

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ ΣΑΡΩΣΕΩΣ ΚΑΙ  
ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΜΕΚ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΔΡΑΠΗΣ ΡΑΦΑΗΛ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : κ.ΣΧΟΙΝΑΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2013**



**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ ΣΑΡΩΣΕΩΣ ΚΑΙ  
ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΑΡΑΠΗΣ ΡΑΦΑΗΛ  
ΑΜ : 3782**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ : 28 /06 /2013**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναλύσουμε τις ανάγκες των Μ.Ε.Κ. ως προς την πλήρωση τους και τα διάφορα συστήματα που την απαρτίζουν αλλά και τα συστήματα καυσαερίων. Η χρονική εξέλιξη αυτών ήρθε από την ανάγκη βελτίωσης του βαθμού απόδοσης και φυσικά την ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου των Μ.Ε.Κ..

Στο πρώτο κεφαλαίο αναλύονται οι γενικές πληροφορίες για την εισαγωγή-σάρωση των δίχρονων και των τετράχρονων κινητήρων. Σκοπός των συστημάτων είναι να εισέρθει στους κυλίνδρους η κατάλληλη ποσότητα αέρα με την κατάλληλη πίεση ώστε να πραγματοποιηθεί σωστή καύση του καυσίμου και να αυξηθεί η απόδοση της μηχανής.

Στο δεύτερο κεφαλαίο αναλύονται τα βασικά συστήματα σάρωσης, τα οποία χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Η πρώτη είναι σύστημα ευθύγραμμης σάρωσης ή σύστημα κατά μια κατεύθυνση και η δεύτερη, σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής. Η δεύτερη κατηγορία χωρίζεται σε δυο υποκατηγορίες, μέθοδο σάρωσης αναστροφής βρόγχου και εγκάρσια μέθοδο σάρωσης. Κύριος γνώμονας πάντα είναι ο βαθμός απόδοσης σάρωσης του κάθε συστήματος.

Αναφερόμενοι στη σάρωση δεν θα μπορούσαμε να μην αναφέρουμε την υπερπλήρωση, αφού το μεγαλύτερο μέρος των κινητήρων διαθέτει υπερπλήρωση. Με την χρήση του υπερπλήρωση επιτυγχάνεται η αύξηση της πυκνότητας του εισερχομένου αέρα η οποία επιτρέπει την καύση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου, οπότε αυξάνεται η ισχύς εξόδου της μηχανής χωρίς να αυξηθεί ο όγκος του κινητήρα.

Στο τρίτο κεφαλαίο αναλύουμε τα συστήματα καυσαερίων. Τα συστήματα καυσαερίων είναι συνδεδεμένα με τα συστήματα σαρώσεως μέσω του στροβιλοϋπερπληρωτή, αφού με την ενεργεία των καυσαερίων επιτυγχάνεται η υπερπλήρωση. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε δυο υποκατηγορίες, το σύστημα σταθερής πίεσης και το σύστημα παλμικής ροής.

Στο τέταρτο κεφαλαίο αναλύουμε τα συστήματα δικτύων εισαγωγής αέρα και εξαγωγής καυσαερίων των δίχρονων μηχανών. Τα κύρια μέρη των δικτύων είναι τα έξεις: συλλέκτης του αέρα σάρωσης, οι βοηθητικοί φουσητήρες, οι ανεπίστροφες βαλβίδες, ο συλλέκτης καυσαερίων, το ψυγείο αέρα σάρωσης και ο στροβιλοϋπερπληρωτής.

Στο πέμπτο κεφαλαίο αναλύουμε τα συστήματα των δικτύων εισαγωγής αέρα σαρώσεως και εξαγωγής των τετράχρονων κινητήρων. Τα συστήματα δικτύων των τετράχρονων κινητήρων έχουν κάποιες διαφορές από τα δίκτυα των δίχρονων αφού εδώ υπάρχει μια άεργος διαδρομή των εμβολών.

## Abstract

This project we will analyze requirements of internal combustion engines on the air inlet, the various system that composite and the exhaust system. The temporal evolution of this came from the need to improve efficiency and the requirement to reduce the fuel consumption of I.C.E..

The first chapter analyzes general information about the intake-scavenging of 2stroke and 4stroke engines. The purpose of those systems is to supply in the engine with the appropriate pressure in the way to increase the efficiency of the engine.

The second chapter analyzes the basic scavenging systems which are divided in two categories. The first system is called rectilinear scavenging system and second one is called as returnable flow. The second category is further divided into two subcategories, the inversion loop scavenging method and the transverse scavenging method, The main yardstick is always the efficiency of each system. Refer to the scavenging we would not mention supercharging after most of the engines use it. With the supercharging achieved higher density of incoming air with allude greater quantities of fuel to take part in the combustion, thereby increasing the power output of the engine without increasing the volume of the engine.

The third chapter analyzes the exhaust systems. Exhaust systems are connected to the scavenging system via the turbocharger, since the energy of the exhaust gases accomplished supercharging. These systems are divided into two subcategories, the constant pressure system and the flow pulse system.

