίρι η θερμοκρασία του αέρα στην έξοδο του ψύκτη ελέγχεται με ένα θερμοστάτη πολλαπλών βημάτων στο θάλαμο ανάμιξης με τον αέρα ανακυκλοφορίας όπως και στα συστήματα απλού αγωγού.

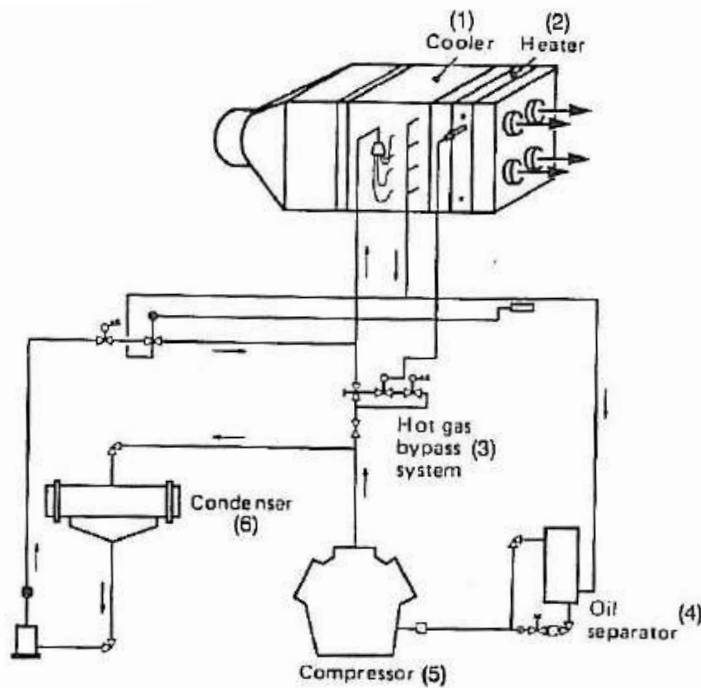
Το σύστημα **απλού αγωγού με αναθέρμανση** (εικ.5.6) χρησιμοποιείται σε πλοία που ταξιδεύουν κυρίως σε ψυχρά κλίματα. Η κεντρική μονάδα θα δροσίζει και θα αφυγραίνεται ή θα προθερμαίνει και θα υγραίνει τον αέρα όπως ανάλογα απαιτείται από τις εξωτερικές συνθήκες. Επιπλέον πριν την κατάθλιψη σε κλιματιζόμενο χώρο μια τοπική μονάδα αναθέρμανσης θερμαίνει τον αέρα, αν αυτό απαιτείται. Αυτό εξαρτάται από την ρύθμιση του θερμοστάτη του δωματίου.



- | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Filter | 6. Automatic steam valve | 12. Thermostatic expansion valve |
| 2. Cooler | 7. Steam trap | 13. Sea water pump |
| 3. Pre-heater | 8. Multi-step cooling thermostat | 14. Fan starter |
| 4. Pre-insulated air pipe | 9. Compressor | 15. Compressor starter |
| 5. Sound attenuating air terminal containing electric re-heater and overheat thermostat | 10. Auto capacity control valves | 16. Sea water pump starter |
| | 11. Condenser | 17. Heater contractor |
| | | 18. Room type thermostat |

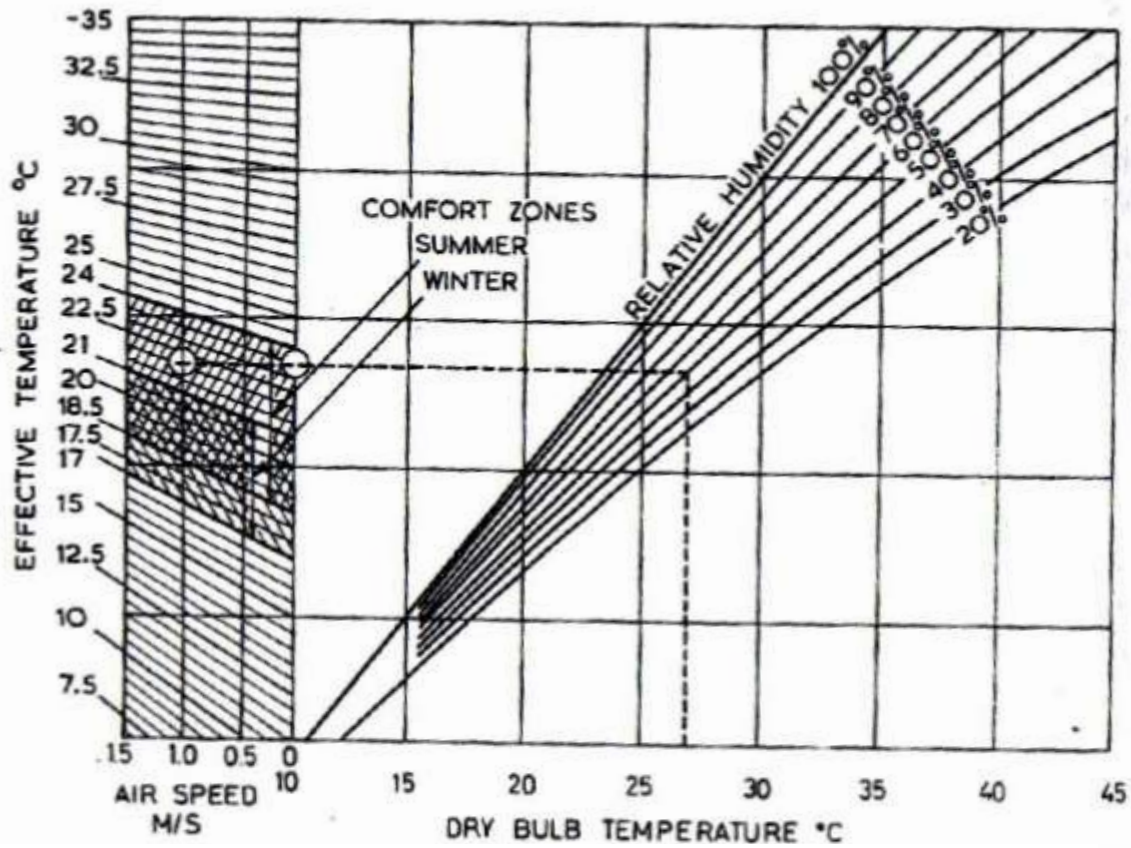
Εικόνα 5.6 Σύστημα κλιματισμού με αναθέρμανση (9)

Το σύστημα ψύξης που χρησιμοποιείται στην κεντρική μονάδα φαίνεται στην εικόνα 5.7. Πρόκειται για ένα **σύστημα απευθείας εκτόνωσης** που χρησιμοποιεί ένα παλινδρομικό συμπιεστή, συμπυκνωτή που ψύχεται με θαλασσινό νερό και μια θερμοστατικά ελεγχόμενη ρυθμιστική βάννα. Ο αέρας που πρόκειται να ψυχθεί διέρχεται πάνω από τον εξατμιστή ή το ψυγείο. Το ψυκτικό αποτέλεσμα της μονάδας μπορεί να μειωθεί αν δεν υπάρχει μεγάλη απαίτηση και το θερμό αέριο παρακάμπτει το σύστημα. Η συντήρηση αυτών των μηχανημάτων περιλαμβάνει ελέγχους στην μηχανή και το καθαρίσμα των φίλτρων. Τα φίλτρα αέρα στις κεντρικές μονάδες συνήθως πλένονται αλλά υπάρχει περίπτωση και να αντικατασταθούν.

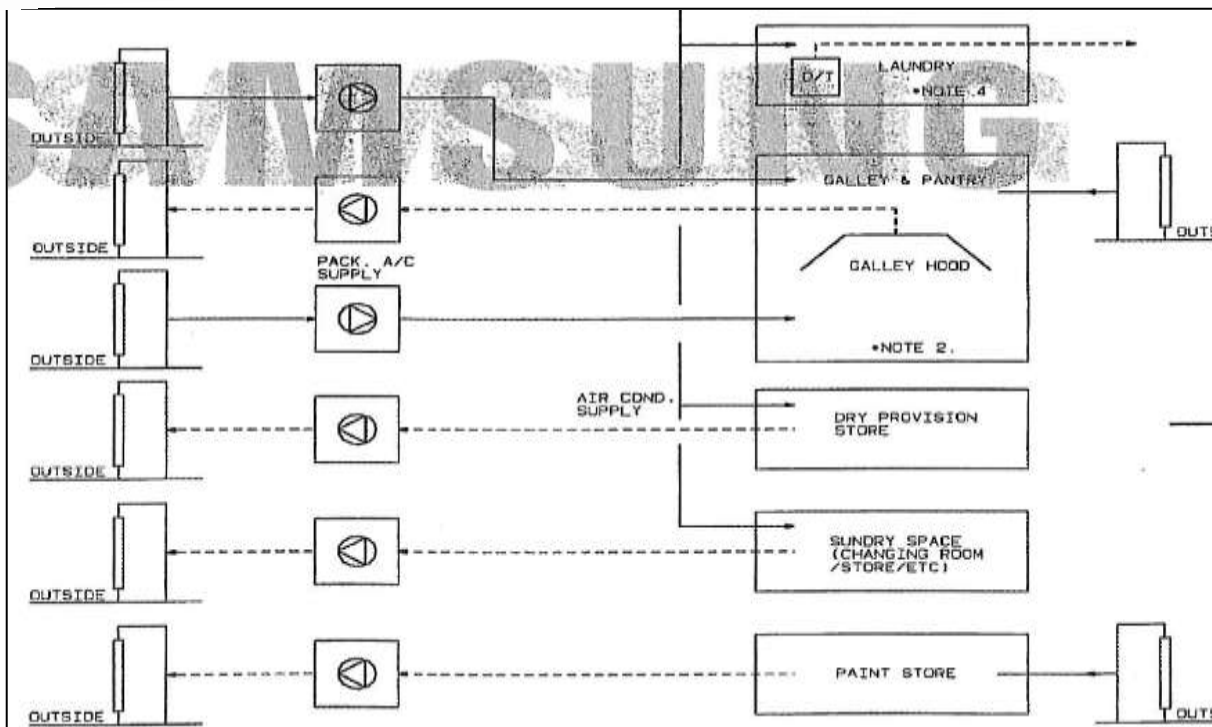


Σύστημα ψύξης απευθείας - εκτόνωσης για ένα ψυγείο (1) ψυγείο (2) θερμαντήρας αέρα (3) θερμό αέριο που παρακάμπτει το σύστημα (4) διαχωριστήρας λιπαντελαίου (5) συμπιεστής (6) συμπυκνωτής

Εικόνα 5.7 Σύστημα ψύξης Απευθείας εκτόνωσης (2)

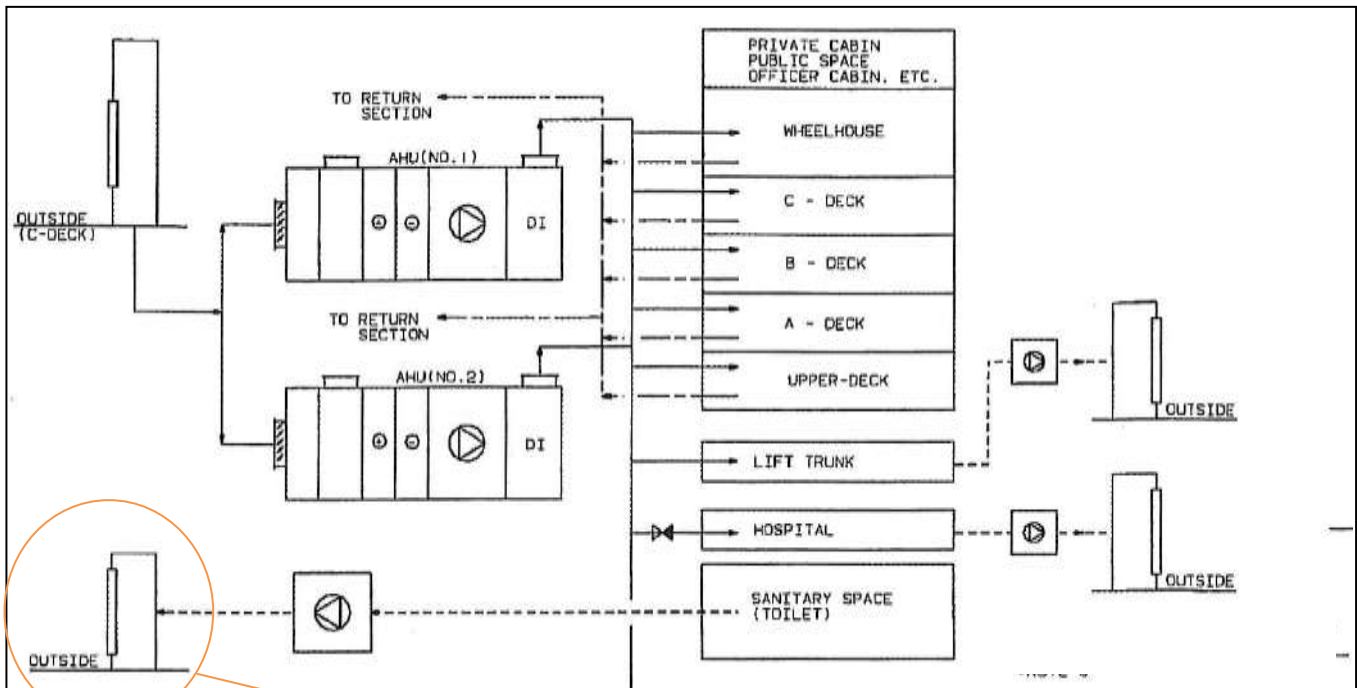


Εικόνα 5.8 Διάγραμμα θερμικής άνεσης (Μελέτη αμερικανικής ένωσης Μηχανικών Κλιματισμού και Θέρμανσης) (9)



Εικόνα 5.9 Αερισμός και κλιματισμός σε διάφορους χώρους του accommodation του πλοίου (8)

ΔΙΑΡΑΜΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ 1 (8 και *)



5.5 Διάγραμμα Κλιματισμού – Κλιματιστικές Μονάδες

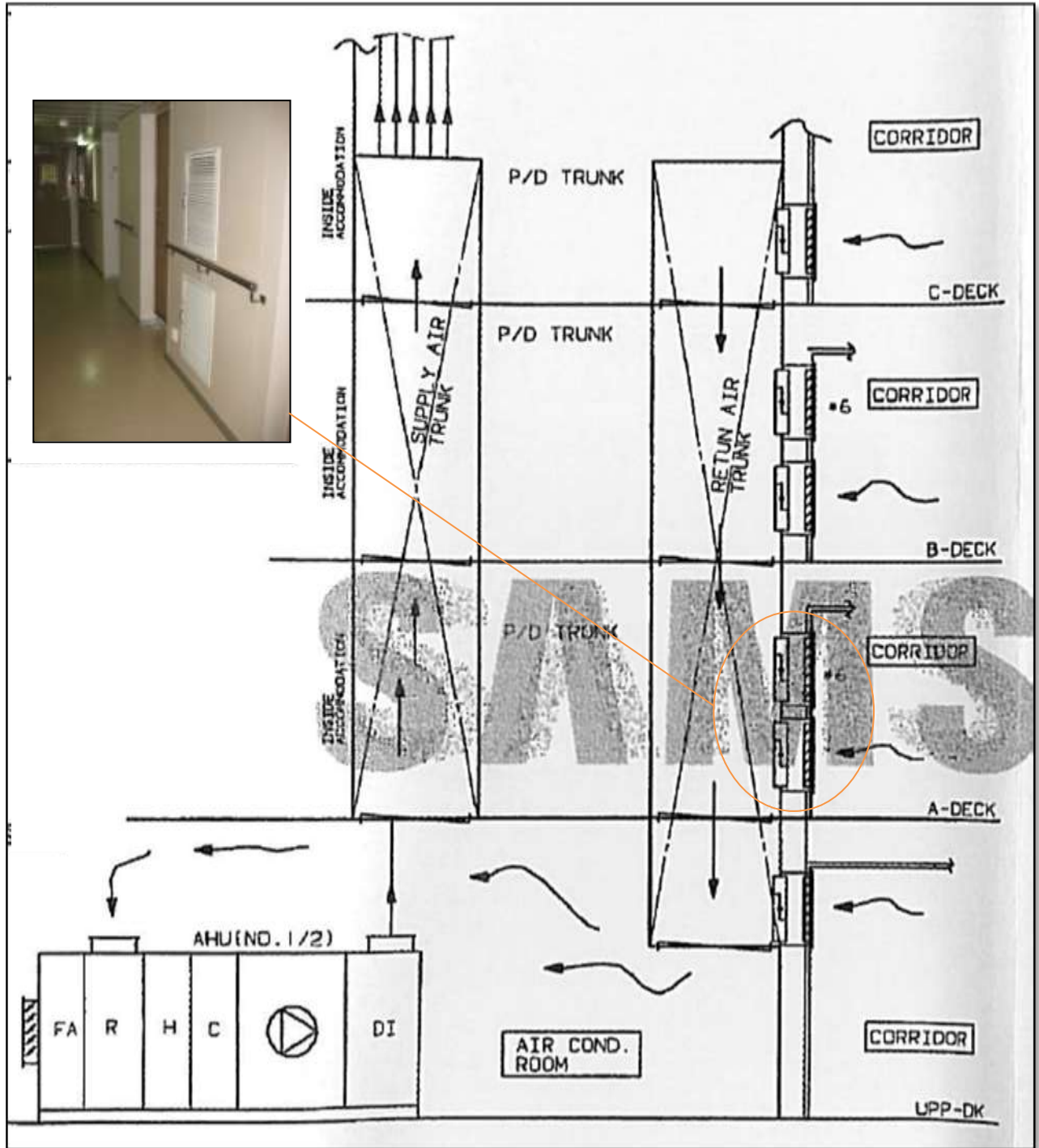
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα τυπικό μονογραμμικό διάγραμμα κλιματισμού που παρουσιάζει την διαδρομή του αέρα από την στιγμή που αναρροφάται από την ατμόσφαιρα μέχρι τη στιγμή που θα φτάσει στο προς κλιματισμό χώρο και από εκεί στην ατμόσφαιρα.

Στο επίπεδο του upper deck του accommodation είναι συνήθως εγκατεστημένο το σύστημα κλιματισμού του πλοίου σε ένα ειδικά διαμορφωμένο δωμάτιο (ειδικά μονωμένο). Ο αέρας εισέρχεται από ειδικές θυρίδες αερισμού, όπως φαίνεται στο «Διάγραμμα Κλιματισμού 1». Στη συνέχεια ο αέρας εισέρχεται στη **«μονάδα διαχείρισης του αέρα»** (εικ.5.10). Σε αυτό το στάδιο συνήθως αναμιγνύεται με αέρα ανακυκλοφορίας. Στη συνέχεια μέσα στην μονάδα διαχείρισης ρυθμίζεται η θερμοκρασία του αέρα. Το καλοκαίρι ο αέρας διέρχεται από τον ψύκτη και ψύχεται, ενώ το χειμώνα διέρχεται από τον εναλλάκτη θερμότητας, όπου συνήθως το μέσω εναλλαγής είναι ζεστός ατμός, και θερμαίνεται. Έπειτα ρυθμίζεται η σχετική υγρασία και από εκεί με ανεμιστήρες οδηγείται στους χώρους του accommodation. Τέλος ο αέρας οδηγείται πάλι στην ατμόσφαιρα με μηχανικά μέσα όπως φαίνεται στο «Διάγραμμα Κλιματισμού 1 και 2».


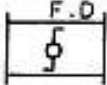

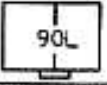













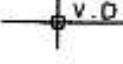





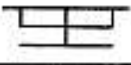


Σε κάθε πλοίο υπάρχουν πάντα 2 μονάδες κλιματισμού η κάθε μια από τις οποίες είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί στο 50% του φορτίου. Η εγκατάσταση 2 μονάδων γίνεται για λόγους ασφαλείας, ώστε αν προκύψει βλάβη εν πλω να μη μείνει το πλοίο χωρίς κλιματισμό. Οι μονάδες που αναφέρονται παραπάνω πρέπει να καλύπτουν τις ανάγκες κλιματισμού όλου του accommodation. Υπάρχουν όμως κάποιοι χώροι που συνήθως υπάρχει εγκατεστημένο ξεχωριστό και αυτόνομο σύστημα κλιματισμού. Τέτοιοι χώροι σε ένα πλοίο είναι το μαγειρείο, το ιατρείο και το κέντρο ελέγχου του μηχανοστασίου.

ΔΙΑΡΑΜΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ 2

(8 και *)



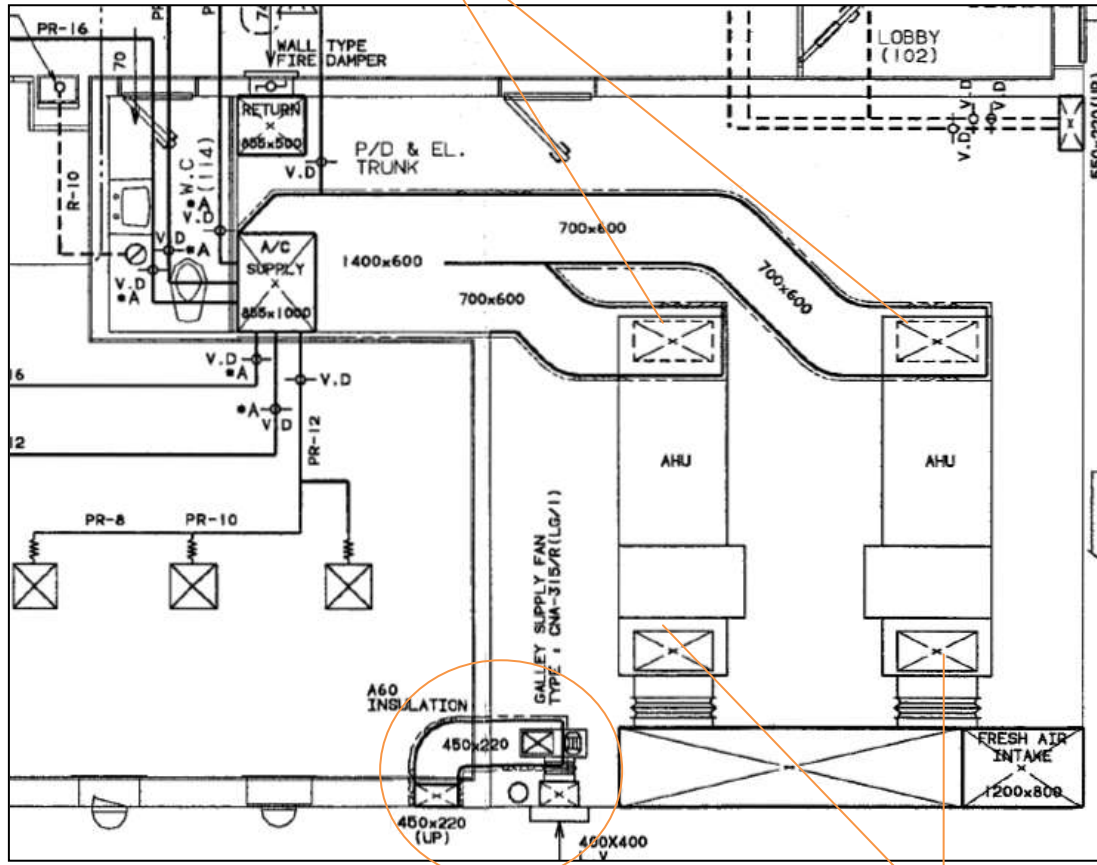
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ (8)

SYMBOL	DESCRIPTION	SYMBOL	DESCRIPTION
	CABIN UNIT TYPE MS25-C01		FIRE DAMPER
	CABIN UNIT TYPE MS25-P00		EXHAUST GRILL (MLG-90L)
	SUPPLY NOZZLE TYPE PK NO.6		EXHAUST GRILL (MLG-55L)
	EXHAUST TERMINAL TYPE KU-160		EXHAUST FAN
	EXHAUST TERMINAL TYPE KU-100	WW	FLEXIBLE HOSE
	AIR COND. SUPPLY AIR VOLUME M ³ /H NO. OF AIR CHANGE TIMES/HOUR		CENTRIFUGAL FAN (SUPPLY/EXHAUST)
	MECH. SUPPLY AIR VOLUME M ³ /H NO. OF AIR CHANGE TIMES/HOUR		CABIN UNIT TYPE MS35-C01
	SANITARY EXH. AIR VOLUME M ³ /H NO. OF AIR CHANGE TIMES/HOUR		CABIN UNIT TYPE MS35-P00
	MECH. EXH. AIR VOLUME M ³ /H NO. OF AIR CHANGE TIMES/HOUR		INDOOR VENTILATOR RGD
	VOLUME DAMPER		
	NON RETURN FLAP (SPIRAL DUCT)		
	GRILL WITH SHUTTER		
	AIR COND. SUPPLY DUCT		
	EXHAUST AIR DUCT		
	REDUCER		
	LOUVER VENTILATOR		
	MUSHROOM VENTILATOR		
	FIRE DAMPER		

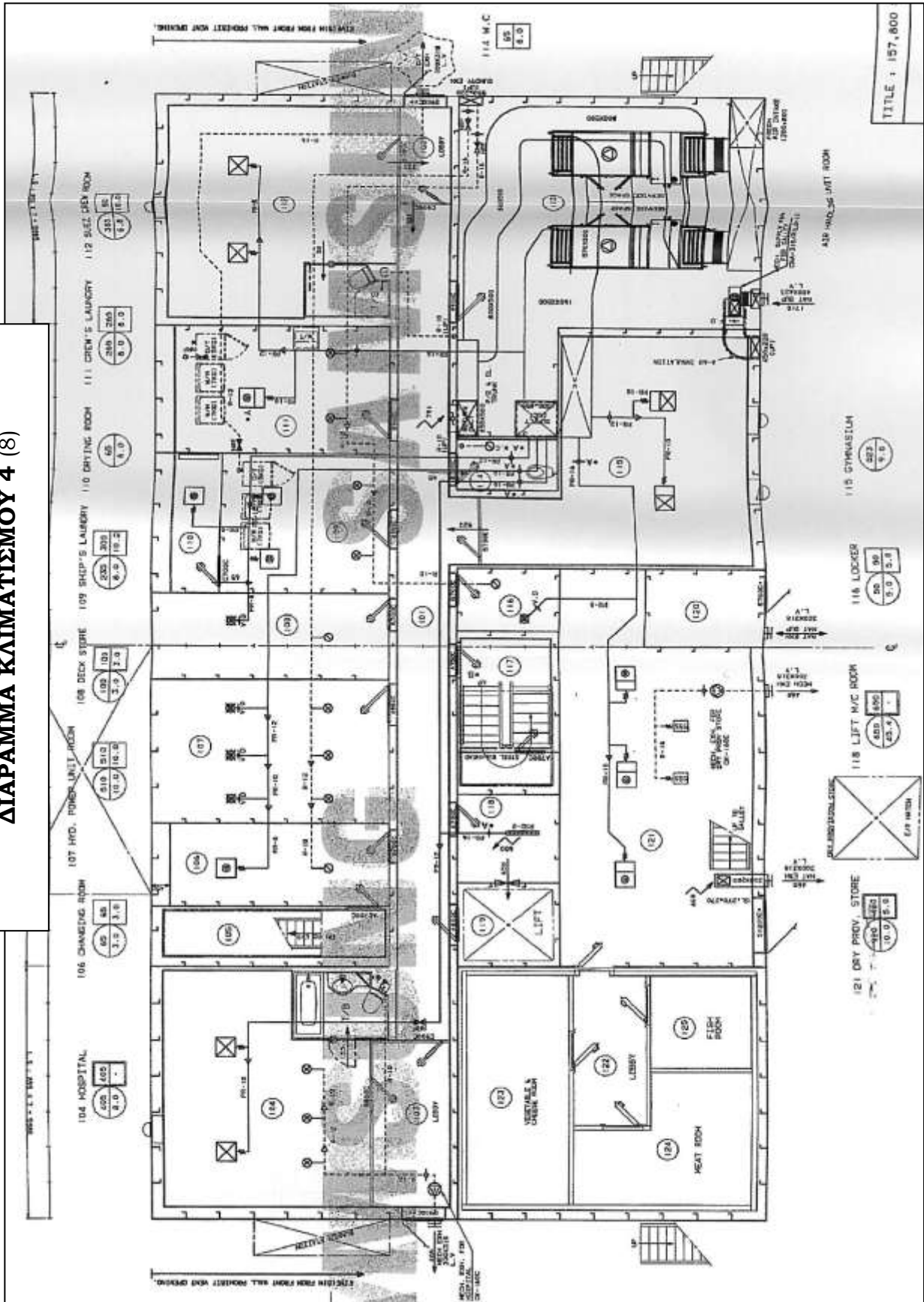


ΔΙΑΡΑΜΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ 3

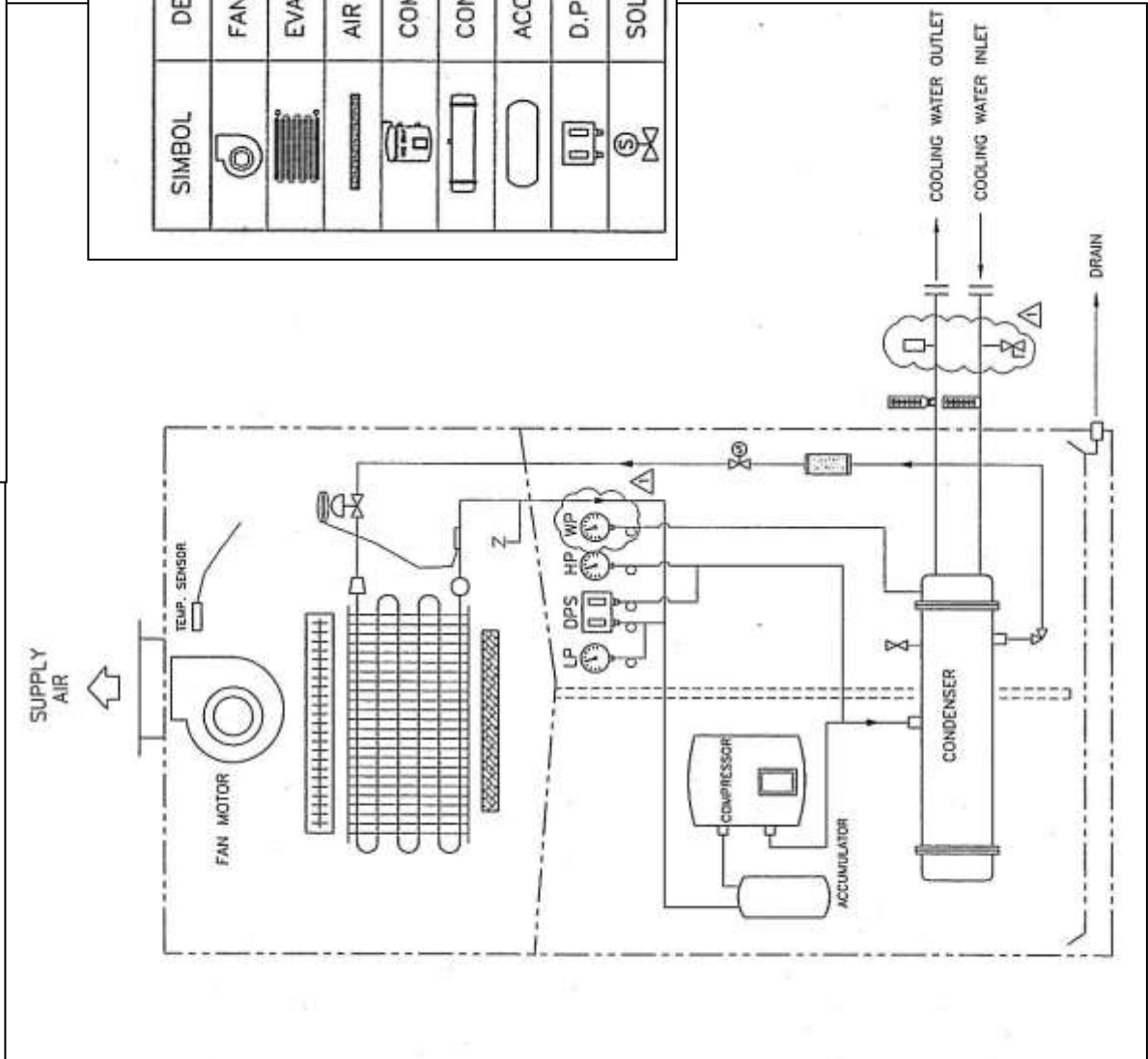
(15 κα1 *)



















ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ 4 (8)

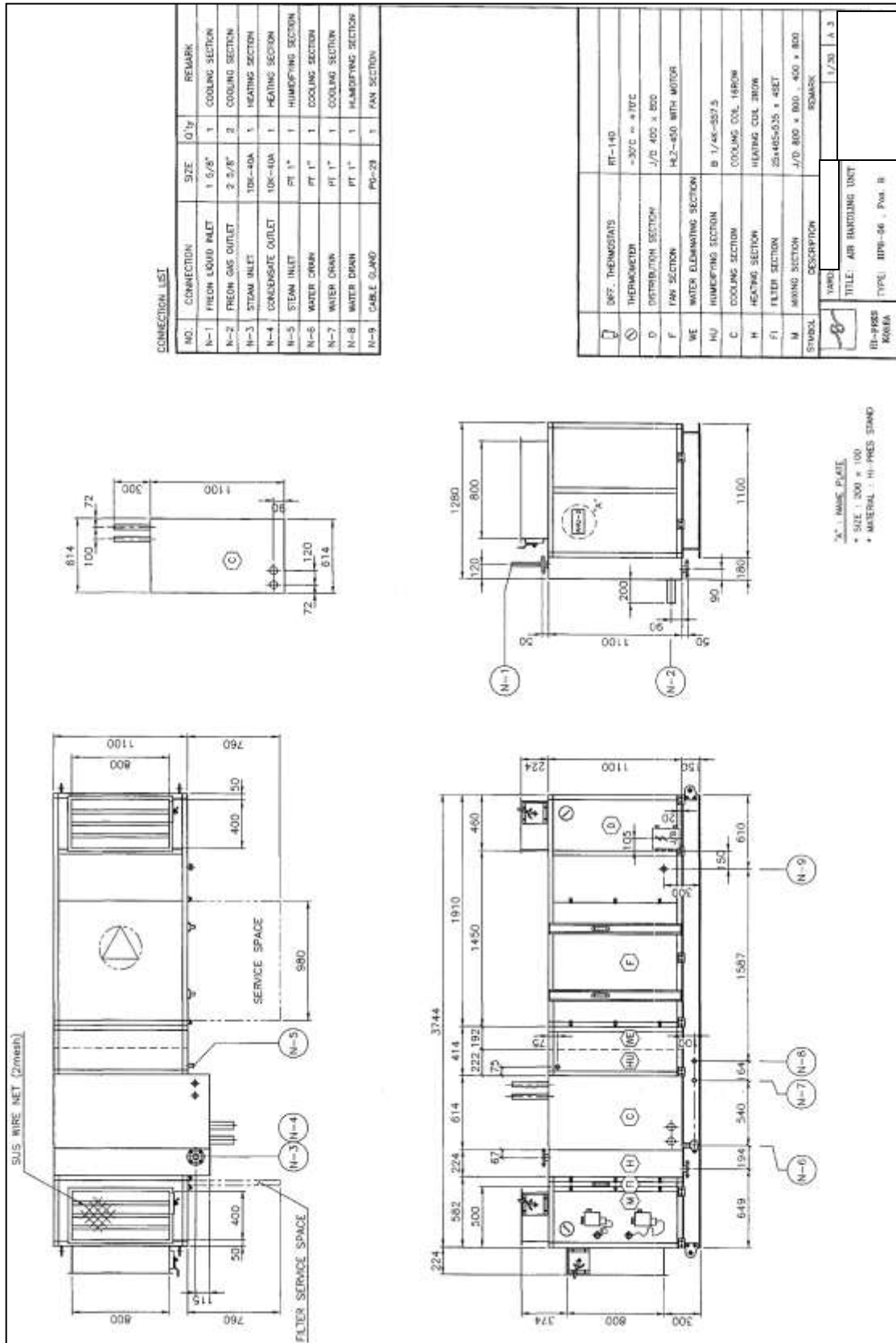


ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ (6)



PARTS TABLE

SIMBOL	DESCRIPTION	SIMBOL	DESCRIPTION
	FAN & MOTOR		EXPANSION V/V
	EVAPORATOR		PRESS. GAUGE
	AIR FILTER		FILTER DRIER
	COMPRESSOR		SAFETY V/V
	CONDENSER		SERVICE V/V
	ACCUMULATOR		TEMP. GAUGE
	D.P.S		CHARGING NIPPLE
	SOLENOID VALVE		ELECTRIC HEATER



Εικόνα 5.10 Μονάδα διαχείρισης αέρα (6)

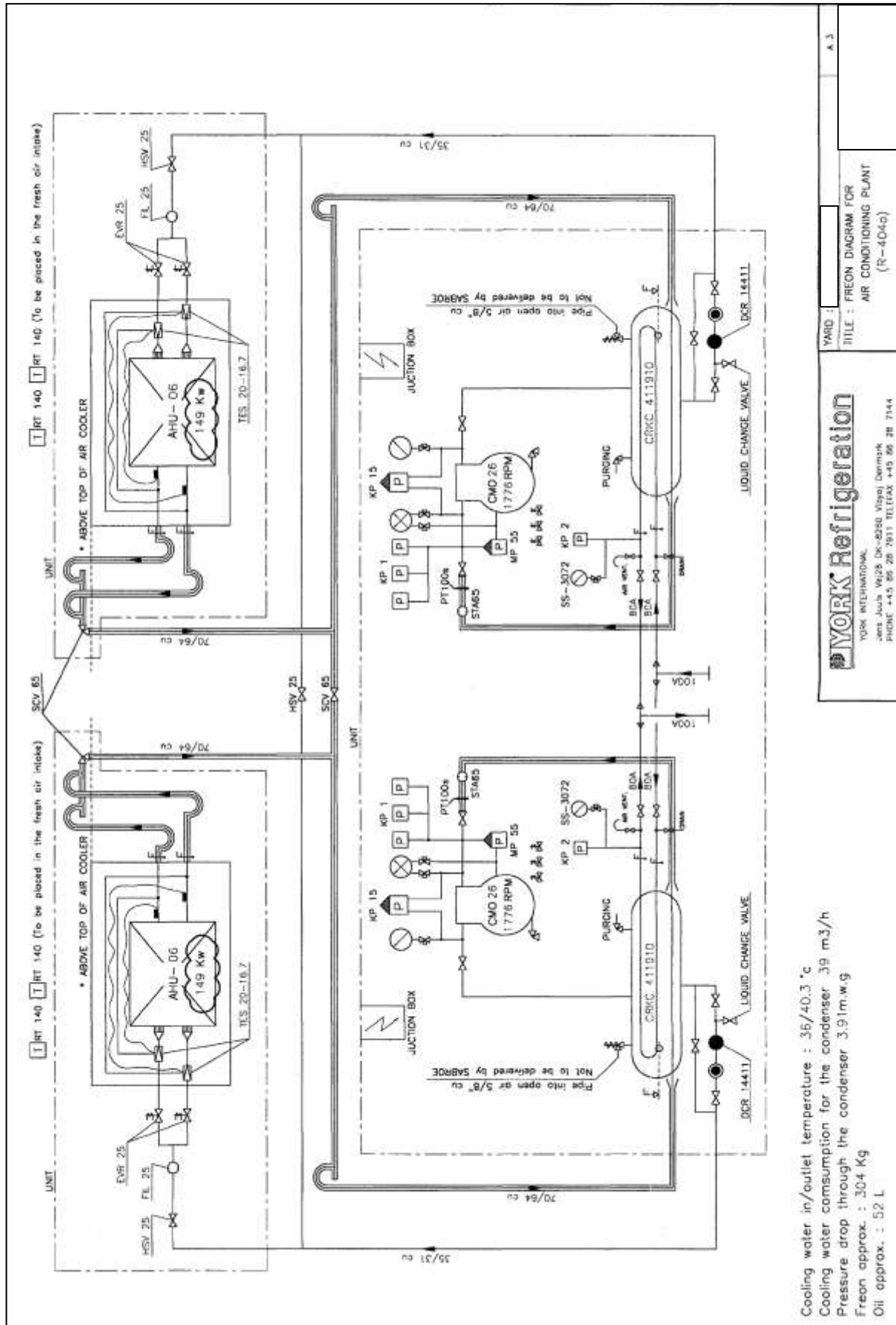
Στην εικόνα 5.11a και 5.11b, βλέπουμε τις μονάδες συμπύκνωσης κλιματιστικών εγκαταστάσεων δύο πλοίων που χρησιμοποιούν Freon R404a και R407c αντίστοιχα.

Παρατηρούμε ότι η ανάγκη αντικατάσταση του R404a από το R407c οδήγησε στην χρήση συμπιεστή με μικρότερες ονομαστικές στροφές, και σε αύξηση της κατανάλωσης στη μονάδα διαχείρισης του αέρα (AHU) από 149Kw σε 154Kw. Μπορεί η διαφορά να είναι μικρή αλλά σε ένα πλοίο που η ηλεκτροδότηση γίνεται από εξακύλινδρες ντιζελογεννήτριες, κάθε επιπλέον κατανάλωση λαμβάνεται υπόψη.

Εκτός όμως από την διαφορά στην απαιτούμενη ενέργεια βλέπουμε μια αύξηση στην κατανάλωση ψυκτικού από 304kg σε 535 kg (και για τις δύο μονάδες μαζί). Η αύξηση αυτή της τάξης του 75% σημαίνει μεγάλο οικονομικό κόστος για την ανανέωση του ψυκτικού. Στον πίνακα 5.1 βλέπουμε τις διαφορές σε διάφορες παραμέτρους των δύο συστημάτων.