The fore chapter analyzes the air intake and the exhaust systems of 2stroke engines. The main parts of these systems are the following: air collector (manifold), auxiliary blowers, non return valves, exhaust manifold, scavenging air cooler and the turbocharger.

The fifth chapter analyzes the air intake, scavenging and exhaust gas systems of 4stroke engines. This systems have some deferent's from the 2stroke engines by the reason of different working principle.

## Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί το τελευταίο και παράλληλα το πιο δημιουργικό στάδιο της φοίτησης μου στη σχολή Μηχανικών της Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού. Η πορεία μου στη σχολή φτάνει στο τέλος της έχοντας αποκομίσει μέσα από αυτή πλήθος γνώσεων και εμπειριών οι οποίες θα με ακολουθούν και καθοδηγούν για τα υπόλοιπα χρονιά.

Επέλεξα την εργασία με θέμα ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΑ ΣΑΡΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ. γιατί θέλησα να μελετήσω το ιστορικό των συστημάτων αυτών καθώς και το πώς εξελλάχθηκαν με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις ανάγκες που απαιτούνται ώστε να λειτουργεί μια Μ.Ε.Κ. με τις καλύτερες επιδόσεις που μπορούν να προσφέρουν τα συστήματα τα οποία θα αναλύσουμε παρακάτω. Αρχικά θα ήθελα να αναφέρω τις διατάξεις του δικτύου παροχής αέρα και του δικτύου εξαγωγής καυσαερίων της Μ.Ε.Κ.. Τα μηχανήματα εκμετάλλευσης των καυσαερίων έχουν ως σκοπό την αύξηση του συνολικού βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης. Τα νέα συστήματα για την εκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων δεν έχουν μονό σκοπό την αύξηση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης αλλά και την μύωση των εκπομπών ρύπων των κινητήρων. Οι κανόνες που επιβλέπουν τη ρύπανση από τα πλοία, παλαιότερα ήταν αμελητέοι αλλά πλέον βλέποντας τις κλιματικές αλλαγές, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την εμφανή αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας χρόνο με το χρόνο οι κανόνες της MARPOL (Maritime Pollution) έχουν μεγαλύτερη απαίτηση για την μύωση των ρύπων από τα πλοία.

## Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή - Σάρωση (SCAVENGING)

Σάρωση καλείται η βίαιη εισαγωγή του αέρα στον κύλινδρο για καθαρισμό των καυσαερίων του προηγούμενου κύκλου ,για πλήρωση με καθαρό αέρα του κυλίνδρου για την καύση του επόμενου κύκλου.

### Γενικά

Στις τετράχρονες μηχανές η είσοδος του αέρα στον κύλινδρο γίνεται από βαλβίδα ή από βαλβίδες. Οι βαλβίδες εισαγωγής τοποθετούνται στο πάμα του κυλίνδρου επάνω ή υπό γωνία ή κάθετα , ανάλογα με τον σχεδιασμό.

Στις δίχρονες μηχανές ο αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο από θυρίδες εισαγωγής που βρίσκονται στο κάτω μέρος του χιτωνίου. Στις δίχρονες η εισαγωγή του αέρα γίνεται βεβιασμένα διότι δεν υπάρχει άνεση χρόνου όπως στις τετράχρονες. Η βεβιασμένη αυτή εισαγωγή του αέρα στον κύλινδρο λέγεται ΣΑΡΩΣΗ.

Με την σάρωση επιτυγχάνεται καθαρισμός του κυλίνδρου από τα καυσαέρια, πλήρωση του κυλίνδρου με καθαρό αέρα και η ψύξη του κυλίνδρου λόγω διαφοράς θερμοκρασίας κυλίνδρου-αέρα.

### Σκοπός και χρησιμότητα

Σκοπός των συστημάτων παροχής αέρα είναι να φροντίσουν να εισέρθει στους κυλίνδρους η κατάλληλη ποσότητα αέρα με την κατάλληλη πίεση, ώστε να σαρώσει και να καθαρίσει τον κύλινδρο από τα καυσαέρια, καθώς και να πληρώσει τον κύλινδρο ώστε να πραγματοποιηθεί σωστή καύση του καυσίμου και να αυξηθεί η απόδοση της μηχανής. Τα συστήματα αυτά πρόεκυψαν από την ανάγκη να υποβοηθήσουν οι στροβιλοϋπερπληρωτές, κυρίως στα χαμηλά φόρτια της μηχανής, ειδικά στα πρώτα χρόνια της εφαρμογής τους σε μεγάλες δίχρονες μηχανές(συνήθως με σάρωση βρόγχου), όταν οι βαθμοί αποδόσεως των στροβιλοϋπερπληρωτών ήταν ακόμη χαμηλοί. Τα συστήματα που αναπτύχτηκαν ήταν αρκετά πολύπλοκα, ενώ σήμερα τα περισσότερα από αυτά δεν βρίσκονται σε χρήση, μιας και οι βαθμοί αποδόσεως των σύγχρονων στροβιλοϋπερπληρωτών είναι αρκετά υψηλοί και δεν υπάρχει η ανάγκη συμπληρωματικών συστημάτων παροχής αέρα, πλην των αυτομάτων ηλεκτροκίνητων φυσητήρων για τα χαμηλά φόρτια των μεγάλων δίχρονων πετρελαιομηχανών.

## Κεφάλαιο 2 : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΑΡΩΣΗΣ

Τα βασικά συστήματα σάρωσης είναι δυο:

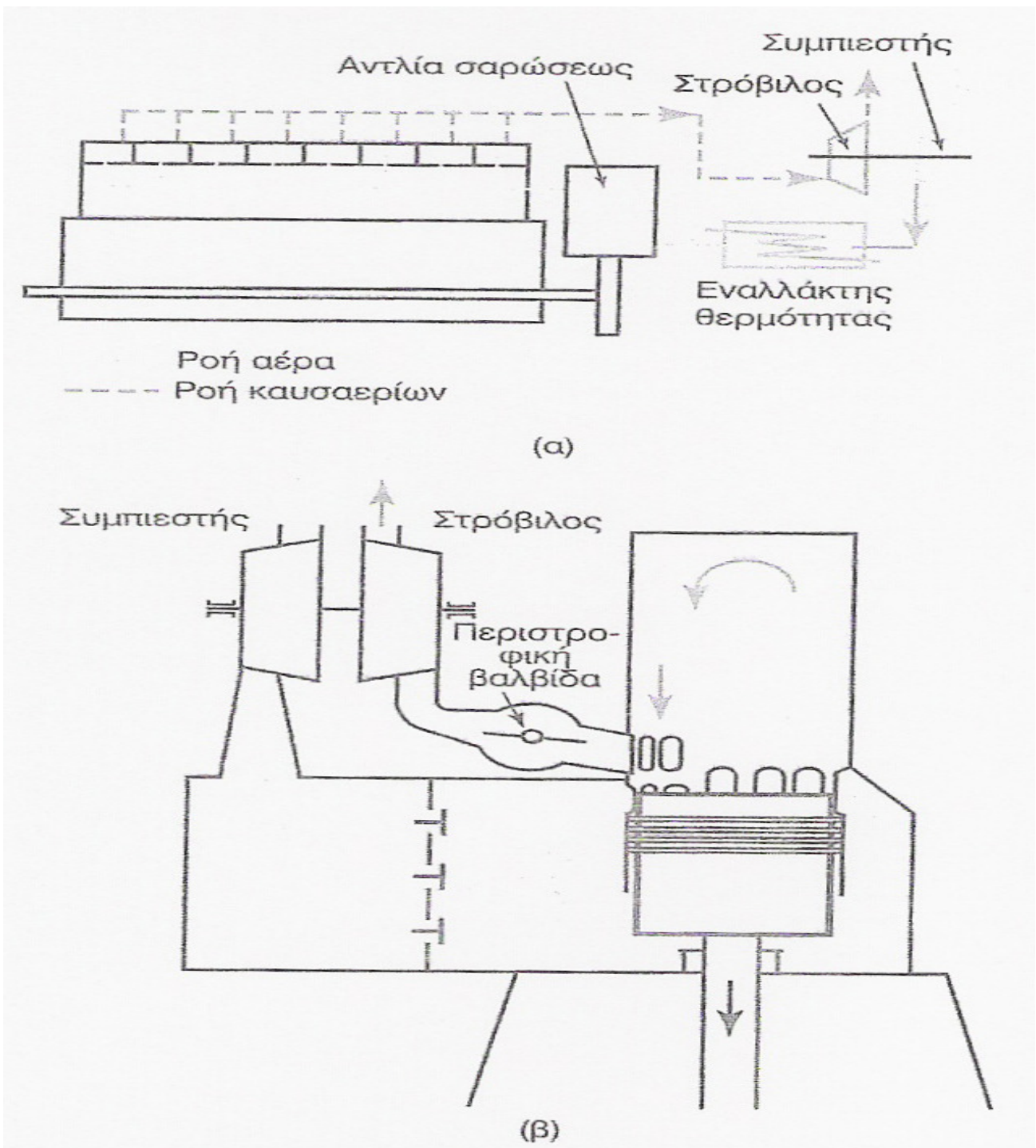
- 1.Συστημα ευθύγραμμης σάρωσης ή σάρωση κατά μια διεύθυνση(UNIFLOW SCAVENGING)
- 2.Συστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής. Το σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής χωρίζεται σε δυο μεθόδους:

Μέθοδος σάρωσης αναστροφής βρόγχου (LOOP SCAVENGING)

Μέθοδος εγκάρσιας σάρωσης (CROSS SCAVENGING)