Πίνακας 5.1 Παράμετροι R404a και R407c

	R404a	R407c
Θερμοκρασία νερού ψύξης στην είσοδο, οC	36	36
Θερμοκρασία νερού ψύξης στην έξοδο, οC	40.3	38.9
Κατανάλωση νερού ψύξης στο συμπυκνωτή, m ³ /h/unit	39	59.5
Πτώση πίεσης στο συμπυκνωτή, m.w.g	3.91	3.95
Απαιτήσεις σε λιπαντικό, lit/πλοίο	52	80



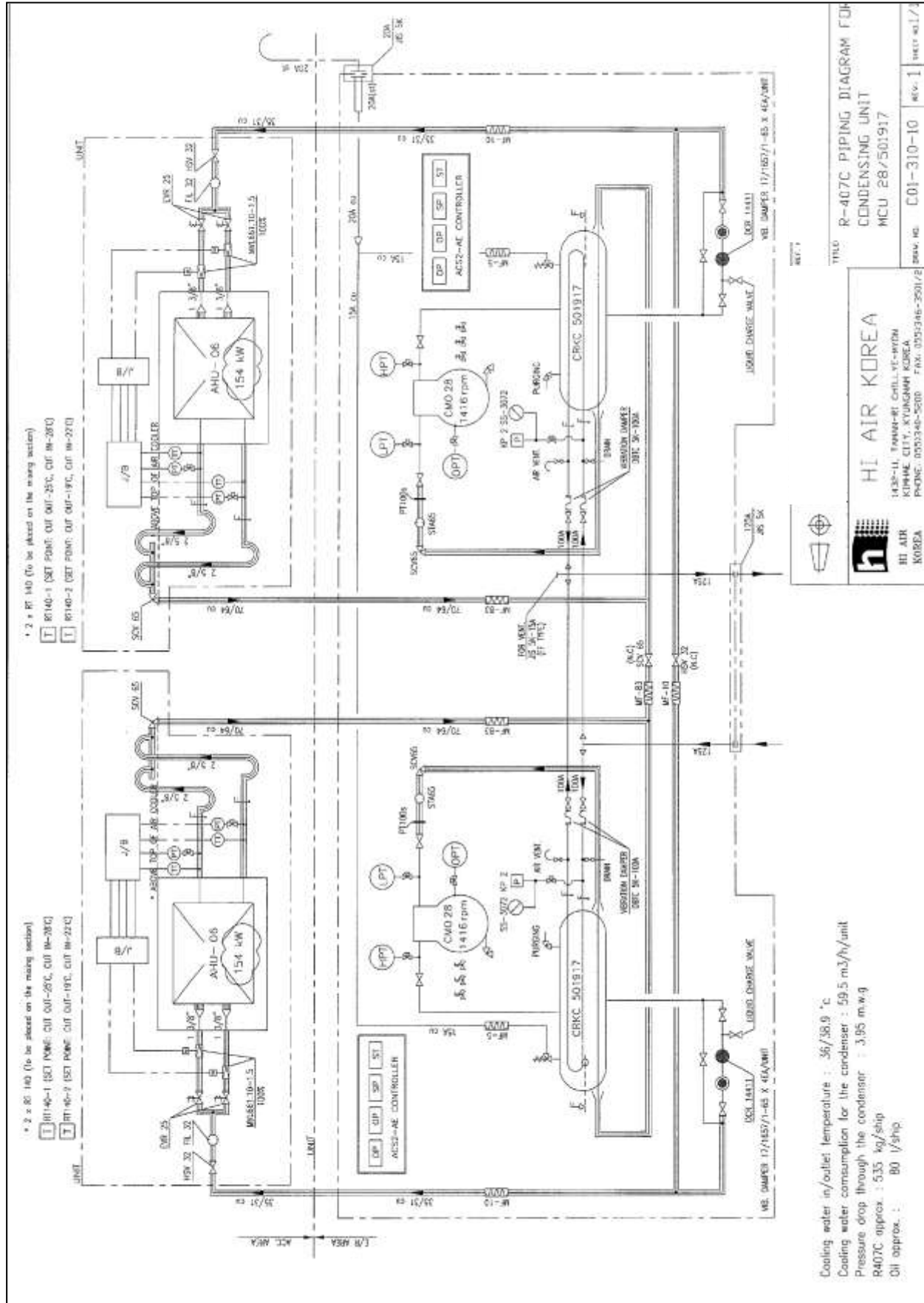
Cooling water in/outlet temperature : 35/40.3 °C
 Cooling water consumption for the condenser 39 m³/h
 Pressure drop through the condenser 3.91m.w.g
 Freon approx. : 304 Kg
 Oil approx. : 52 L

YORK Refrigeration
 YORK INTERNATIONAL
 Jørgen Jacobs Vej 25, DK-8250 Viborg Denmark
 PHONE : +45 86 26 7011 TELEFAX +45 86 28 7144

YARD :
 TITLE : FREON DIAGRAM FOR
 AIR CONDITIONING PLANT
 (R-404a)

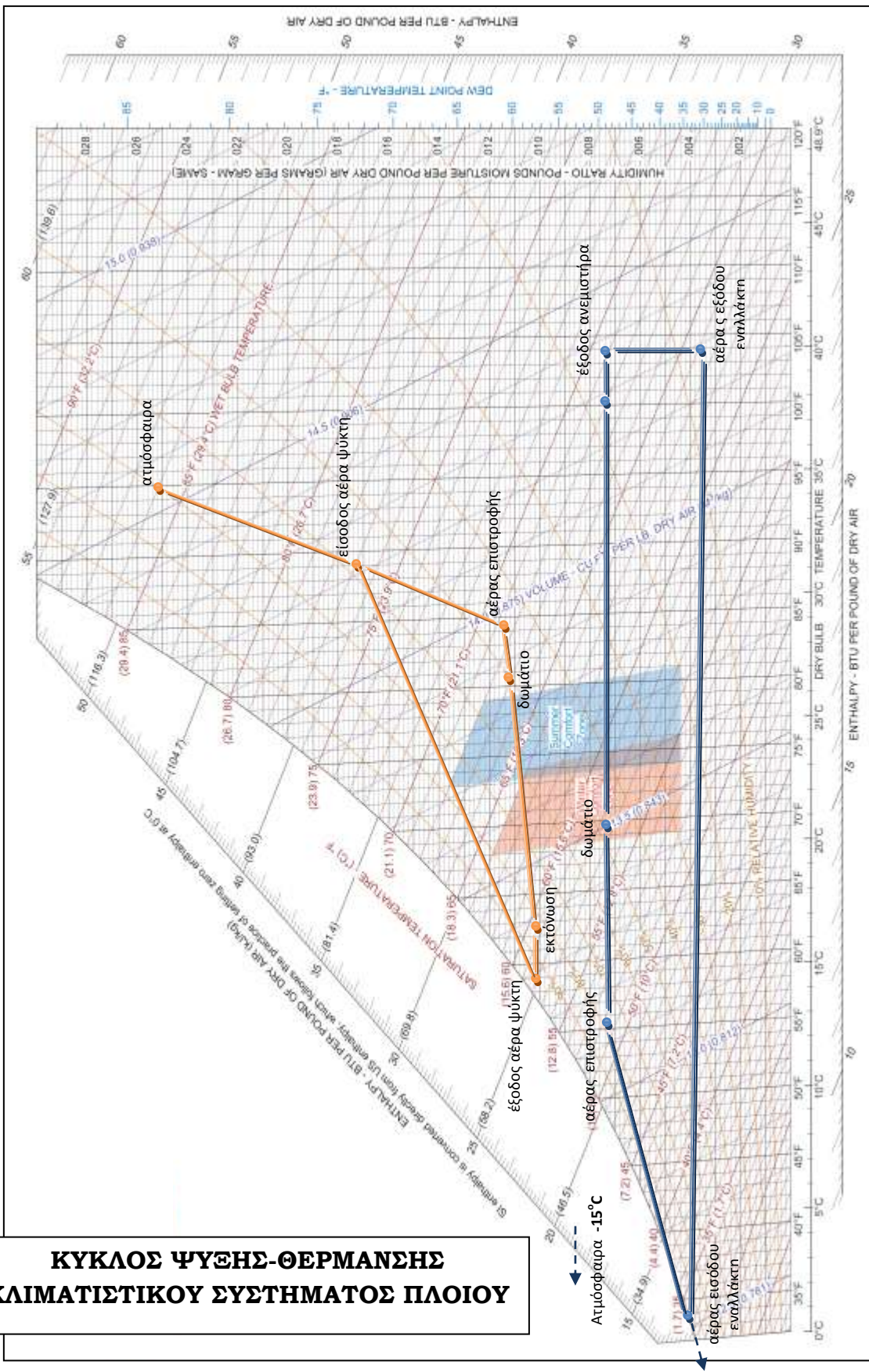
A.3

Εικόνα 5.11α Μονάδα Συμπύκνωσης R-404a (6)



Εικόνα 5.1.1b Μονάδα Συμπύκνωσης R-407c (7)

**ΚΥΚΛΟΣ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΟΙΟΥ**





6. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

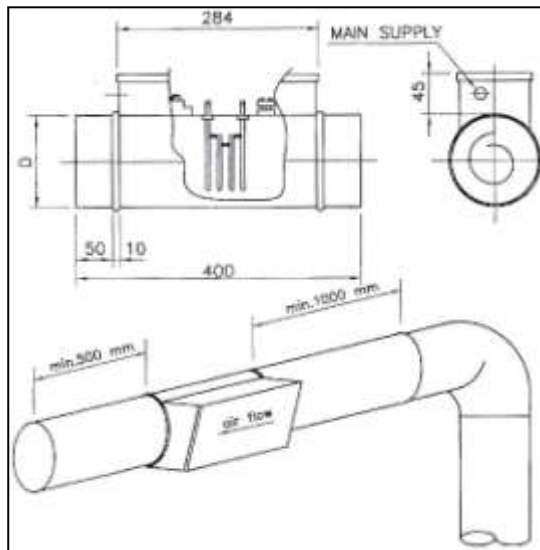
6.1 Σωληνώσεις

Ο ψυχόμενος αέρας φτάνει στους κλιματιζόμενους και αεριζόμενους χώρους μέσω δικτύου σωληνώσεων. Όπου υφίσταται μηχανικός αερισμός οι σωλήνες πρέπει να είναι σπειρωτοί ή να έχουν ορθογωνική διατομή. Το υλικό κατασκευής τους είναι γαλβανιζέ ατσάλι. Οι αεραγωγοί πάνω από την κουζίνα έχουν ειδικό φίλτρο από ανοξείδωτο ατσάλι για τα λύπη. Τα άκρα των σωληνώσεων που είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες πρέπει να έχουν συρμάτινο δίκτυ, και ατσάλινη σήτα με καπάκι για τα έντομα.



Εικόνα 6.1 Σπειρωτοί - Γαλβανιζέ σωλήνες (12)

Κάποιες φορές στο δίκτυο ενσωματώνονται ηλεκτρικούς θερμαντήρες αγωγών. Οι θερμαντήρες αυτοί είναι είτε κυκλικής είτε ορθογωνικής διατομής. Το κέλυφος του θερμαντήρα είναι από κράμα ψευδάργυρου, ενώ το θερμαντικό σώμα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα και η θερμαντική ισχύς είναι $2,8W/cm^2$. Όταν ο αέρας



Εικόνα 6.2 Ηλεκτρικός θερμαντήρας (6)

που κυκλοφορεί στον αγωγό είναι κάτω από $50^{\circ}C$, τότε μέσω θερμοστάτη ενεργοποιείται ο θερμαντήρας. Σε περίπτωση που αέρας υπερβεί τους $80^{\circ}C$ τότε ενεργοποιείται ο διακόπτης ασφαλείας και ο θερμαντήρας σταματάει να λειτουργεί. Ένας ακόμα αυτοματισμός που έχουν οι θερμαντήρες είναι αυτός που τους επιτρέπει να λειτουργούν μόνο αν είναι σε λειτουργία οι ανεμιστήρες του δικτύου. Για την σωστή λειτουργία του συστήματος η ταχύτητα του αέρα δεν πρέπει να είναι κάτω από $1,5m/s$.

Η συνιστώμενη ταχύτητα είναι 3m/s. Παρακάτω δίνεται ο τύπος που υπολογίζει την συνολική απαιτούμενη ισχύ συναρτήσει της παροχής του αέρα και της μεταβολής της θερμοκρασίας.

$$P = \frac{Q \cdot L \cdot C_p \cdot \Delta_t}{0.86} \times 1.05W \quad (6.1)$$

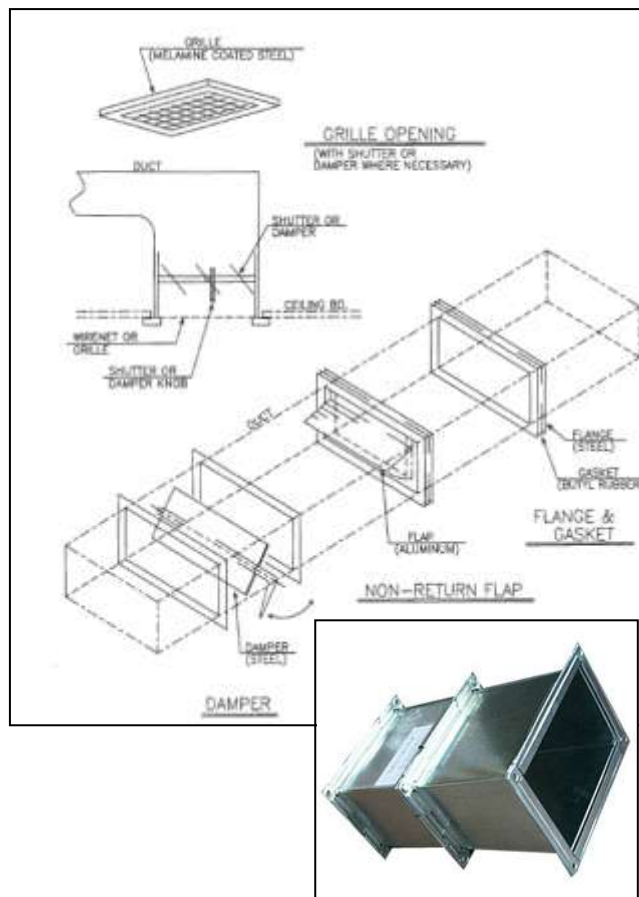
Όπου,

Q είναι η ροή αέρα σε m³/h

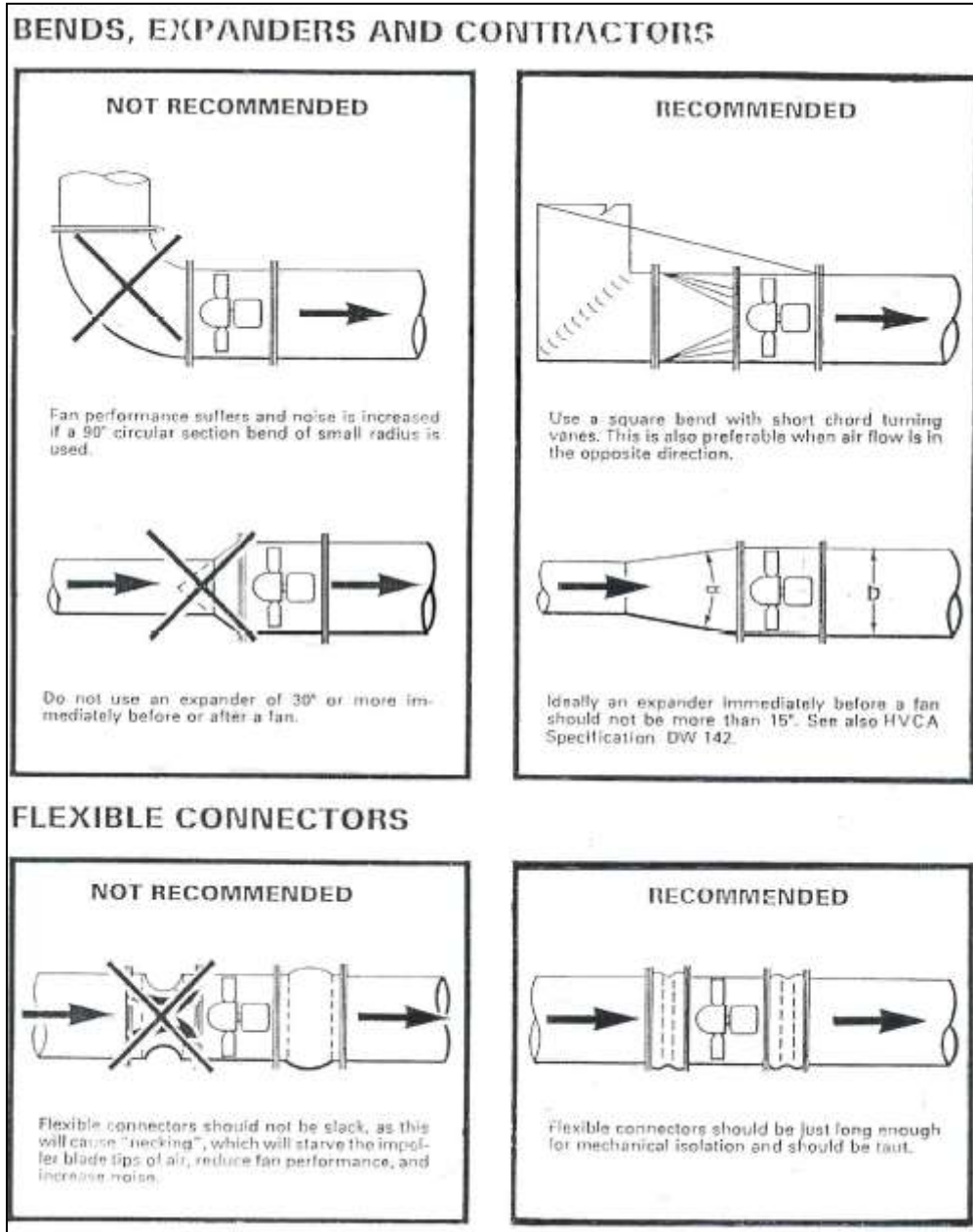
L είναι η πυκνότητα αέρα σε kg/m³

C_p είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα (0,24 kcal/kg °C)

Δt είναι η αύξηση της θερμοκρασίας σε °C



Εικόνα 6.3 σωλήνας ορθογωνικής διατομής (6)



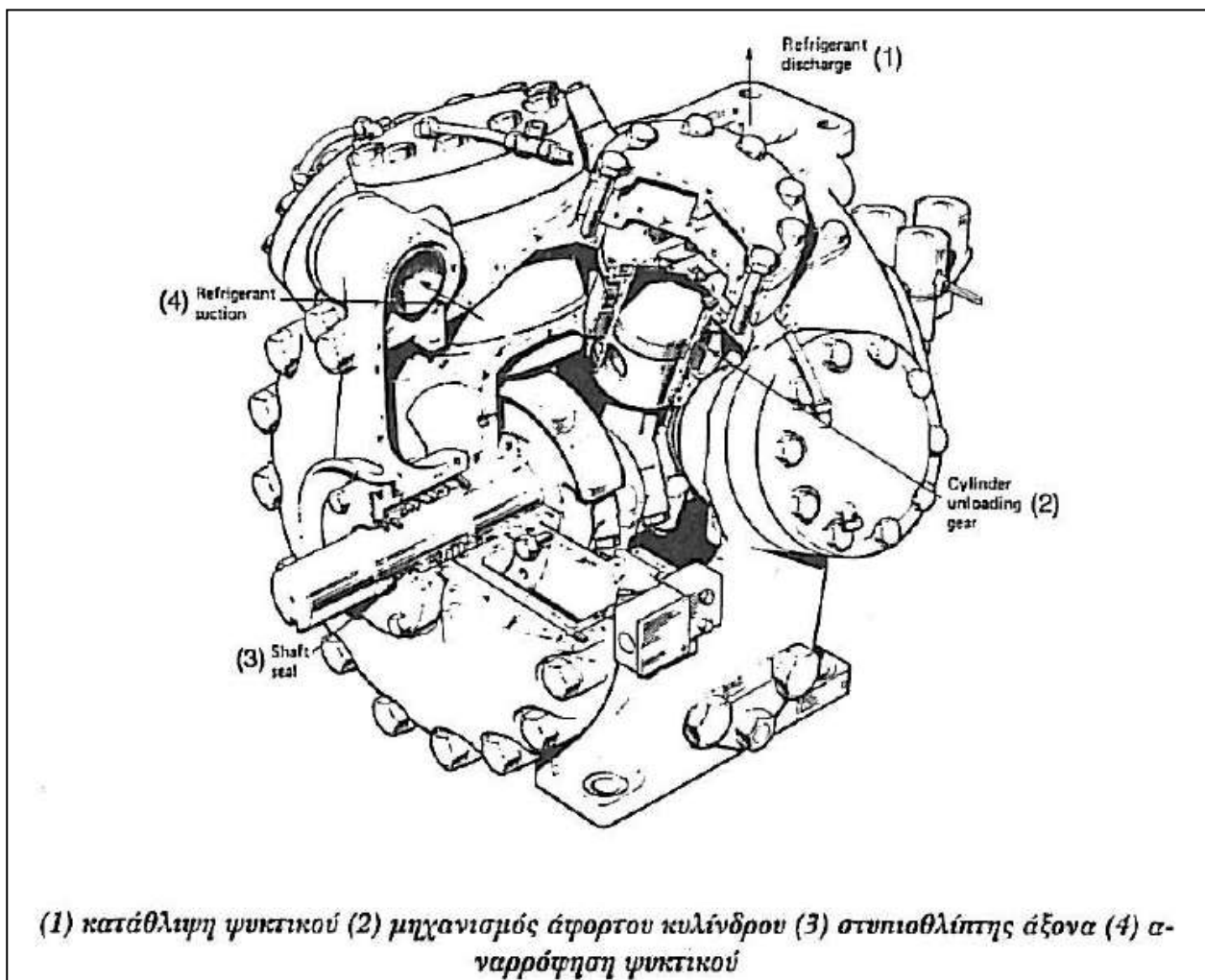
Εικόνα 6.4 Εγκατάσταση Δικτύου (6)

6.2 Συμπιεστές

Υπάρχουν τρεις τύποι συμπιεστών που χρησιμοποιούνται στα πλοία, οι φυγοκεντρικοί, οι παλινδρομικοί και οι κοχλιωτοί.