Διάταξη σειράς

Η διάταξη σειράς ονομάζεται και διάταξη Curtis και προϋποθέτει την ύπαρξη στροβιλοϋπερπληρωτή και αντλίας σαρώσεως(σχ. 2α(α)). Τα καυσαέρια της μηχανής περιστρέφουν τον στρόβιλο και αυτός με την σειρά του το συμπιεστή. Ο συμπιεστής εισάγει αέρα από την ατμόσφαιρα, τον συμπιέζει και τον καταθλίβει στην αντλία σαρώσεως, αφού προηγουμένως ο αέρας πέρασε από τον εναλλάκτη θερμότητας. Η αντλία σαρώσεως θλίβει τον αέρα στον κύλινδρο, για να πραγματοποιηθεί η σάρωση και η πλήρωση. Για να αποδώσει σωστά η παραπάνω διάταξη, πρέπει ο όγκος της αντλίας ή των αντλιών να είναι 1 με 2 φορές μεγαλύτερος του όγκου του κυλίνδρου. Το σύστημα σειράς με ανεξάρτητη αντλία σαρώσεως δεν χρησιμοποιείται πλέον, λόγω του μεγάλου απαιτούμενου όγκου και βάρους της ανεξάρτητης αντλίας σαρώσεως. Σήμερα έχει επικρατήσει η διάταξη σειράς με χρήση του κάτω μέρους των εμβολών ως αντλία σαρώσεως(σχ. 2α(β)). Το σύστημα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί στις δίχρονες μηχανές με βάκτρο, αφού σε αυτές απομονώνεται η βάση του κυλίνδρου με διάφραγμα και δεν επικοινωνεί με τον στροφαλοθάλαμο. Έτσι σχηματίζεται ένας στεγανός χώρος αρκετά μεγάλων διαστάσεων κάτω από το εμβολο. Στο χώρο αυτό, καθώς κατέρχεται το εμβολο, ο αέρας συμπιέζεται επιπλέον και στη συνέχεια οδηγείται στον κύλινδρο. Στο σχήμα 2α(β) ο συμπιεστής θλίβει τον αέρα μέσω των ανεπίστροφων βαλβίδων κάτω από το εμβολο, όταν το εμβολο ανέρχεται από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ. Όταν το εμβολο κατέρχεται, οι ανεπίστροφες βαλβίδες κλείνουν, ο αέρας συμπιέζεται και με το άνοιγμα των θυρίδων εισαγωγής πραγματοποιείται η σάρωση και η υπερπλήρωση. Η περιστροφική βαλβίδα χρειάζεται για να εμποδίζει τη διαφυγή του αέρα σαρώσεως ή την επιστροφή των καυσαερίων στον κύλινδρο, όταν το εμβολο βρίσκεται στο ΚΝΣ. Η συγκεκριμένη βαλβίδα δεν χρησιμοποιείται πλέον, λόγω των προβλημάτων αντοχής της από την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων.



Σχήμα 2α(α-β)

(α) Γενική διάταξη

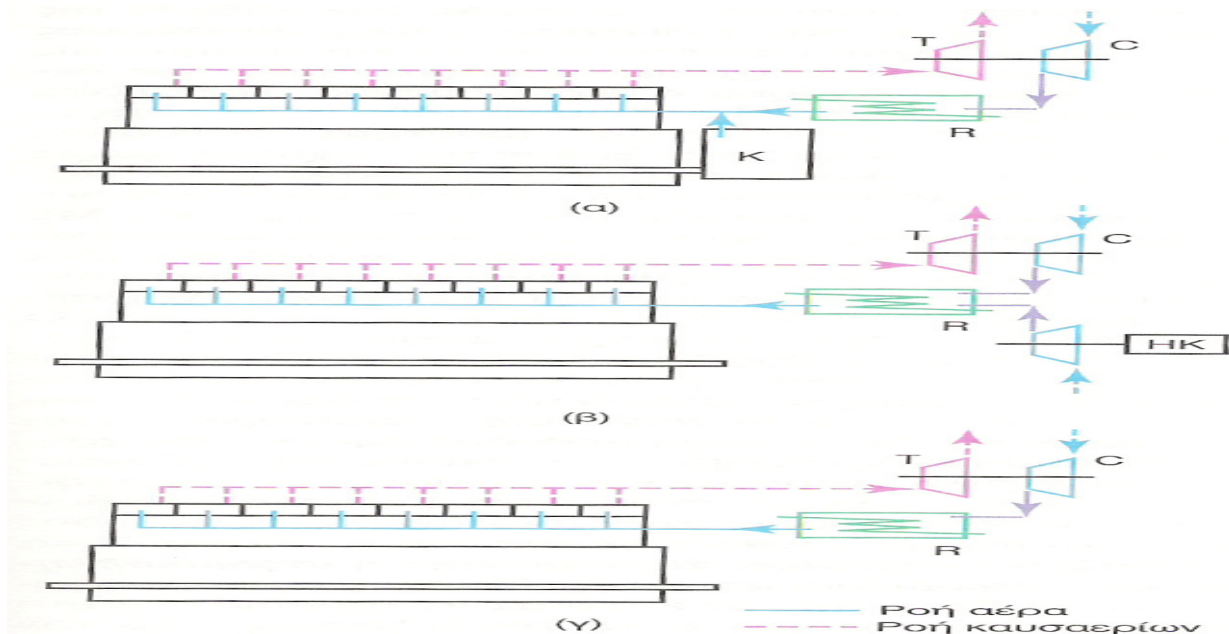
(β) Εφαρμογή του κάτω μέρους του Έμβολου ως αντλία σαρώσεως