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται στα ψυκτικά 11 ή 12 και η εφαρμογή τους περιορίζεται σε μεγάλες εγκαταστάσεις κλιματισμού αέρα. Η εμφάνισή τους είναι παρόμοια με αυτή των οριζόντιων φυγοκεντρικών αντλιών και δύναται να είναι ενός ή περισσότερων σταδίων.

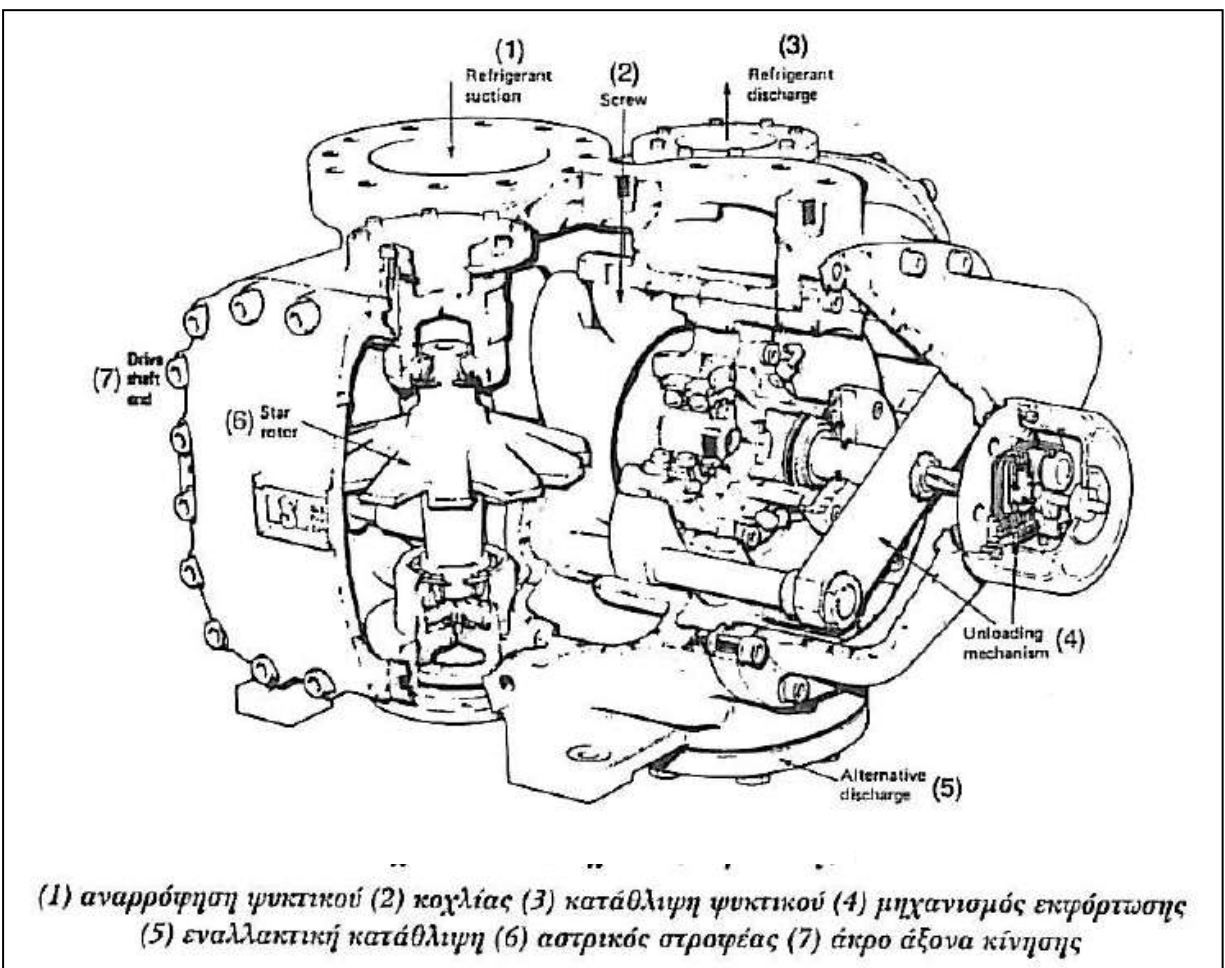
Οι παλινδρομικοί συμπιεστές καλύπτουν όλο το φάσμα των απαιτήσεων ψύξης στα πλοία, από τον κλιματισμό αέρα μέχρι τις εγκαταστάσεις ψύξης



Εικόνα 6.5 Παλινδρομικός συμπιεστής (2)

φορτίου σε χαμηλή θερμοκρασία. Είναι συνήθως συμπαγούς σχεδίασης και από άποψη σχήματος είναι γραμμικοί, V ή W. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας 4-κύλινδρος συμπιεστής. Η διάταξη κατασκευής και η αρχή λειτουργίας είναι παρόμοια από πολλές απόψεις με έναν αεροσυμπιεστή.

Για εφαρμογές χαμηλής θερμοκρασίας η μηχανή μπορεί να διευθετείται όπως ένας συμπιεστής δύο-σταδίων και ορισμένες μηχανές κατασκευάζονται έτσι ώστε αυτές να μπορούν να εναλλάσσονται από ενός σε δύο στάδια ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου. Καθώς ο στροφαλοθάλαμος υπόκειται στην πίεση του ψυκτικού, απαιτείται η ύπαρξη στυπιοθλύπτη στον άξονα κίνησης για την αποφυγή ροής του ψυκτικού εκτός του συμπιεστή ή η είσοδος του αέρα σ' αυτόν. Σε ημι-ερμητικές ή ερμητικές μηχανές το πρόβλημα αυτό αποφεύγεται καθώς ο κινητήρας και ο συμπιεστής βρίσκονται σε ένα περίβλημα.



Εικόνα 6.6 Απλός-κοχλιωτός συμπιεστής (2)

Οι κοχλιωτοί συμπιεστές είναι αυτοί που αντικατέστησαν τους παλινδρομικούς συμπιεστές σε μεγάλες εγκαταστάσεις για δύο λόγους. Πρώτον χρησιμοποιούνται οι λιγότερες και περισσότερο συμπαγείς μηχανές και δεύτερον ο μειωμένος αριθμός των λειτουργούντων μερών δίνει μεγαλύτερη αξιοπιστία και μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης. Υπάρχουν δύο τύποι κοχλιωτών συμπιεστών, ο ένας χρησιμοποιεί δύο στροφείς σε κάθε πλευρά. Καθώς οι αστρικοί τροχοί συμπιέζουν το αέριο σε αντίθετες κατευθύνσεις, εξισορροπείται η ώση επ' αυτού του τύπου στροφέα. Η αρχή λειτουργίας είναι παρόμοια προς την αντλία κοχλιωτού τύπου θετικής εκτόπισης.

Για την επίτευξη της φραγής μεταξύ των στροφών εισάγεται λιπαντέλαιο στο συμπιεστή. Για την αποφυγή μεταφοράς λιπαντελαίου στο σύστημα ο διαχωριστήρας ελαίου είναι μεγαλύτερος και πιο πολύπλοκος από εκείνον που συνήθως συνδέεται με έναν παλινδρομικό συμπιεστή. Επίσης επειδή ένα μέρος της θερμότητας συμπίεσης μεταφέρεται στο λιπαντέλαιο πρέπει να τοποθετείται ένα μεγαλύτερο ψυγείο λιπαντελαίου το οποίο μπορεί να ψύχεται είτε με νερό ή με ψυκτικό μέσο.

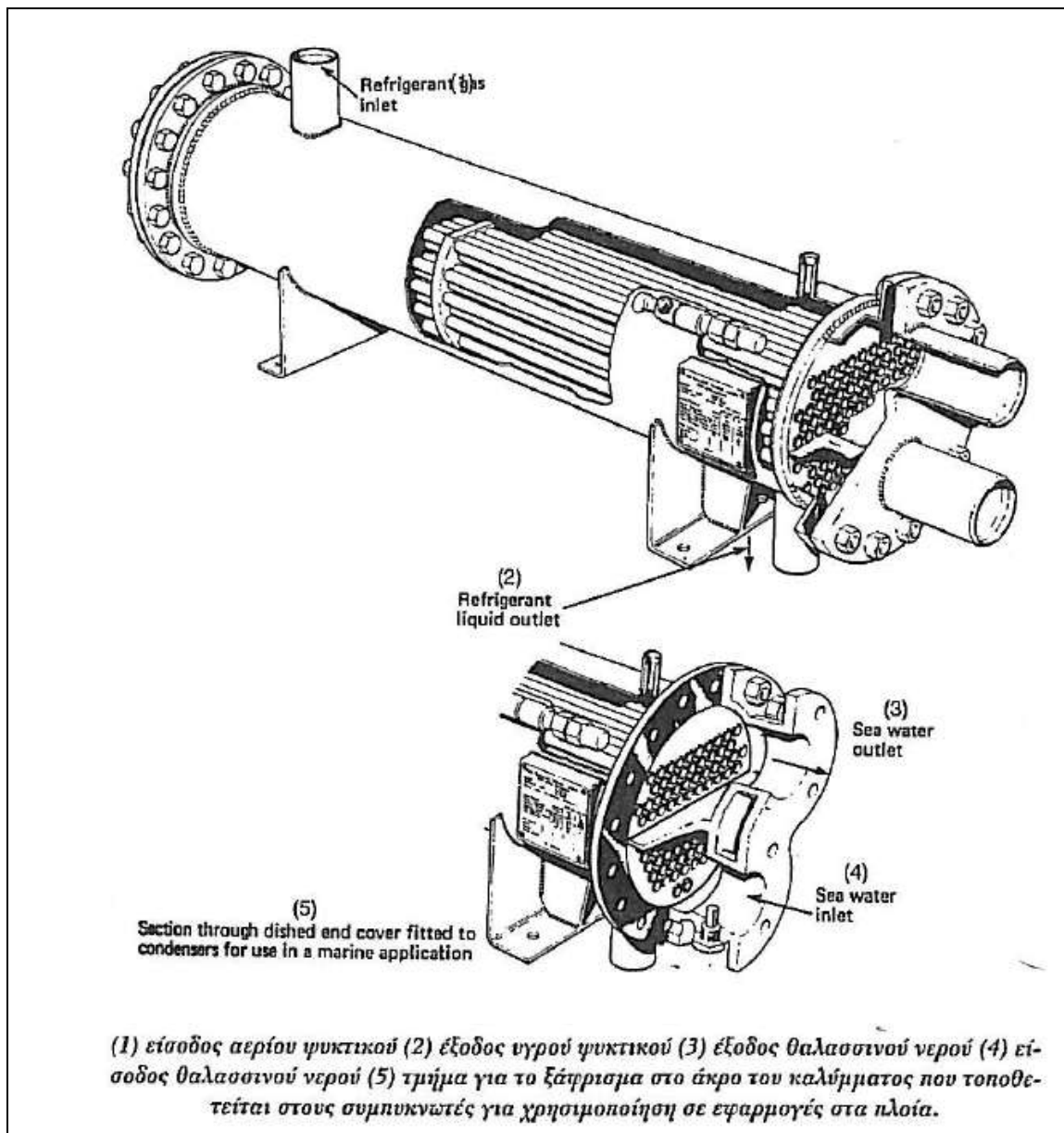


Εικόνα 6.7 Παλινδρομικός συμπιεστής CMO 26 με διαχωριστή λαδιού, για ψυκτικό R22 (6)

Επειδή οι εναλλασσόμενου ρεύματος κινητήρες που κινούν τους συμπιεστές είναι συνήθως απλής ταχύτητας, κάποια μορφή μηχανισμού εκφόρτωσης του κυλίνδρου είναι αναγκαία για την μείωση της δυναμικότητας του συμπιεστή. Αυτός ο μηχανισμός εκφόρτωσης συνήθως περιλαμβάνει ένα μέσο συγκράτησης με άνοιγμα των βανών αναρρόφησης.

6.3 Συμπυκνωτές

Οι συμπυκνωτές γενικά είναι υδρόψυκτοι, τύπου κελύφους και αυλών. Μια τυπική μονάδα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα όπου το ψυκτικό περνά πάνω από τους αυλούς και το νερό ψύξης διέρχεται μέσα από αυτούς. Στην περίπτωση συμπυκνωτών που ψύχονται με θαλασσινό νερό είναι συνηθισμένο αυτό να έχει δύο διόδους μέσω των αυλών. Όταν οι συμπυκνωτές είναι μήλους 3 μέτρων και

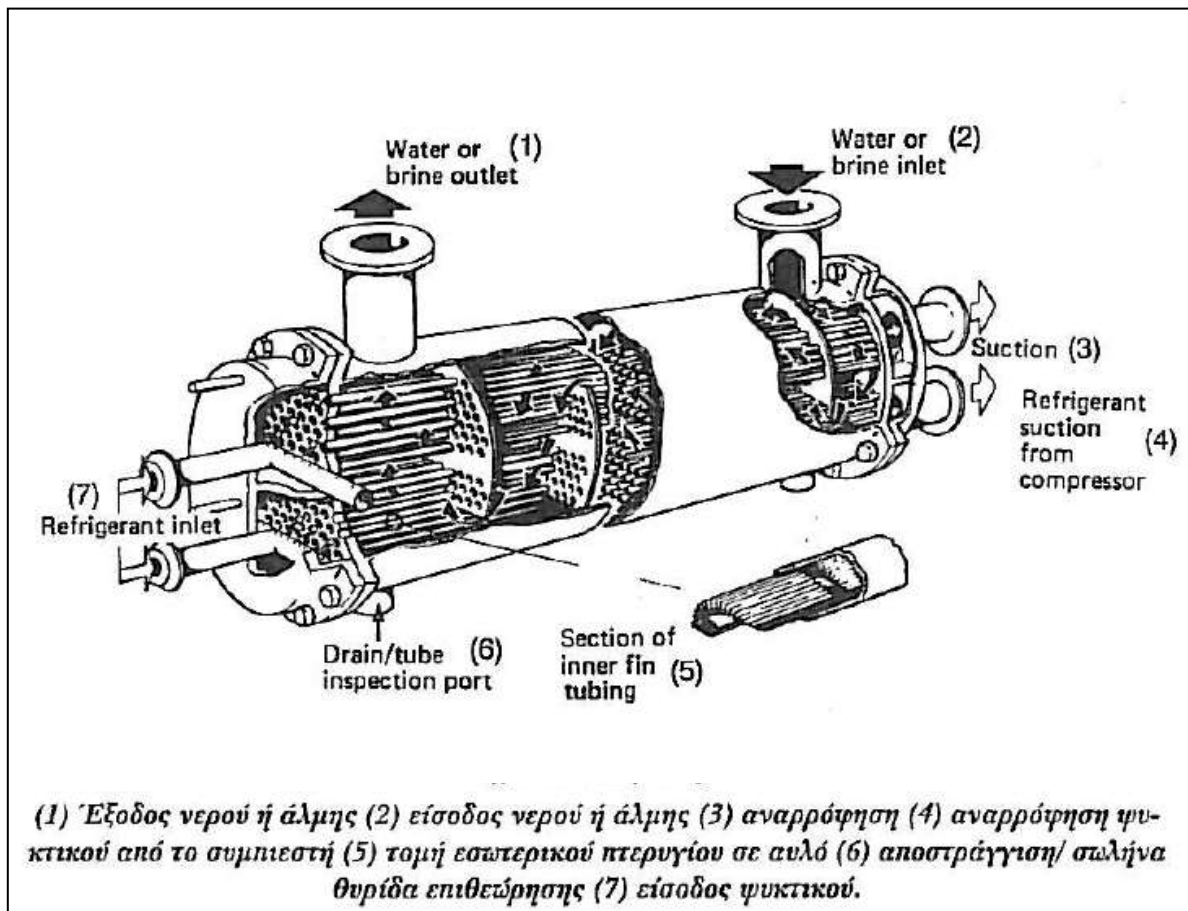


Εικόνα 6.8 Συμπυκνωτής (2)

πάνω μεταξύ των ελασμάτων των αυλών, είναι συνηθισμένο να έχουμε διπλές εξόδους ψυκτικού υγρού έτσι ώστε το ψυκτικό να αποστραγγίζει εύκολα μακριά όταν στο πλοίο υπάρχει διατοιχισμός ή προνευστασμός.

6.4 Εξατμιστές

Οι εξατμιστές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους εξατμιστές της πρώτης κατηγορίας το ψυκτικό ψύχεται στον αέρα ενώ της δεύτερης από δευτερεύον ψυκτικό. Ο πιο απλός εξατμιστής, της πρώτης κατηγορίας, έχει τη μορφή δέσμης αυλών με μια εκτεταμένη επιφάνεια βραγχίων ή πτερυγίων. Σ' αυτούς το ψυκτικό εκτονώνεται στους αυλούς ενώ ο αέρας διέρχεται πάνω από τα πτερύγια με τη βοήθεια ανεμιστήρων κυκλοφορίας. Αυτός ο τύπος μονάδας βρίσκεται στα οικιακά ψυγεία στα οποία ο ανεμιστήρας και η σερπαντίνα αποτελούν ένα 'σύνολο και μια μεγαλύτερη παραλλαγή είναι η απευθείας εκτόνωση στο φορτίο ή στο σύστημα



Εικόνα 6.9 Εξατμιστής (2)

κλιματισμού όπου ο ανεμιστήρας ή οι ανεμιστήρες μπορεί να είναι μακριά. Μια περισσότερο πολύπλοκη σχεδίαση χρησιμοποιείται για ψύξη με δευτερεύον ψυκτικό που λαμβάνει την μορφή ενός κελύφους και αυλού. Ένας τέτοιος τύπος παρουσιάζεται φαίνεται σε παρακάτω σχήμα και χρησιμοποιεί την απευθείας εκτόνωση.

Στην περίπτωση αυτή το ψυκτικό διέρχεται μέσω αυλών και το δευτερεύον ψυκτικό διέρχεται πάνω από την δέσμη των αυλών. Το ψυκτικό ψεκάζεται στους αυλούς έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μια ακόμα διανομή μέσω όλων των αυλών. Οποιαδήποτε ποσότητα λιπαντελαίου δεν ψεκάζεται, αποστραγκίζεται. Σ' αυτόν τον τύπο εξατμιστή χρησιμοποιούνται δύο χαρακτηριστικά για την βελτίωση της απόδοσης μεταφοράς θερμότητας. Στην πλευρά του ψυκτικού υπάρχει ένας κεντρικός αυλός με σπειροειδές περύγιο τοποθετημένο γύρω του ή εισαγόμενο δυνατόν να έχει τη μορφή ενός αστέρα αλουμινίου ο οποίος έχει μια σπειροειδή συστροφή σε αυτόν. Επίσης ελάσματα τοποθετούνται στην πλευρά της άλμης για την εκτροπή της κατά μήκος της δέσμης των αυλών.