## Παράλληλη διάταξη

Σε αυτή τη διάταξη (σχ. 2β(α)) παράλληλα προς το στροβιλοϋπερπληρωτή υπάρχει και μια μακράς εμβολοφόρος αντλία σαρώσεως (Κ), η οποία λαμβάνει κίνηση από την μηχανή. Μπορεί όμως εναλλακτικά να υπάρχει ηλεκτροκίνητος (ΗΚ) συμπιεστής, όπου θλίβει τον αέρα στον κύλινδρο όπως φαίνεται στο σχήμα 2β(β). Η λειτουργία της διατάξεως αυτής είναι η εξής:

Τα θερμά καυσαέρια εξερχόμενα από την μηχανή εισέρχονται στο στρόβιλο (Τ) και τον περιστρέφουν. Περιστρεφόμενος ο στρόβιλος περιστρέφει τον συμπιεστή των στροβιλοϋπερπληρωτών. Ο συμπιεστής παίρνει τον αέρα από την ατμόσφαιρα, τον καταθλίβει στον εναλλάκτη θερμότητας (Ε) και από εκεί στη μηχανή για σαρώσει και πλήρωση. Παράλληλα όμως, ένας ηλεκτροκίνητος (αυτόματης λειτουργιάς) περιστρέφει ένα δεύτερο συμπιεστή, ο οποίος παίρνει τον αέρα από την ατμόσφαιρα, τον θλίβει στον εναλλάκτη θερμότητας (Κ) και στη συνέχεια οδηγείται στους κυλίνδρους. Η απλούστερη και αποδοτικότερη διάταξη θα ήταν, αν ο στροβιλοϋπερπληρωτής λειτουργούσε μόνον αυτός, όπως φαίνεται στο σχήμα 2β(γ). Αυτό όμως δεν μπορεί να γίνει, λόγω της μικρής θερμοκρασίας και πίεσεως των καυσαερίων κατά την εκκίνηση και επιτάχυνση της μηχανής, καθώς και της υπό χαμηλό φορτίο λειτουργιάς(30%-50%).



Σχήμα 2β(α-β-γ)