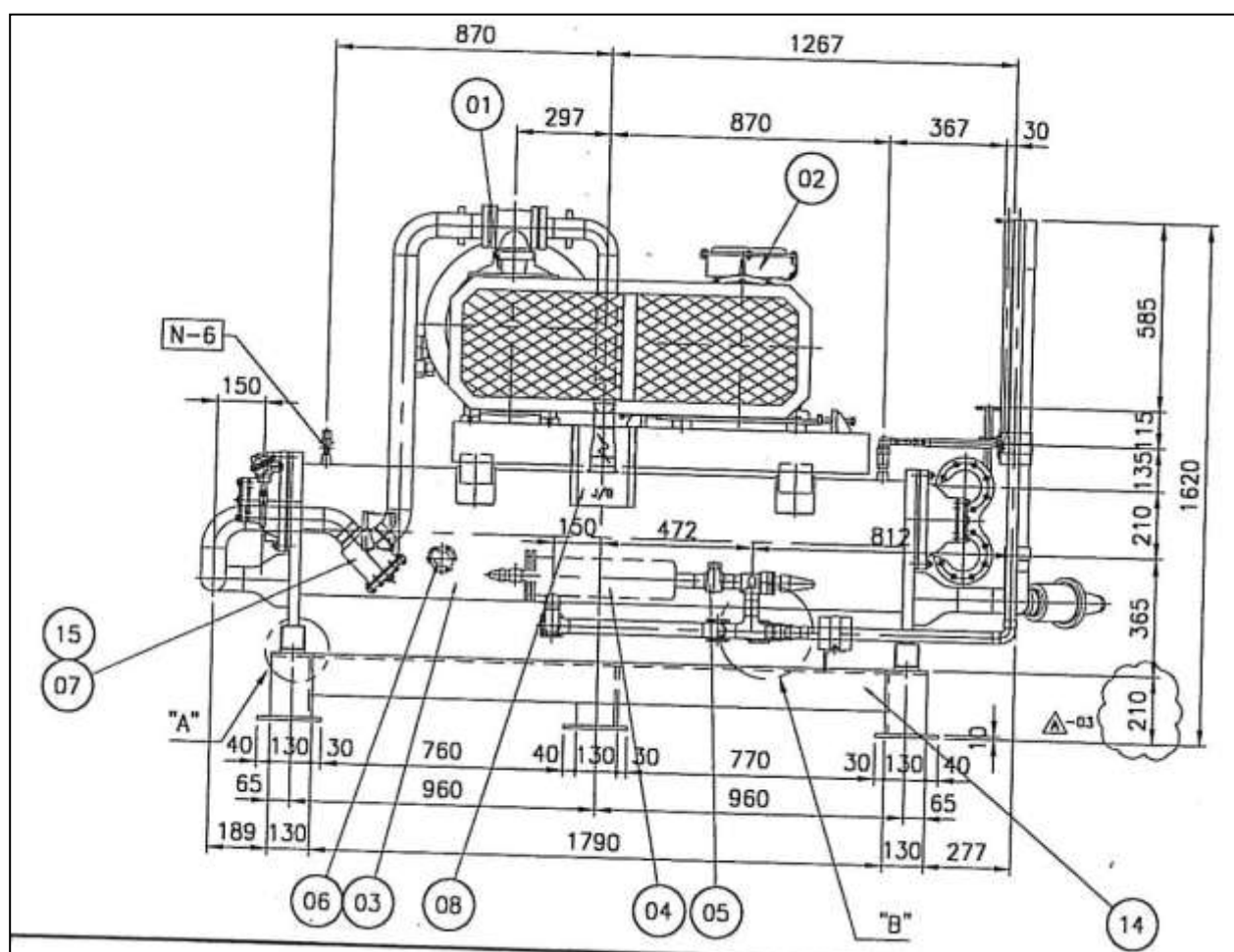


32°C condensing
water temperature,
+5°C evaporating
temperature,
Refrigerants R22,
R404A, R407C, R507

Εικόνα 6.10 Μονάδα συμπύκνωσης κλιματιστικής εγκατάστασης (δύο ίδιες μονάδες μια για κάθε AHU) (*)

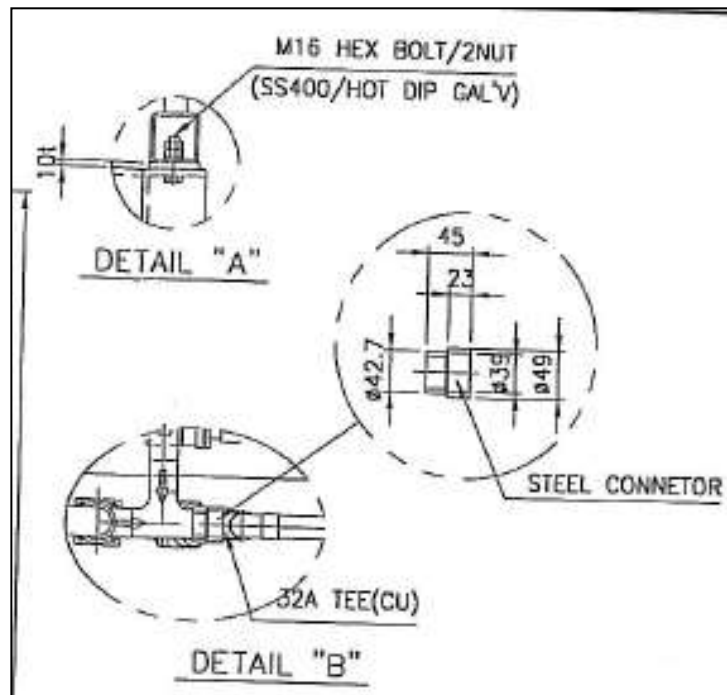
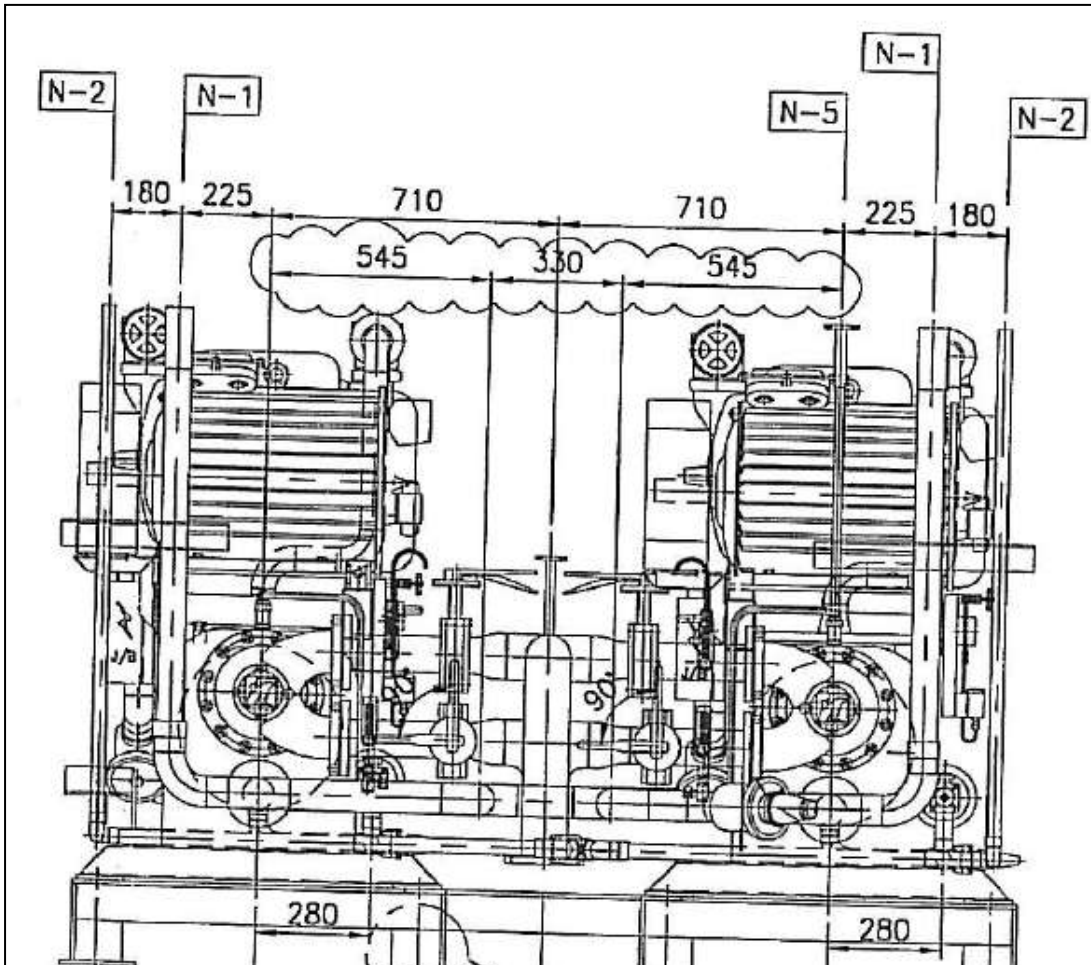
N-1	Αναρρόφηση εισόδου αερίου
N-2	Έξοδος υγρού
N-5	Βαλβίδα ασφαλείας
N-6	Βαλβίδα εκτόνωσης παγιδευμένου αέρα

01	Συμπιεστής
02	Μοτέρ
03	Συμπυκνωτής
04	Ξηραντήρας
08	Κουτί διασταύρωσης
15	Αισθητήρας



CONDENSING UNIT

Εικόνα 6.11α Μονάδα συμπύκνωσης κλιματιστικής εγκατάστασης (6)

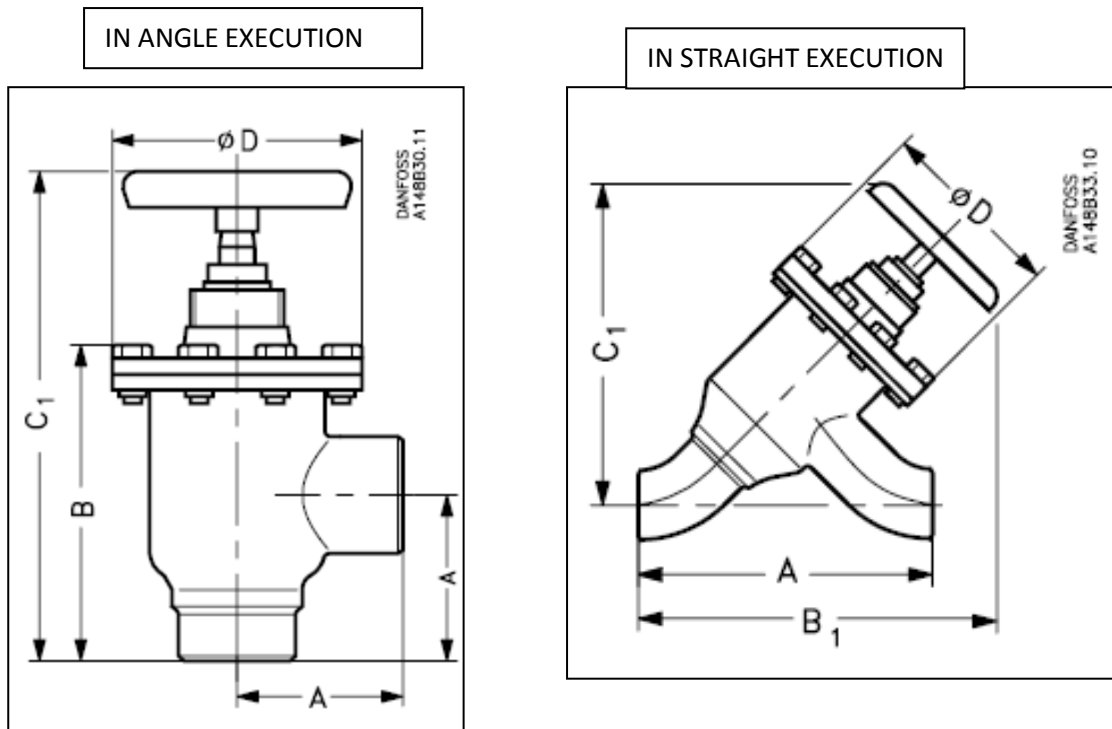


Εικόνα 6.11β Μονάδα συμπύκνωσης κλιματιστικής εγκατάστασης (6)

6.5 Βάνες ελέγχου της ροής του ψυκτικού

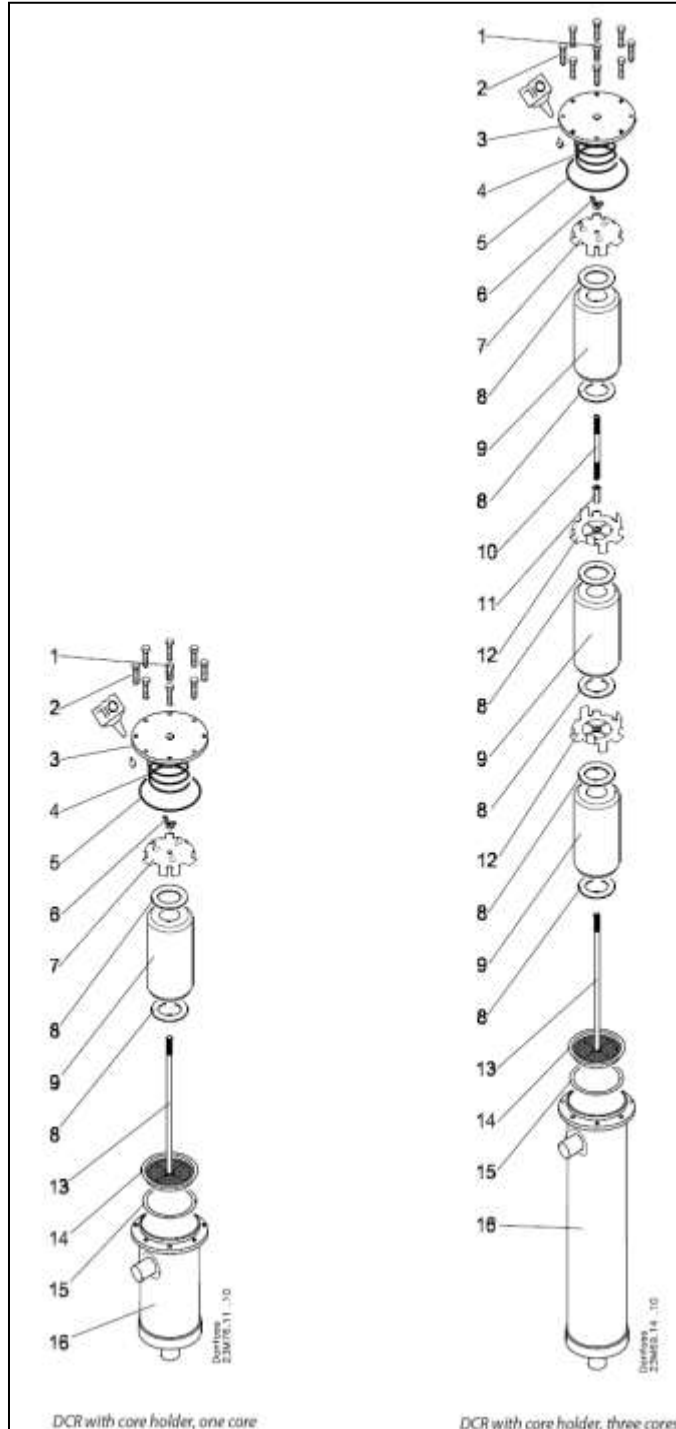
Στην γραμμή υγρού συνηθίζεται να τοποθετείται μια σωληνοειδής βάνα πριν από την εκτόνωτική βαλβίδα ή το ρυθμιστή. Αυτή κλείνει όπως καθορίζεται από το θερμοστάτη στο χώρο ή στο δευτερεύον ψυκτικό που ψύχεται. Αυτή επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το κλείσιμο διαφόρων κυκλωμάτων σ' ένα ψυγείο όταν η μηχανή λειτουργεί σε συνθήκες μερικού φορτίου.

Η βαλβίδα εκτόνωσης/ ρυθμιστής είναι ένα από τα περισσότερο πολύπλοκα εξαρτήματα του εξοπλισμού το οποίο μετράει τη ροή του ψυκτικού από την υψηλής-πίεσης πλευρά του συστήματος προς την αντίστοιχη χαμηλής-πίεση. Αυτή είναι δυνατόν να είναι θερμοστατικού τύπου όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω. Βολβοί (θερμόμετρα) αισθητήριοι της θερμοκρασίας του ψυκτικού στην έξοδο από τον εξατμιστή ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα την βαλβίδα. Η σχεδίαση της βαλβίδας είναι κρίσιμη και σχετίζεται με την διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών της. Συνεπώς είναι βασικό όπως η πίεση στην πλευρά της εκτόνωσης διατηρείται ακριβώς ή κοντά στην μέγιστη πίεση σχεδίασης. Έτσι, αν το



Εικόνα 6.6 Βάνες ψυκτικού ροής σε γωνία και ροής σε ευθεία (2)

πλοίο ταξιδεύει σε ψυχρά θαλάσσια νερά είναι αναγκαίο ν' ανακυκλώνει το νερό ψύξης για τη διατήρηση της σωστής πίεσης παράδοσης από



Εικόνα 6.7 Ξηραντήρας (2)



7. ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΠΛΟΙΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΕΡΑ

Ο σκοπός του παρόντος εγγράφου είναι να παρουσιάσει ένα ανοικτό σύστημα, το οποίο είναι ένα σύστημα ψύξης με μηχανική συμπίεση αέρα, με εφαρμογή στον κλιματισμό και την αφαλάτωση στα πλοία όπου η ψύξη πραγματοποιείται με θαλασσινό νερό, και τις επιδόσεις του μέσω προσομοίωση. Σε αυτό το ανοικτό κύκλο ψύξης του αέρα, χρησιμοποιείται το θαλασσινό νερό από την βαθειά θάλασσα. Με αυτό τον τρόπο, μπορούμε να επιτύχουμε τη χαμηλότερη θερμοκρασία υγρού αέρα πριν από το στρόβιλο. Επιπλέον, η ενέργεια από το νερό ψύξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αφαλάτωση.

Οι πρώτοι που μελέτησαν ένα σύστημα κλιματισμού με μηχανική συμπίεση αέρα αξονικής ροής, ήταν ο Shaobo Hou^{1,2} και ο Huacong Li¹. Το εργαζόμενο μέσο στο σύστημα τους ήταν ο υγρός αέρας και χρησιμοποίησαν συμπιεστή και στρόβιλο αξονικής ροής. Στην συνέχεια ο Shaobo Hou και ο Hefei Zhang¹ ανέπτυξαν ένα σύστημα κλιματισμού με μηχανική συμπίεση αέρα αξονικής ροής στο οποίο η ψύξη γίνεται με ανακυκλοφορία νερού. Και σε αυτό το σύστημα το εργαζόμενο μέσο είναι ο υγρός αέρας.

Οι Hou, Li και Zhang τελικά μελέτησαν ένα σύστημα κλιματισμού μηχανικής συμπίεσης αέρα, αξονικής ροής, όπου η ψύξη γίνεται με θαλασσινό νερό μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Οι διεργασίες στον εναλλάκτη θερμότητας αναλύονται μέσω της τεχνολογίας Pinch Point, και η θερμοκρασιακή διαφορά λαμβάνεται 6°C. Το καθαρό (αφαλατωμένο) νερό που χρησιμοποιείται προκύπτει από την ξήρανση του συμπιεσμένου υγρού αέρα πριν τον στρόβιλο, και την συμπύκνωση του νερού ψύξης. Η προσομοίωση δείχνει ότι ο ψυκτικός βαθμός απόδοσης του συστήματος (COP) εξαρτάται κυρίως από την θερμοκρασία στην είσοδο του στροβίλου, τους βαθμούς απόδοσης του συμπιεστή και του στροβίλου και την θερμοκρασία του αέρα στην είσοδο του συμπιεστή.

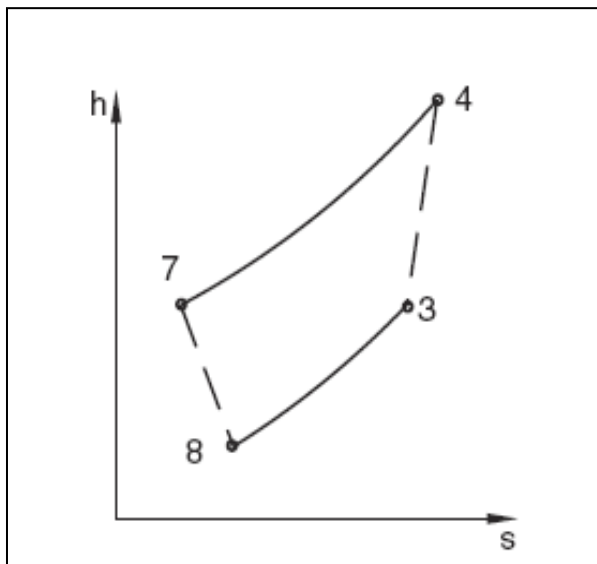
1.School of power and Energy, Northwestern Polytechnical University, China

2.College of Engineering, Guangdong University, China

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι ο βέλτιστος βαθμός συμπίεσης θα μπορούσε να είναι μικρότερος. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι έχουμε συμπιεστή με λιγότερες βαθμίδες στον αξονικό συμπιεστή και άρα μικρότερο αρχικό κόστος εξοπλισμού.

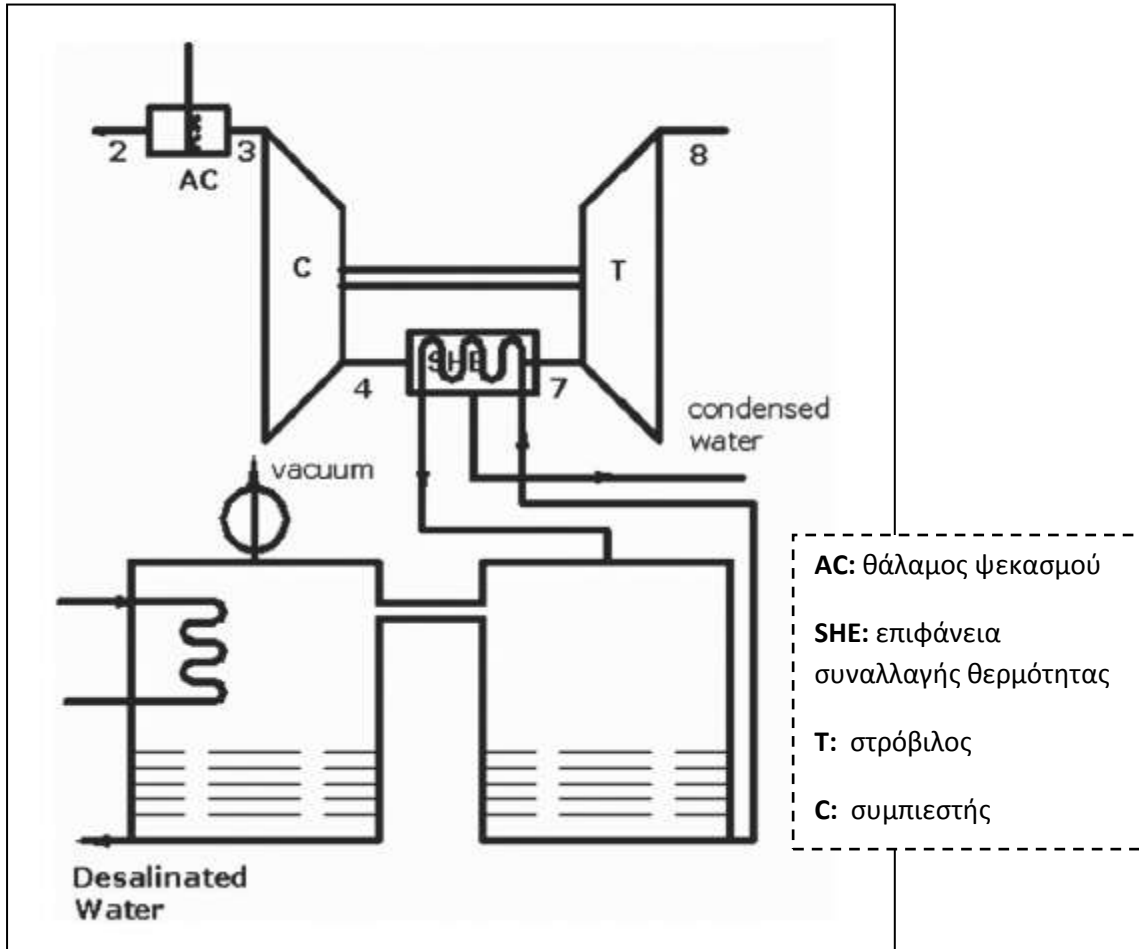
7.1 Το Σύστημα

Στο σχήμα 1 και 2 παρουσιάζονται ο κύκλος ενθαλπίας-εντροπίας και το μονογραμμικό σχεδιάγραμμα ενός ανοικτού συστήματος ψύξης συμπίεσης αέρα για κλιματισμό και αφαλάτωση στα πλοία που ψύχεται με θαλασσινό νερό. Ο εξωτερικός αέρας στο 2 εισέρχεται στο εσωτερικό του θαλάμου ψεκασμού, όπου ψύχεται με ψεκασμό λεπτών σταγονιδίων πόσιμου νερού και βγαίνει στο 3 κορεσμένος αέρας που στη συνέχεια συμπιέζεται από έναν αξονικό συμπιεστή.