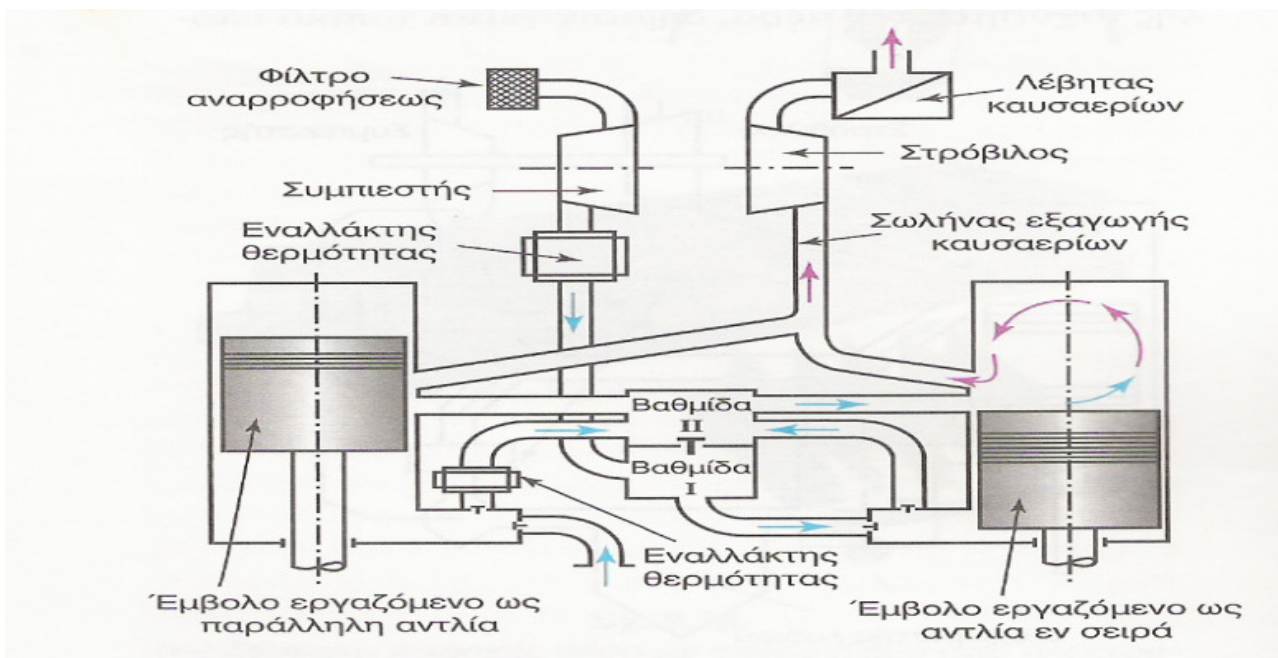
(α) Με χρήση μηχανικής αντλίας σαρώσεως

(β) Με χρήση ηλεκτροκίνητου ανεξάρτητου υπερπλήρωσης

(γ) Απλή διάταξη υπερπλήρωσεως με χρήση στροβιλοϋπερπληρωτή

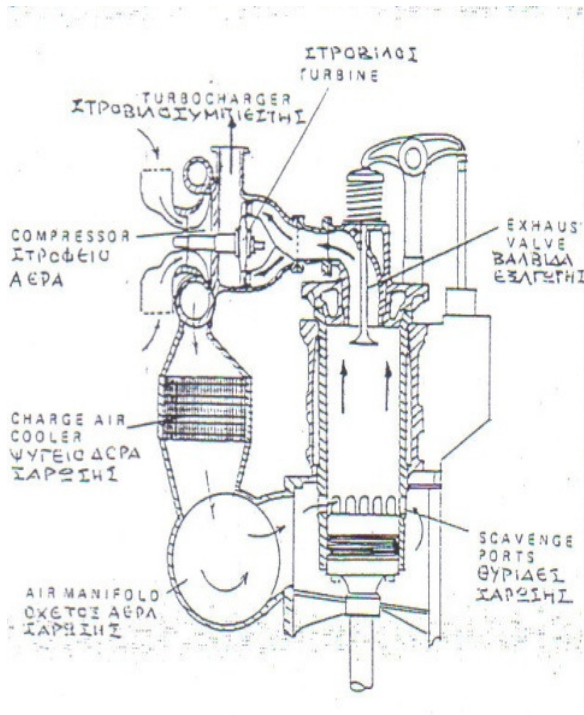
## Μεικτή διάταξη

Είναι ένα σύστημα παροχής αέρα με συνδυασμό διατάξεων σε σειρά και παράλληλα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2γ. Το σύστημα αυτό εφαρμοζόταν παλαιότερα σε μηχανές MAN. Σε αυτές τις μηχανές όλα τα εμβόλα με τις κάτω όψεις τους λειτουργούσαν ως αντλίες σαρώσεως. Το 1/3 του αριθμού των εμβολών λειτουργούσαν με παράλληλη διάταξη παροχής αέρα, ως προς τους στροβιλοϋπερπληρωτές, ενώ τα υπόλοιπα σε σειρά. Έτσι στις μικρές ταχύτητες, όπου η συμμετοχή του στροβιλοϋπερπληρωτή είναι μικρή, όλα τα εμβόλα εργάζονταν ως αντλίες σαρώσεως, παρέχοντας αέρα στο χώρο της βαθμίδας (II). Με την αύξηση των στροφών της μηχανής, οι συμπιεστές θλίβουν πολύ περισσότερο αέρα απ' ό,τι μπορούν να παρέχουν οι κάτω όψεις σε σειρά. Έτσι η πίεση της βαθμίδας (I) αυξάνεται και όταν εξισωθεί με την πίεση της βαθμίδας (II), ανοίγει αυτόματα μια βαλβίδα όπου υπάρχει ανάμεσα στις βαθμίδες (I) κ (II). Τότε η πλεονάζουσα ποσότητα του αέρα καταθλίβεται στη βαθμίδα (II), παρακάμπτοντας την κάτω πλευρά των εμβολών. Τα εμβόλα που λειτουργούν σε σειρά συνεχίζουν να παρέχουν αέρα, χωρίς όμως να παράγεται κανένα έργο συμπίεσεως. Αυτό συμβαίνει όταν η μηχανή εργάζεται με φορτίο μικρότερο του 50%. Για μεγαλύτερα φόρτια η μηχανή εργάζεται με την παράλληλη διάταξη παροχής αέρα. Το σύστημα αυτό δεν βρίσκεται πλέον σε εφαρμογή.



Σχήμα 2γ (Μεικτή διάταξη παροχής αέρα)