Εικόνα 7.1 Ο κύκλος ενθαλπίας - εντροπίας ενός ανοικτού συστήματος ψύξης για κλιματισμό και αφαλάτωση στα πλοία που ψύχεται με θαλασσινό νερό (5)

Στο 4 έχουμε ροή του συμπιεσμένου αέρα με υψηλότερη θερμοκρασία, T_4 , και υψηλή πίεση, P_4 . Στη συνέχεια, ο συμπιεσμένος αέρας από το 4 ψύχεται μέχρι το 7 όπου προκύπτει κορεσμένος αέρας με θερμοκρασία T_7 . Η διεργασία 4-7 πραγματοποιείται με δροσερό θαλασσινό νερό σε μια επιφάνεια εναλλάκτη θερμότητας μετά την έξοδο του αξονικού συμπιεστή. Έτσι από τον αέρα ορισμένη ποσότητα υδρατμού συμπυκνώνεται, και το νερό που παίρνουμε είναι γλυκό νερό, και λανθάνουσα θερμότητα του υδρατμού απορρίπτεται από το 4 έως 7. Στη συνέχεια, ο κορεσμένος αέρας στο 7 εκτονώνεται στην στρόβιλο και ψύχεται μέχρι το 8 όπου προκύπτει κρύος αέρας. Ο κρύος αέρας στο 8 στη συνέχεια οδηγείται μέσω του δικτύου κλιματισμού προς τα κλιματιζόμενα δωμάτια του πλοίου. Το θαλασσινό νερό που θερμαίνεται στην επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας, χύνεται σε μια δεξαμενή με πολύ χαμηλή πίεση και μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός συμπυκνώνεται σε γλυκό (πόσιμο) νερό σε μια άλλη δεξαμενή.



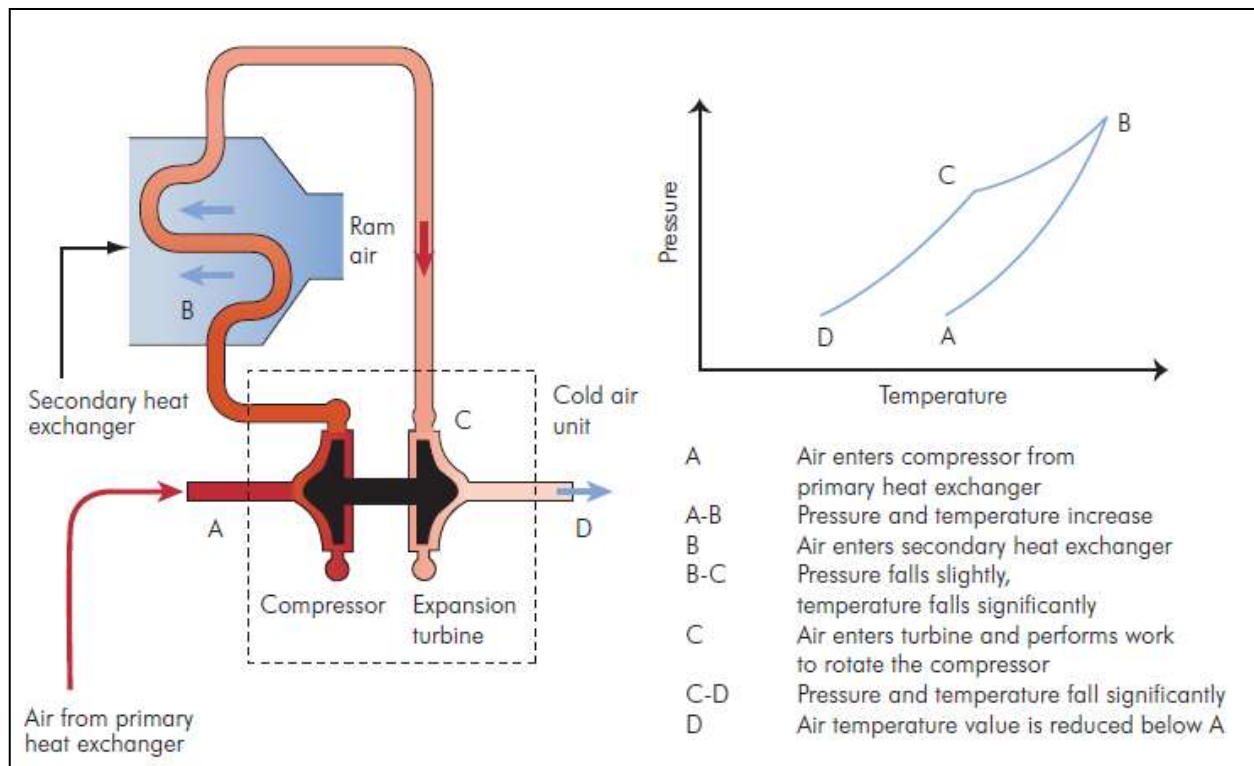
Εικόνα 7.2 Μονογραμμικό διάγραμμα ανοικτού συστήματος ψύξης συμπίεσης αέρα για κλιματισμό και αφαλάτωση στα πλοία που ψύχεται με θαλασσινό νερό (5)

Ο ψεκασμός με γλυκό (πόσιμο) νερό πριν τον συμπιεστή μειώνει ταυτόχρονα την θερμοκρασία του εργαζόμενου μέσου (αέρα) και τον πολυτροπικό εκθέτη της συμπίεσης. Έτσι εξοικονομούμε ενέργεια συμπίεσης την οποία θα έπρεπε επιπρόσθετα να καταναλώσουμε στον συμπιεστή. Αυτή η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί στους αεριστροβιλοκινητήρες των μαχητικών αεροσκαφών όταν χρειάζονται μεγάλη επιτάχυνση. Η διαφορά εδώ έγκειται στο υγρό που ψεκάζεται που όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι πόσιμο νερό.

Ο υδρατμός στον συμπιεσμένο αέρα μπορεί εύκολα να διαχωριστεί σε μια επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας. Για την ίδια θερμοκρασία η υγρασία του κορεσμένου υγρού αέρα στην υψηλή πίεση P_4 είναι P_3/P_4 της αντίστοιχης σε πίεση P_3 . Η συμπίεση αέρα ως μέθοδος για την δημιουργίας στεγνού αέρα χρησιμοποιείται σε διάφορα εργαστήρια της νότιας Κίνας.

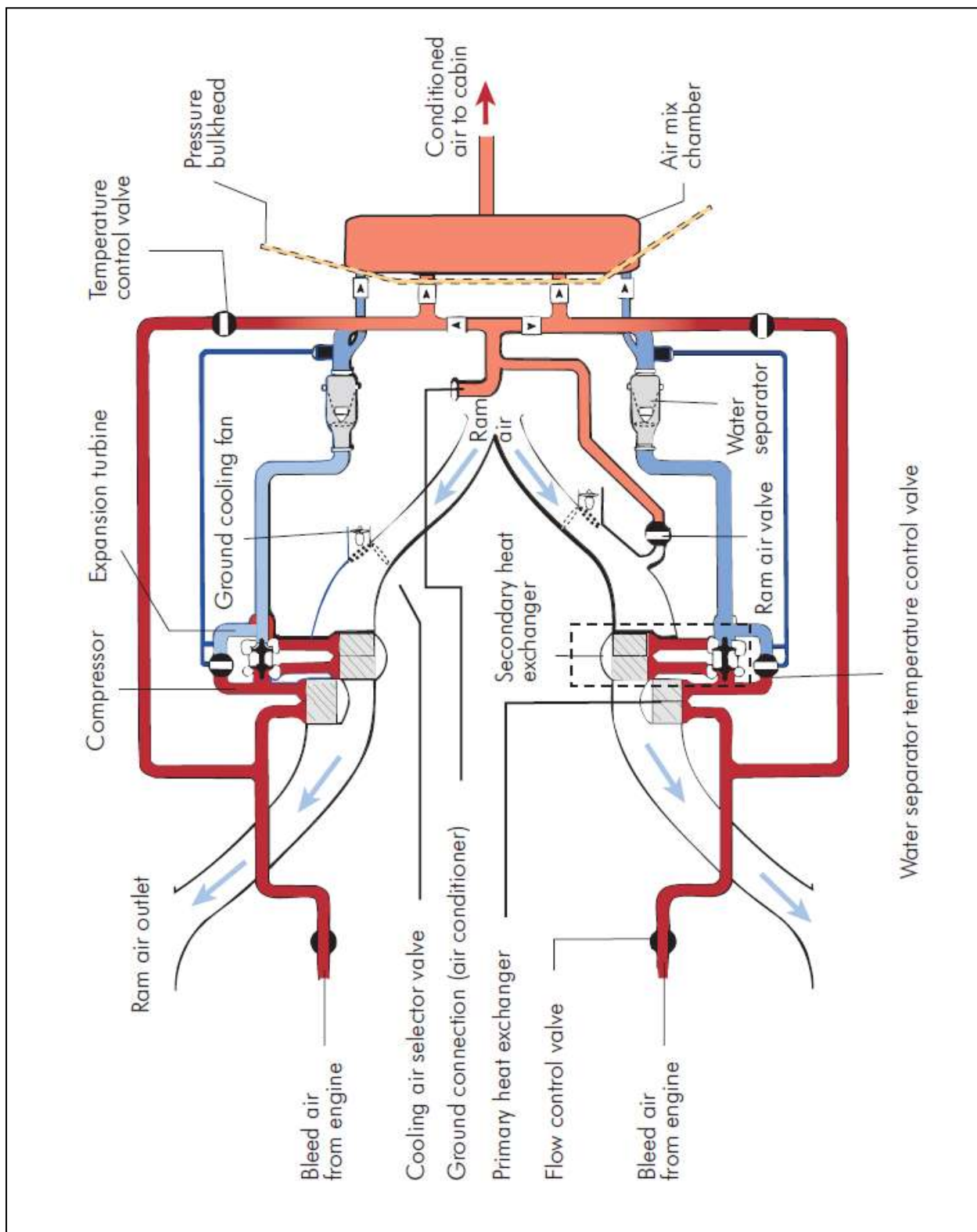
Το σύστημα που μελετάμε διαφέρει σε πολλά χαρακτηριστικά από ένα συμβατικό σύστημα κύκλου αέρα. Πρώτο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι η συνδυασμένη χρήση ενός αξονικού συμπιεστή και ενός στροβίλο. Τα χαρακτηριστικά των στροβιλομηχανών είναι οι μεγάλες παροχές μάζας και ο μεγάλος συντελεστής απόδοσης. Αντίθετα οι κοινοί συμπιεστές και εκτονωτές δεν έχουν κανένα από τα παραπάνω πλεονεκτήματα. Δεύτερον, αυτό το σύστημα ψύξης προσλαμβάνει υγρό αέρα που έχει προψυχθεί, με ψεκασμό γλυκού νερού, και ποσότητα ατμού συμπυκνώνεται κατά την ψύξη του αέρα στην διεργασία 4-7. Η ποσότητα του νερού που λαμβάνουμε από αυτή τη διαδικασία μπορεί να φτάσει τα 18-30gr ανά kg ξυρού αέρα. Επίσης η λανθάνουσα θερμότητα που εκλύεται από την συμπύκνωση του ατμού, περίπου 45-75gr/kg ξ.α., υπερβαίνει την αισθητή θερμότητα του αέρα, 30-50gr/kg ξ.α.. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ψυκτικό φορτίο σε αυτό το σύστημα ψύξης να εξαρτάται από τον συνδυασμό της αισθητής θερμότητας του αέρα και της λανθάνουσας θερμότητας του υδρατμού.

Ακόμα, σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος είναι η χρήση του παγωμένου θαλασσινού νερού για την ψύξη. Στα συστήματα κλιματισμού που έχουν μελετηθεί ως τώρα όπου το ψυκτικό μέσο είναι ο αέρας ή το νερό οι αποδόσεις δεν ήταν ικανοποιητικές. Με τη χρήση όμως του παγωμένου νερού της θάλασσας, για το οποίο δεν χρειάζεται να ξοδέψουμε έργο, αυξάνουμε το βαθμό απόδοσης του συστήματος.



Εικόνα 7.3 Θερμοδυναμικός Κύκλος Κλιματιστικού Συστήματος Αεροπλάνου (16)

Ένα παρεμφερές σύστημα κλιματισμού συμπιεσμένου αέρα σαν αυτό που περιγράφουμε χρησιμοποιείται στα αεροπλάνα. Όπως φαίνεται στο σχήμα 7.3, προθερμασμένος αέρας εισέρχεται σε ένα συμπιεστή στην κατάσταση A και περνά στην κατάσταση B. Από εκεί ψύχεται στον δευτερεύοντα εναλλάκτη θερμότητας μέχρι την κατάσταση C και από εκεί εισέρχεται στο στρόβιλο για αποτόνωση μέχρι την κατάσταση D. Από εκεί ο ψυχόμενος αέρας διοχετεύεται στους θαλάμους των επιβατών και στο πιλοτήριο. Παρατηρούμε ότι στο σύστημα κλιματισμού του αεροπλάνου, στον δευτερεύοντα εναλλάκτη η εναλλαγή θερμότητας γίνεται μέσω αέρα υψηλής ταχύτητας και χαμηλής θερμοκρασίας. Αντίστοιχα στο σύστημα που μελετάμε, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, η εναλλαγή θερμότητας γίνεται με θαλασσινό νερό.



Εικόνα 7.4 Σύστημα Κλιματισμού Αεροπλάνου (16)

7.2 Επιδόσεις Συστήματος

7.2.1 Υγρός Αέρας

Η ποσότητα υγρασίας στον υγρό αέρα είναι:

$$d = 621.98 \frac{P_{\text{vap}}}{B - P_{\text{vap}}}, \quad (5) \quad (7.1)$$

Όπου, d ποσοστό υγρασίας του υγρού αέρα σε g/kg ξα

P_{vap} πίεση ατμών σε Pa

B πίεση υγρού αέρα σε Pa

Αντίστοιχα η ενθαλπία του υγρού αέρα υπολογίζεται:

$$h = 1.006 \cdot t + 0.001 \cdot d \cdot (2501 + 1.805 \cdot t), \quad (5) \quad (7.2)$$

Όπου, h η ενθαλπία του υγρασίας του υγρού αέρα σε kJ/kg ξα

T η θερμοκρασία σε °C

d ποσοστό υγρασίας του υγρού αέρα σε g/kg ξα

Επίσης η πίεση κορεσμένου υδρατμού σε σχέση με την θερμοκρασία κορεσμένου υδρατμού (σύμφωνα με το εγχειρίδιο της ASHRAE) δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$P_s = 133.322 \cdot e^{18.538 - (3962.21 / (t_s + 232.86))}, \quad (5) \quad (7.3)$$

ή αντίστοιχα

$$t_s = \frac{3962.21}{18.583 - \ln(P_s / 133.322)} - 232.86, \quad (5) \quad (7.4)$$

Όπου, P_s η πίεση του κορεσμένου υδρατμού σε Pa

t_s η θερμοκρασία του κορεσμένου υδρατμού σε °C

7.2.2 Αξονικός συμπιεστής

Κατά την συμπίεση του υγρού αέρα οι σταγόνες καθαρού νερού που περιέχονται στον αέρα μπορεί να εξατμιστούν. Η εξατμηση του νερού «απαιτεί» θερμότητα έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ιδανικά η συμπίεση του υγρού αέρα είναι μια πολυτροπική διεργασία. Άρα το έργο συμπίεσης w_c , ανά κιλό ξηρού αέρα μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

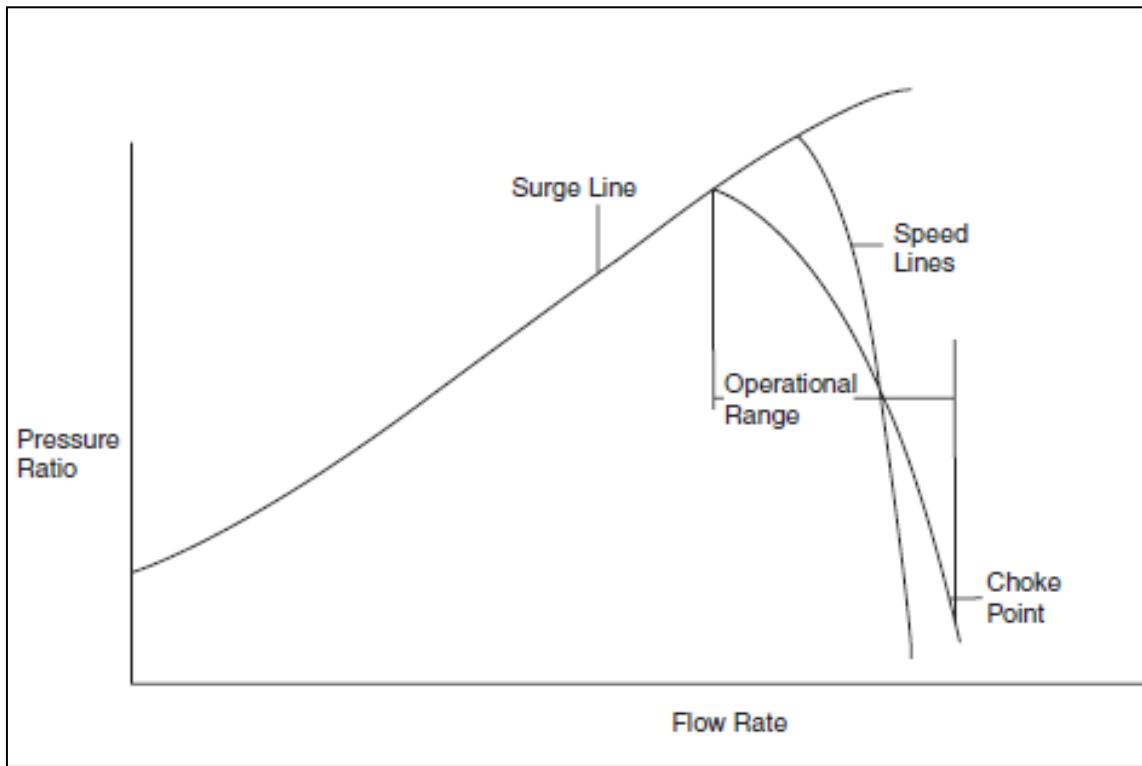
$$W_c = \frac{n}{n-1} \times (R_{da} + 0.001 \cdot d \cdot R_{vap}) \cdot T_3 \cdot \left[1 - \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{(n-1)/n} \right], \quad (5) \quad (7.5)$$

Όπου, n ο πολυτροπικός εκθέτης της συμπίεσης

Το πραγματικό έργο που καταναλώνει ο αξονικός συμπιεστής είναι w_c/η_c όπου η_c είναι ο θερμικός βαθμός απόδοσης του συμπιεστή. Στον πίνακα 7.1 βλέπουμε ότι τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης τον έχουν οι αξονικοί συμπιεστές οι οποίοι όμως έχουν μικρότερο λόγο συμπίεσης. Αντίθετα οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερους βαθμούς συμπίεσης αλλά έχουν μεγαλύτερες απώλειες, άρα μικρότερο βαθμό απόδοσης. Οι συμπιεστές θετικής μετατόπισης μπορούν να φτάσουν μέχρι και λόγο συμπίεσης $\pi_c=30$ και χρησιμοποιούνται σε πολύ απαιτητικές εφαρμογές της βιομηχανίας.

Πίνακας 7.1 Χαρακτηριστικά Στοιχεία Συμπιεστών (14)

Types of Compressors	Pressure Ratio			Efficiency	Operating Range
	Industrial	Aerospace	Research		
Positive Displacement	Up to 30	–	–	75–82%	–
Centrifugal	1.2–1.9	2.0–7.0	13	75–87%	Large 25%
Axial	1.05–1.3	1.1–1.45	2.1	80–91%	Narrow 3–10%



Εικόνα 7.5 Χάρτης Λειτουργίας Συμπιεστή (14)

Στην εικόνα 7.5 βλέπουμε τη σχηματική απεικόνιση ενός χάρτη λειτουργίας συμπιεστή. Στον άξονα x είναι η παροχή αέρα, όπου στο σύστημα που μελετάμε είναι η παροχή του αέρα που απαιτείται να ψυχθεί προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες κλιματισμού του πλοίου.

7.2.3 Στρόβιλος

Ο κορεσμένος αέρας αφού αφυγρανθεί στον εναλλάκτη θερμότητας, μέσω παγωμένου θαλασσινού νερού, στην συνέχεια εισέρχεται στον στρόβιλο στην κατάσταση 7 με πίεση P_7 και θερμοκρασία T_7 . Στην κατάσταση 7 η ποσότητα του ατμού που εμπεριέχεται στον κορεσμένο αέρα είναι πολύ λίγη, περίπου P_3/P_7 της αντίστοιχης ποσότητας που εμπεριέχεται στον κορεσμένο αέρα στην κατάσταση 3. Ωστόσο, η εκτόνωση του κορεσμένου αέρα στον στρόβιλο δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν αδιαβατική εκτόνωση ιδανικού αερίου. Η μείωση της πίεσης υγρού αέρα στον στρόβιλο οδηγεί σε μείωση της θερμοκρασίας υγρού αέρα. Η πτώση της θερμοκρασίας οδηγεί σε συμπύκνωση ποσότητας υδρατμού με αποτέλεσμα να

εκλυθεί θερμότητα. Η έκλυση της θερμότητας λόγω της συμπύκνωσης των υδρατμών μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας στην έξοδο του στροβίλου και του έργου εκτόνωσης.

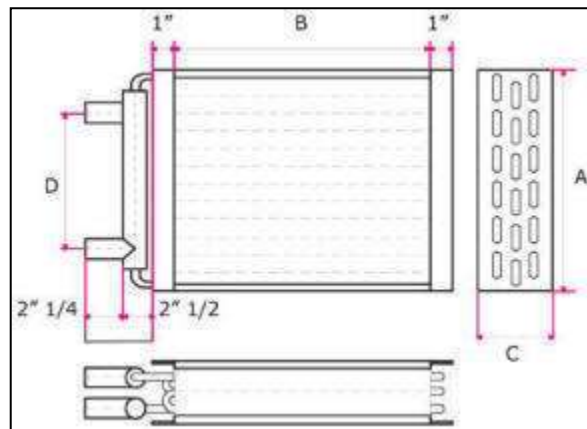
Για να ξεπεράσουμε αυτό το πρόβλημα όταν υπολογίζουμε το έργο εκτόνωσης μπορούμε να θεωρήσουμε ότι δεν λαμβάνει χώρα καμία αλλαγή φάσης και ότι ποσότητα θερμότητας προστίθεται στον υγρό αέρα κατά την εκτόνωση στον στρόβιλο. Λόγω της παραπάνω υπόθεσης, η διεργασία μπορεί να θεωρηθεί μια πολυτροπική εκτόνωση ιδανικού αερίου. Κατά συνέπεια μπορούμε να επιτύχουμε το ιδανικό έργο w_t που παράγεται στην εκτόνωση, μέσω της επαναληπτικής διαδικασίας και έπειτα το πραγματικό έργο που παράγεται στον στρόβιλο και την θερμοκρασία στην έξοδο του στροβίλου.



Εικόνα 7.6 Αξονικός Στρόβιλος (13)

7.2.4 Επιφάνεια Συναλλαγής Θερμότητας

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη παράγραφο, στο σύστημα που μελετάμε χρησιμοποιούμε για την ανάλυση του εναλλάκτη θερμότητας τεχνολογίας Pinch Point και η διαφορά θερμοκρασίας στο pinch point λαμβάνεται 6°C . Η τεχνολογία pinch point είναι μια γραφική μέθοδος εντοπισμού, τεχνικά και οικονομικά συσχετιζόμενων, μέτρων ενεργειακής απόδοσης. Ως εκ τούτου οι ελάχιστες απαιτήσεις ψύξης και θέρμανσης στο σύστημα μπορούν να προσδιοριστούν, μαζί με την καθαρή θερμική ισχύ για κάθε θερμοκρασιακό επίπεδο.



Εικόνα 7.7 Εναλλάκτης Θερμότητας (10)

Ο βέλτιστος λόγος παροχής μάζας κρύου νερού προς ξυρό αέρα μπορεί να υπολογιστεί από τις καμπύλες δρόσου και τις καμπύλες ζέσης μέσω της τεχνολογίας pinch point .

Στην εικόνα 7.7 βλέπουμε έναν εναλλάκτη θερμότητας νερού-αέρα. Στα πλοία αυτοί οι εναλλάκτες έχουν πολλές εφαρμογές και χρησιμοποιούν γλυκό νερό το οποίο προέρχεται από το δίκτυο γλυκού νερού του πλοίου. Το γλυκό νερό συνήθως ψύχεται σε μεγάλους εναλλάκτες μέσω θαλασσινού νερού και από εκεί διοχετεύεται μέσω του δικτύου στις διάφορες εφαρμογές. Ο βασικός λόγος που γίνεται αυτό είναι οι διαβρώσεις που προκαλούνται στις διόδους (tubes) από τις καθαλατώσεις του θαλασσινού νερού. Αν όλοι οι εναλλάκτες χρησιμοποιούσαν

απευθείας το θαλασσινό νερό το κόστος συντήρησης θα ήταν τεράστιο. Καθώς το σύστημα που μελετάμε χρησιμοποιεί απευθείας θαλασσινό νερό συνεπάγεται και ένα αυξημένο κόστος συντήρησης.

7.3 Προσομοίωση

Η θερμότητα που αποβάλλεται στο περιβάλλον ανά κιλό ξυρού αέρα, q_1 , μπορεί να καθοριστεί από την διαφορά ενθαλπίας μεταξύ της εισόδου του συμπιεστή και της εξόδου της πρώτης επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας σύμφωνα με τον τύπο:

$$q_1 = h_4 - h_6, (5) \quad (7.6)$$

Η παραγωγή πόσιμου νερού ανά κιλό ξυρού αέρα, m_w , μπορεί να καθοριστεί από τη διαφορά υγρασίας μεταξύ της εισόδου του συμπιεστή και της εξόδου του στροβίλου συν το πηλίκο της θερμότητας που αποβάλλεται δια τη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης του νερού.

$$\dot{m}_w = d_3 - d_8 + \frac{q_2}{r}, (5) \quad (7.7)$$

Η ψυκτική ικανότητα ανά κιλό ξυρού αέρα, q_2 , μπορεί να καθοριστεί από την διαφορά ενθαλπίας ανάμεσα στην είσοδο του συμπιεστή και στην έξοδο του στροβίλου όπως φαίνεται στον παρακάτω τύπο:

$$q_2 = h_3 - h_8, (5) \quad (7.8)$$

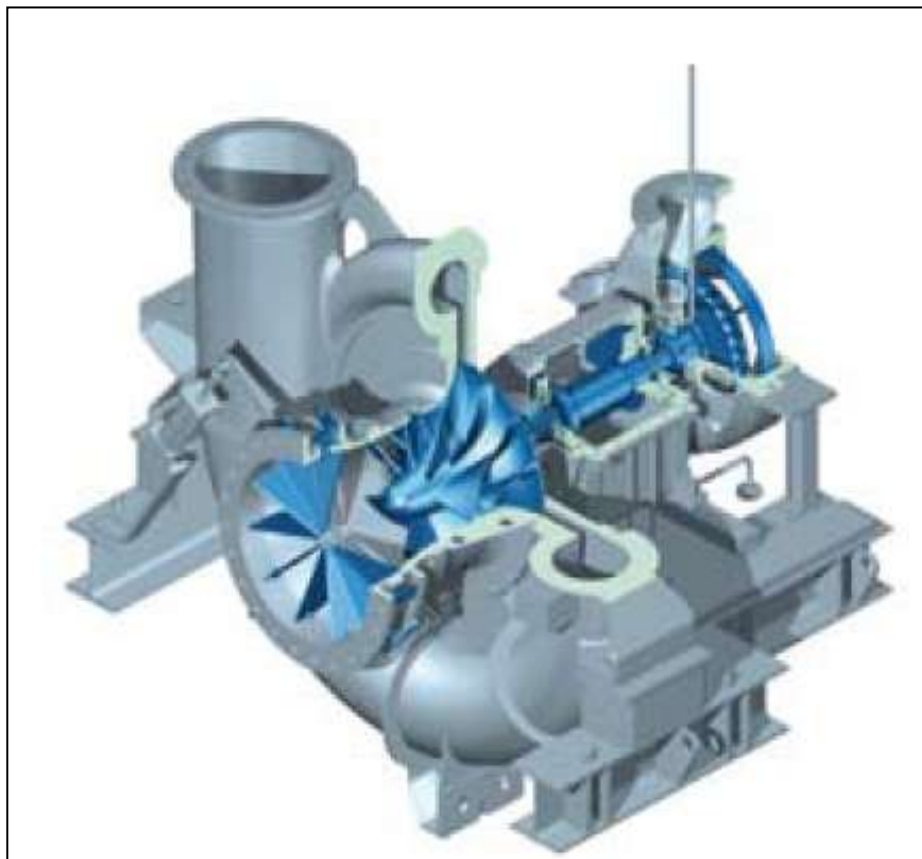
Το έργο που καταναλώνεται στον ψυκτικό κύκλο υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W_m = \frac{W_c}{\eta_c} - W_t \cdot \eta_t, (5) \quad (7.9)$$

Ο COP του ψυκτικού συστήματος είναι :

$$\text{COP} = \frac{Q_2}{w_m}, \quad (5) \quad (7.10)$$

(όπου το έργο που καταναλώνεται στο σύστημα ψύξης του νερού «cooling water system» δεν συμπεριλαμβάνεται στο w_m)

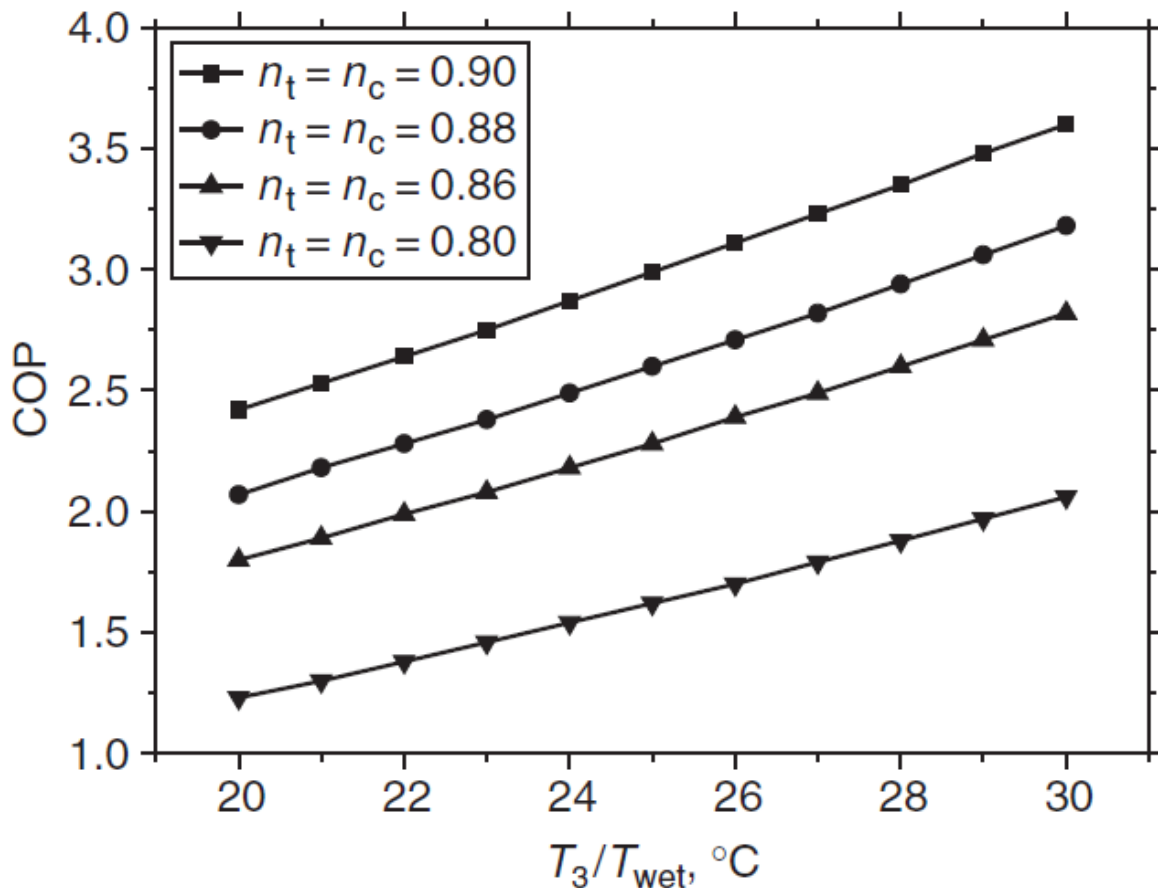


**Εικόνα 7.8 Σύστημα Συμπιεστή- Στροβίλου ενός άξονα
(13)**

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τον COP ενός συστήματος κλιματισμού πλοίου με μηχανική συμπίεση αέρα όπου για την ψύξη χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό. Μερικοί από αυτούς είναι ο λόγος πίεσης του συμπιεστή P_4/P_3 , ο βαθμός απόδοσης του συμπιεστή και του στροβίλου, η θερμοκρασία υγρής σφαίρας του αέρα στην ατμόσφαιρα T_{wet} και η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού στην είσοδο του εναλλάκτη.

Κατά την προσομοίωση μελετάμε την απόκριση του συστήματος σε διάφορες συνθήκες. Έτσι ο βαθμός συμπίεσης του αξονικού συμπιεστή έχει υπολογιστεί από 1.6 έως 2.5, η θερμοκρασία υγρής σφαίρας του αέρα στην ατμόσφαιρα από 20 έως 30°C και η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού ψύξης από 15 έως 27 °C. Επίσης θεωρούμε πτώση πίεσης 300Pa λόγω απωλειών πριν τον αξονικό συμπιεστή, 300Pa μεταξύ του αξονικού συμπιεστή και του στροβίλου, και 600Pa μετά τον στρόβιλο.

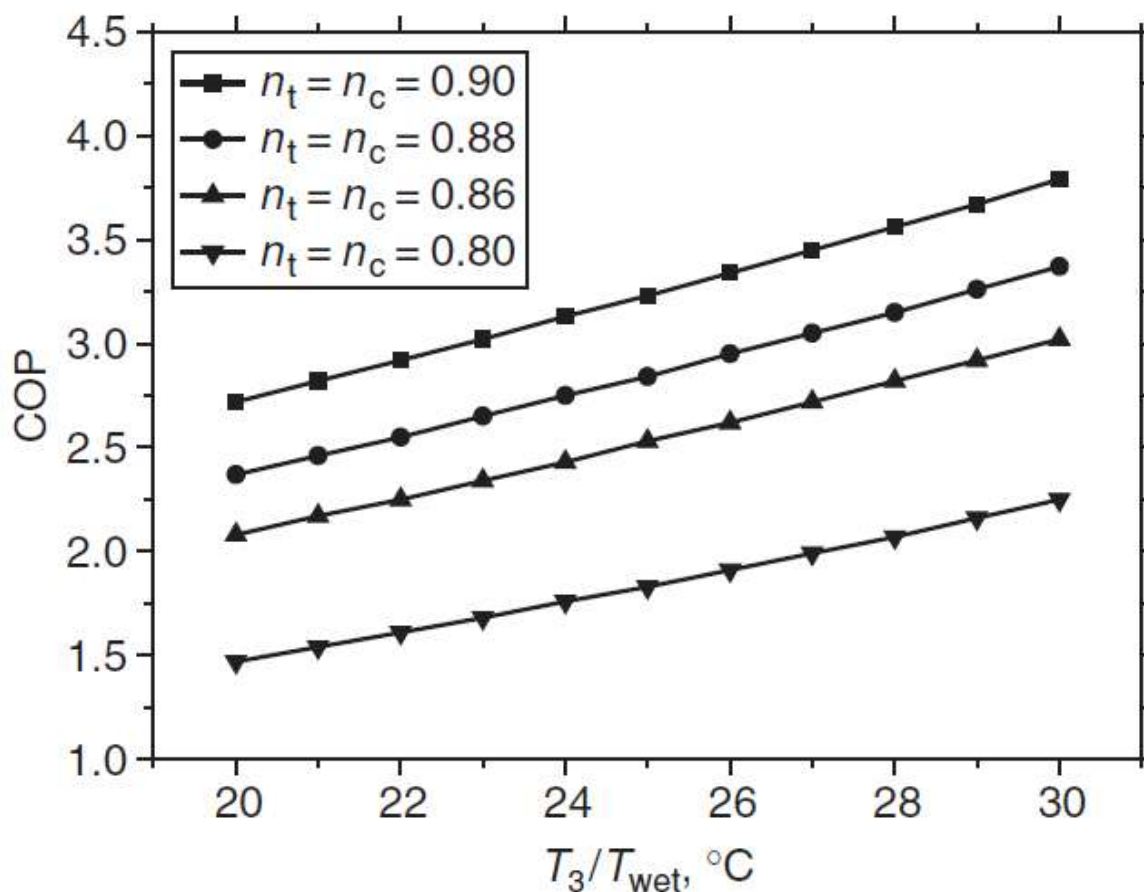
Λαμβάνοντας θερμοκρασία εισόδου στον στρόβιλο $T_7=30^\circ\text{C}$, και για θερμοκρασία αέρα T_{wet} από 20 έως 30 °C, μελετάμε την συμπεριφορά του COP για διάφορους βαθμούς απόδοσης συμπιεστή και στροβίλου. Γνωρίζοντας την θερμοκρασία εισόδου στον συμπιεστή $T_3=T_{\text{wet}}$ και τον λόγο πίεσης υπολογίζουμε το έργο στον συμπιεστή W_c και την θερμοκρασία εισόδου στον εναλλάκτη θερμότητας T_4 .



Διάγραμμα 7.1 Μεταβολή του COP για $T_7=30^\circ\text{C}$ (5)

Έτσι σύμφωνα με την μελέτη του Hou, Li και Zhang προκύπτει το διάγραμμα 7.1 στο οποίο βλέπουμε με πιο τρόπο επηρεάζει τον COP ο βαθμός απόδοσης του συμπιεστή και του στροβίλου για διάφορες θερμοκρασίες εισόδου του συμπιεστή, όταν η θερμοκρασία $T_7=30^\circ\text{C}$. Παρατηρούμε ότι για συγκεκριμένο βαθμό απόδοσης του συμπιεστή, όσο αυξάνει η T_3 τόσο αυξάνει και ο COP. Χαρακτηριστικά για $T_3=30^\circ$ αυξάνοντας τον βαθμό απόδοσης από 0,8 σε 0,9 ο COP αυξάνει 68%!