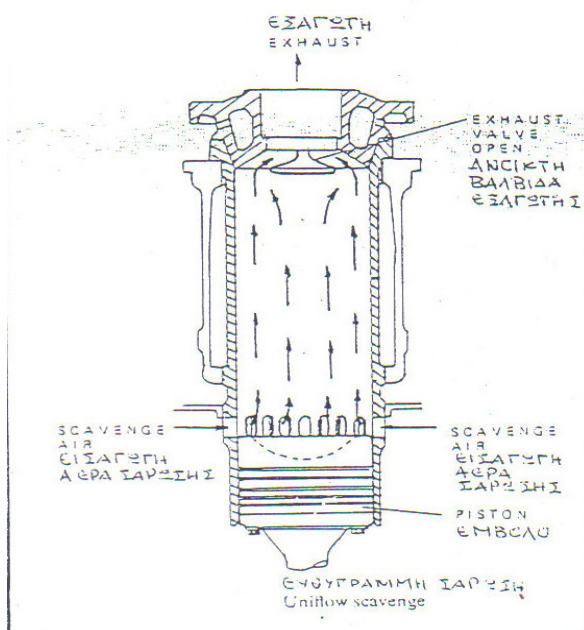
## Σύστημα στρόβιλοσυμπιεστή



Σχήμα 2δ

Πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι η εκμετάλλευση των καυσαερίων εξαγωγής. Η απόδοση του αέρα σάρωσης αυξάνεται με την τοποθέτηση του συστήματος ψυγείου, μετά τον αεροσυμπιεστή. Αυξάνεται η μάζα του εισερχομένου αέρα στο κύλινδρο και έτσι μπορεί να καίει περισσότερο πετρέλαιο για περισσότερη ισχύ. (σχ. 2δ)

## Σύστημα ευθύγραμμης σάρωσης



Σχήμα 2ε

Ο αέρας σάρωσης εισέρχεται από θυρίδες στο κάτω μέρος του κυλίνδρου, ακόλουθη ανοδική ροή και τα καυσαέρια εξέρχονται από βαλβίδα εξαγωγής στο πόμα του κυλίνδρου. Το σύστημα αυτό έχει καλό βαθμό απόδοσης διότι η σάρωση έχει ανοδική κατεύθυνση με αποτέλεσμα να καθαρίζεται ο κύλινδρος καλύτερα και οι φάσεις σάρωσης-εξαγωγής να εκτελούνται αποδοτικότερα λόγω της μικρότερης αντίστασης στη ροή. Παρουσιάζει το πλεονέκτημα καλής υπερπλήρωσης. (σχ. 2ε)

## **Ευθύγραμμη σάρωση**

Στο σύστημα αυτό ο αέρας εισέρχεται στο κύλινδρο από θυρίδες και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνεται από βαλβίδες εξαγωγής. (Η εξαγωγή των καυσαερίων γινόταν σε ορισμένες μηχανές όπως στις DOXFORD με αντίθετης κίνησης εμβολα από θυρίδες που βρίσκονται στο άνω μέρος του χιτωνίου). Πάντοτε στο σύστημα αυτό ο αέρας ακόλουθη ανοδική πορεία, και τα καυσαέρια εξέρχονται από τον κύλινδρο με μεγαλύτερη ευκολία. Το σύστημα αυτό το ακολουθούτε τελευταία σχεδόν όλοι οι κατασκευαστικοί οίκοι για τα έξι πλεονεκτήματα:

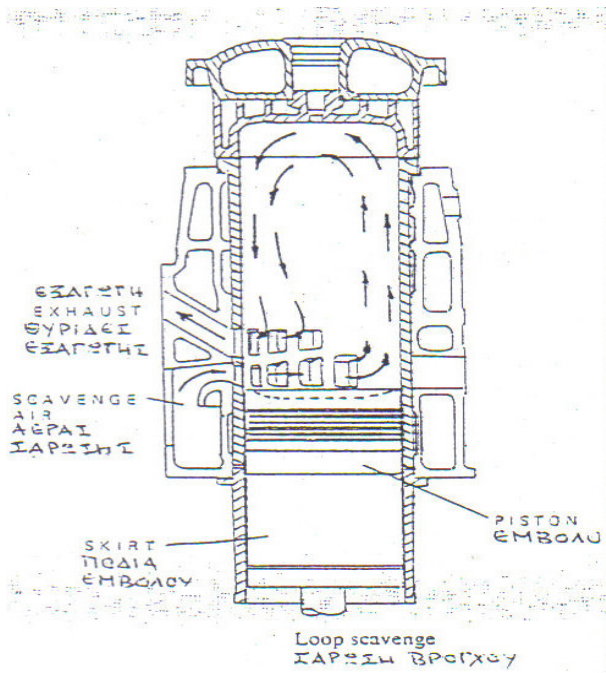
### **Πλεονεκτήματα ευθύγραμμης σάρωσης:**

- α) Ο κύλινδρος καθαρίζεται καλύτερα από τα καυσαέρια.
- β) Παρουσιάζεται πολύ μικρή αντίσταση στη ροή του αέρα.
- γ) Χρειάζεται μικρότερο έργο άντλησης διότι έχουμε πολύ μικρή αντίσταση στην εξαγωγή.
- δ) Παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης σάρωσης.
- ε) Μικρότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου.
- στ) Διευκολύνει καλύτερα την υπερπλήρωση.

### **Μειονεκτήματα ευθύγραμμης σάρωσης:**

- α) Πολυπλοκότερο σύστημα λόγω βαλβίδων.
- β) Δυσκολότερη τοποθέτηση βαλβίδων.
- γ) Πιο δαπανηρή κατασκευή.
- δ) Περισσότερες ώρες συντήρησης και επιθεώρησης.