Αντίστοιχα στο διάγραμμα 7.2 βλέπουμε την μεταβολή του COP για $T_7=25^\circ\text{C}$. Συγκρίνοντας τα διαγράμματα 7.1 και 7.2 βλέπουμε ότι όσο αυξάνει η θερμοκρασία στην είσοδο του στροβίλου τόσο μειώνεται ο COP. Η μείωση είναι τόσο πιο αισθητή όσο μικρότερη είναι η T_3



Διάγραμμα 2. Μεταβολή του COP για $T_7=25^\circ\text{C}$ (5)

Πράγματι για $\mathbf{pc=2.2}$ και $\mathbf{nc=nt=0,90}$ έχουμε

$$T_3=T_{\text{wet}}=20-30\text{oC},$$

$$P_3=P_{\text{atm}}+P_{\text{vap}}-300 \text{ Pa} , \text{ όπου } P_{\text{vap}}= 2347,7 \text{ Pa} \quad (7.11)$$

$$P_4=2.2P_3 \quad (7.12)$$

$$P_7=P_4-300 \text{ Pa} \quad (7.13)$$

$$T_4=T_3*(P_4/P_3)^{(n-1)/n} , \text{ σε } \text{oK} ,(11) \quad (7.14)$$

Στην Συνέχεια με δεδομένο $T_7=30\text{oC}$ και για βέλτιστο λόγο αποτόνωσης του στροβίλου

$$p_t=[(T_7n_c n_t)/(2T_3)+1/2]^{v/(v-1)} ,(11) \quad (7.15)$$

βρίσκω το w_t και T_8 από την σχέση (7.5)

$$w_t=(n/(n-1))*(R_{da}+0.001*d_7*R_{vap})*T_7*(1-p_t^{((n-1)/n)})$$

και

$$T_8=T_7*(p_t^{((n-1)/n)}) ,(11) \quad (7.16)$$

Για γνωστό T_8 βρίσκω το h_8 από την σχέση

$$h_8=1,006*t_8 , \text{ σε kJ/kg } \xi_a , \text{ όπου } t_8 \text{ σε } \text{oC} \quad (7.17)$$

Και το q_2 από την σχέση (7.8)

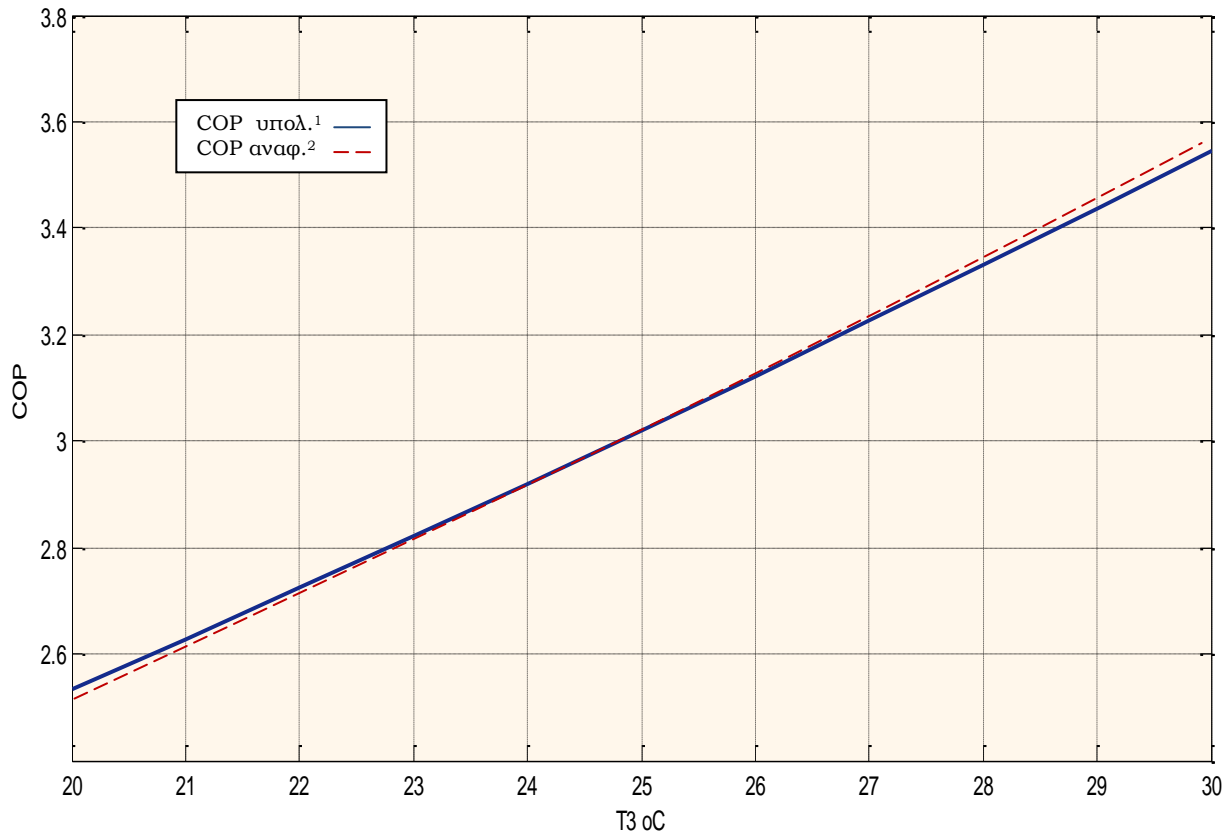
$$q_2= h_3- h_8$$

έτσι βρίσκω από την (7.10)

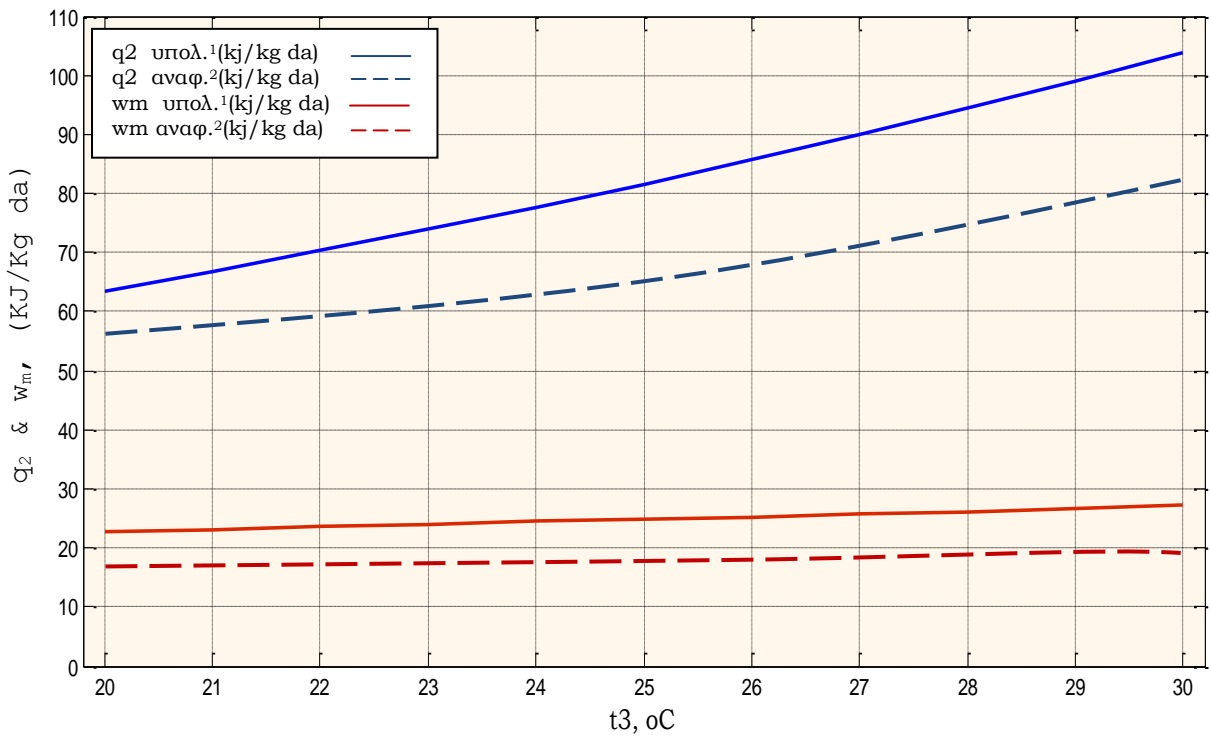
$$\text{COP}= q_2/w_m$$

όπου από την (7.9) βρίσκω το w_m

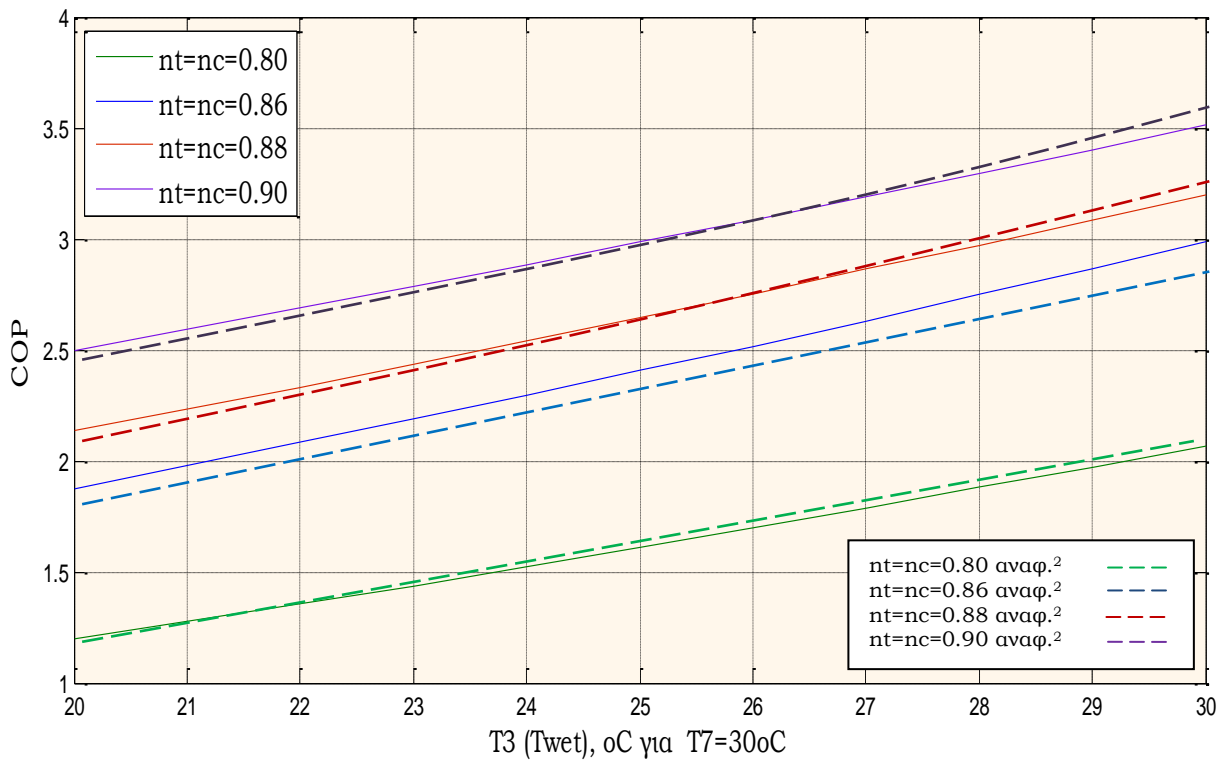
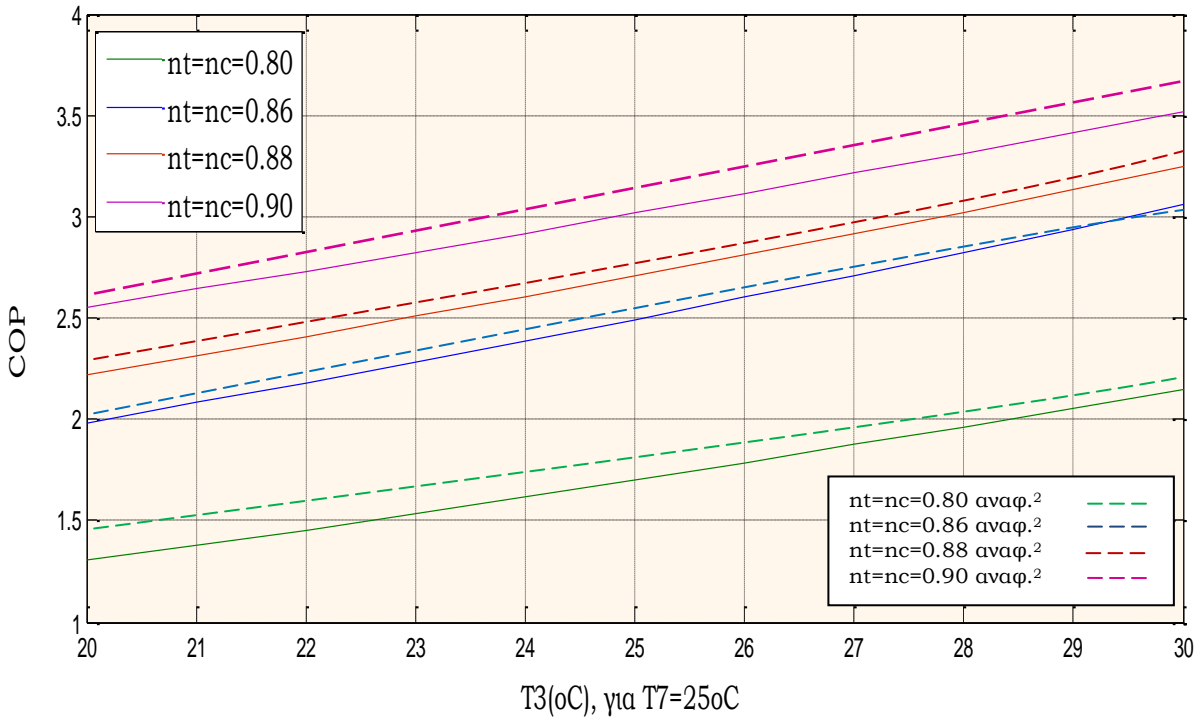
$$w_m=w_c/n_c-w_t*n_t$$

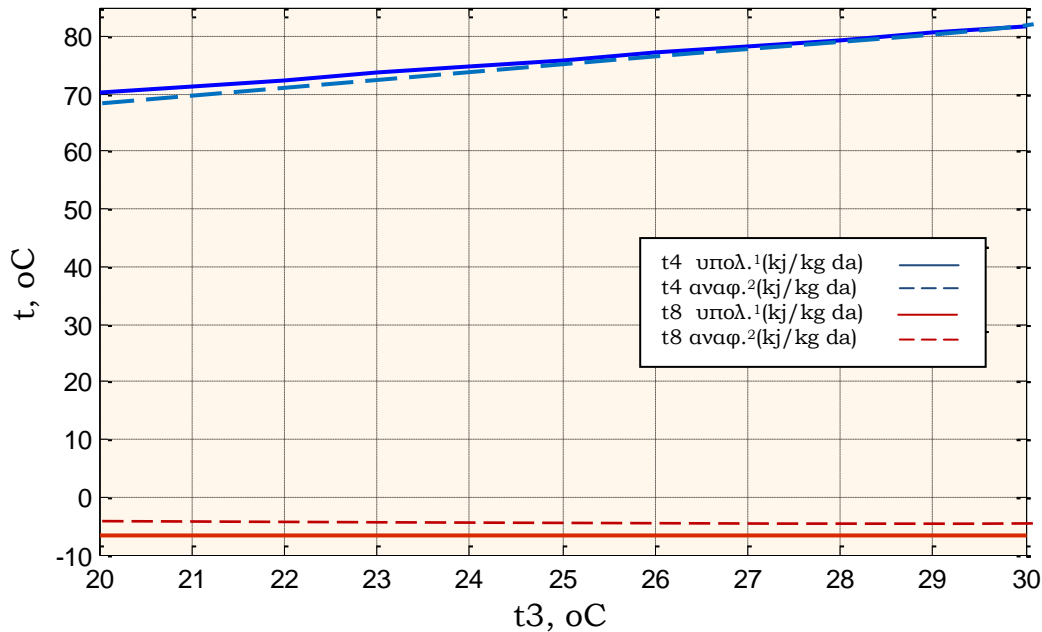


Διάγραμμα 7.3 COP για T7=30oC, pc=2.2 και nc=0.9



Διάγραμμα 7.4 Μεταβολή του q2 και wm, για T7=30,nc=0.9, pc=2.2





Διάγραμμα 7.7 Θερμοκρασία εξόδου στροβίλου t_8 , και εξόδου συμπιεστή t_4 , για $T_7=30, n_c=0.09, p_c=2.2$

Όπως παρατηρούμε τα παραπάνω διαγράμματα είναι πολύ κοντά σε αυτά των Hou, Li και Zhang. Οι διαφορές που εντοπίζουμε οφείλονται στον βαθμό απόδοσης του στροβίλου που επιλέξαμε ο οποίος επηρεάζει το έργο του στροβίλου w_i και κατά συνέπεια και τον COP. Επίσης πρέπει να πούμε πως η μέχρι τώρα μελέτη βασίζεται σε θεωρητικά λειτουργικά χαρακτηριστικά συμπιεστών και στροβίλων και εναλλάκτη θερμότητας.

Θεωρώντας ότι έχουμε ένα πολύ καλό συμπιεστή και σρόβιλο με βαθμό απόδοσης από 0,8 έως 0,9 και για διάφορες θερμοκρασιακές συνθήκες το σύστημα μπορεί να αποδώσει θερμοκρασία στην έξοδο του στροβίλου $t_8=-8^\circ\text{C}$. Όταν η ελάχιστη θερμοκρασία που απαιτείται να μπορεί να βγάλει ένα κλιματιστικό σύστημα πλοίου δεν είναι μικρότερη από 24°C .

Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης είναι περισσότερο από ικανοποιητικά. Ο υγρού αέρα αποτελεί ένα τέλειο εργαζόμενο ψυκτικό μέσο, και ταυτόχρονα μας αποδεσμεύει από την χρήση ψυκτικών υδροχλωφθορανθράκων.

1. υπολ.: αναφέρεται στους υπολογισμούς του παρόντος κεφαλαίου

2. αναφ.: αναφέρεται στους υπολογισμούς των Hou, Li και Zhang

Η συνδυασμένη χρήση του στροβιλοσυμπιεστή και του εναλλάκτη αποτελεί ένα σύστημα που αξιοποιεί στο μέγιστο το παγωμένο θαλασσινό νερό και ο COP μπορεί να ξεπεράσει το 3,5. Ο COP αυτού του κλιματιστικού συστήματος εξαρτάται κυρίως από τα n_c , n_t και T_7 . Η T_7 εξαρτάται από την θερμοκρασία του θαλασσινού νερού στην είσοδο του εναλλάκτη. Όσο μεγαλύτερη είναι η T_7 τόσο μικρότερος είναι ο COP, παραμένει πάντα όμως αρκετά υψηλός ώστε να είναι το σύστημα αποδοτικό. Τα παραπάνω συμπεράσματα καθιστούν ένα ανοικτό σύστημα ψύξης με μηχανική συμπίεση αέρα, την ιδανική εφαρμογή για κλιματισμό στα πλοία όπου η ψύξη πραγματοποιείται με θαλασσινό νερό.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τα παρακάτω προγράμματα σε περιβάλλον Matlab. Το nc080.m βρίσκει την ψυκτική απόδοση COP του συστήματος για βαθμό απόδοσης συμπιεστή και στροβίλου $n_c=n_t=0,8$. Το nc086.m, nc088.m, nc090.m βρίσκει την ψυκτική απόδοση COP του συστήματος για βαθμό απόδοσης συμπιεστή και στροβίλου $n_c=n_t=0,86$, $n_c=n_t=0,88$, και $n_c=n_t=0,90$ αντίστοιχα. Το πρόγραμμα COP δίνει στο ίδιο διάγραμμα τις καμπύλες για τους διαφόρους βαθμούς απόδοσης.

Πίνακας 6. COP.m

```
Statheres;  
nc080;  
hold on;  
nc086;  
nc088;  
nc090;
```

Πίνακας 7. Πρόγραμμα statheres.m

```
t7=input('Δώσε επιθυμητή θερμοκρασία πριν το στρόβιλο t7(oC)=');  
T7=273+t7;  
P2=101325;  
gama=1.22;  
  
Rda=287.04/1000;  
Rvap=461.5/1000;  
  
Cp=1.006;
```

Πίνακας 8. Πρόγραμμα nc090.m

```
hc=0.90;
nc=1.25;
nt=1.25;
pc=2.2;

for i=1:1:11;
t3(i)=i+19;
Pvap(i)=133.322*exp(18.538-(3962.21/(t3(i)+232.86)));
B(i)=P2+Pvap(i)-300;
P3(i)=B(i);
P4(i)=pc*P3(i);
P7(i)=P4(i)-300;
pt(i)=0.454;
t7(i)=T7-273;

d3(i)=621.98*(Pvap(i)/(B(i)-Pvap(i)));
h3(i)=1.006*t3(i)+0.001*d3(i)*(2501+1.805*t3(i));

T8(i)=T7*(1-hc*(1-(1/pt(i))^(1-gama)/gama));
t8(i)=T8(i)-273;
h8(i)=1.006*t8(i);

P7vap(i)=133.322*exp(18.538-(3962.21/(t7(i)+232.86)));
d7(i)=621.98*(P7vap(i)/(P7(i)-P7vap(i)));
h7(i)=1.006*t7(i)+0.001*d7(i)*(2501+1.805*t7(i));

T3(i)=273+t3(i);
T4(i)=T3(i)*((pc)^(nc-1)/nc);
wc(i)=(nc/(nc-1))*(Rda+0.001*d3(i)*Rvap)*(T3(i))*(-1+((pc)^(nc-1)/nc));

wt(i)=(nt/(nt-1))*(Rda+0.001*d7(i)*Rvap)*T7*(1-((pt(i))^(nt-1)/nt));

wm(i)=(wc(i)/hc)-(wt(i)*hc);

q2(i)=h3(i)-h8(i);

COP(i)=q2(i)/wm(i);

end

plot(t3,COP,'y')
```

1. “Samsung-157,500DWT Crude Oil Tanker”, Samsung Heavy Industry Korea, έκδοση 2009
 2. “Εισαγωγή στη Ναυτική Μηχανολογία”, Ν.Σταυριδάκης, έκδοση 1998
 3. “International Standard ISO 7547” , fifth edition
 4. “Ship Construction”, 5th edition, DJ Eyres
 5. “An open air-vapor compression refrigeration system for air-conditioning and desalination on ship” by Shaobo Hou, Huacong Li, Hefei Zhang , China, έκδοση 2007
 6. “HVAC System”, HI-Pres Korea, edition 2003
 7. “HVAC System”, HI-Pres Korea, edition 2009
 8. “Ventilation & Air-conditioning Arrangement”, Samsung Heavy Industry
 9. “Marine Auxiliary Machinery”, HD. McGeorge, 7th edition
 10. “en.wikipedia.org/wiki/Refrigeration”
 11. “Εισαγωγή στις Θερμικές Στροβιλομηχανές”, Κ.Δ. Παπαηλίου, Κ.Μ. Μαθιουδάκης & Κ.Χ. Γιαννάκογλου, έκδοση 2000
 12. “Μαθήματα Βοηθητικών Μηχανών και Εγκαταστάσεων Πλοίου”, τεύχος 1, Ιπ.Ιωαννίδης
 13. “Pre-designed Turbocompressors (Blowers)”, Siemens, edition 2010
 14. “Gas-Turbine Engineering Handbook”, Meherwan P. Boyce, 2nd edition
 15. “Accommodation“ , Hyundai Heavy Industry, edition 2003
 16. “Airframes & Systems”, Nordian, edition 2009
 - 17 “Refrigerants Regulation”, Drew Marine, edition 2009
 18. “Κλιματισμός”, Κ. Αντωνόπουλος, έκδοση 2007
- * Φωτογραφίες τραβηγμένες από τη Μαρία Ρούσου στα πλοία Cap Philippe και Cap Pierre το 2010