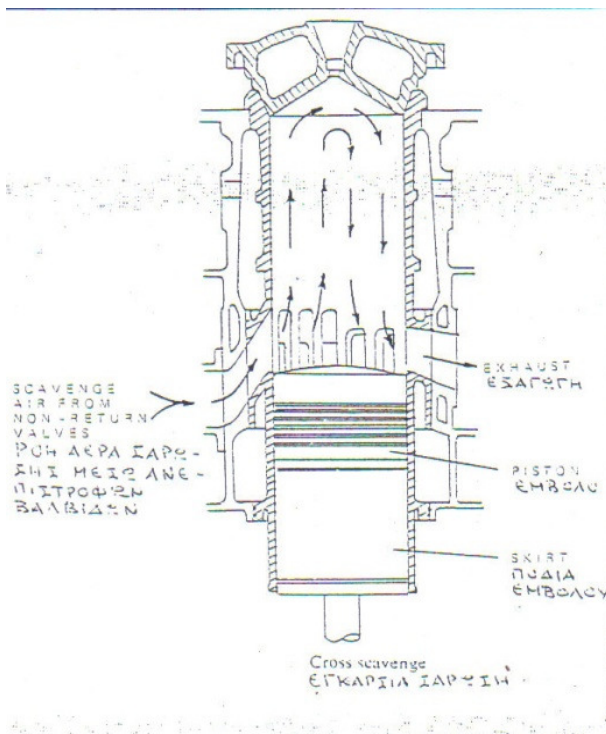
## Σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής (ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΡΟΓΧΟΥ).



Σχήμα 2στ

Ο αέρας σάρωσης εισέρχεται από θυρίδες που βρίσκονται στη μια πλευρά του κάτω μέρους του κυλίνδρου και τα καυσαέρια εξέρχονται από θυρίδες που βρίσκονται στην ίδια πλευρά αλλά ψηλότερα από τις θυρίδες σάρωσης. Με την μέθοδο αυτή ο αέρας ακολουθεί αναστρεφόμενη πορεία όπως φαίνεται στο σχήμα. Η αποκάλυψη των θυρίδων σάρωσης και εξαγωγής γίνεται από εμβολο. (σχ.2στ)

## Σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής (ΜΕΘΟΔΟ ΕΓΚΑΡΣΙΑ)



Σχήμα 2ζ

Ο αέρας σάρωσης εισέρχεται από θυρίδες που βρίσκονται στη μίση περιφέρεια του κάτω μέρους του κυλίνδρου ακολουθεί επιστρεφόμενη ροη και τα καυσαέρια εξέρχονται από θυρίδες στην απέναντι ακριβώς πλευρά. Για να αποκτήσει ο αέρας ισχυρότερο ρεύμα οι κατασκευαστές δίνουν κατάλληλη λοξότητα στις θυρίδες και κατάλληλη διαμόρφωση στην κεφαλή του εμβόλου.(σχ.2ζ)

## **Σάρωση επιστρεφόμενης ροής**

### **Πλεονεκτήματα:**

- α) Απλούστερο σύστημα λόγο του ότι δεν έχει βαλβίδες.
- β) Ευκολότερος σχεδιασμός για την τοποθέτηση καυστήρων.
- γ) Λιγότερος χρόνος συντήρησης και επιθεώρησης.
- δ) Μικρότερο κόστος κατασκευής.

### **Μειονεκτήματα:**

- α) Μεγαλύτερη αντίσταση στη ροή του αέρα.
- β) Περισσότερο έργο άντλησης λόγω της αντίστασης.
- γ) Μικρότερο βαθμό απόδοσης σάρωσης.
- δ) Ανομοιόμορφη μορφή καταπόνησης των θυρίδων εισαγωγής και εξαγωγής.
- ε) Μεγαλύτερη δυσκολία στην υπερπλήρωση.
- στ) Μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση καύσιμου.

## **Σύστημα επιστρεφόμενης ροής (ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΡΟΓΧΟΥ)(LOOP SCAVENGING)**

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε ή χρησιμοποιείται από την SULZER και στον τύπο KZ της MAN. Στη κάτω μίση πλευρά του χιτωνίου βρίσκονται οι θυρίδες εξαγωγής και εισαγωγής. Έτσι ο αέρας μπαίνοντας στο κύλινδρο αναστρέφεται και παρασύρει τα καυσαέρια που εξέρχονται από την ίδια πλευρά.

Η μέθοδος αυτή έχει αρκετά καλή αποδοτική σάρωση και παρουσιάζει απλότητα κατασκευής.

## **Σύστημα επιστρεφόμενης ροής (ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΣΑΡΩΣΗΣ)(CROSS SCAVENGING)**

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε από κατασκευαστικούς οίκους όπως MAN, STORK, κτλ. Κατά την μέθοδο αυτή, στην κάτω μίση περιφέρεια του χιτωνίου βρίσκονται οι θυρίδες σαρώσεως αέρα και ακριβώς στη μίση απέναντι περιφέρεια είναι οι θυρίδες εξαγωγής που ασφαλώς βρίσκονται λίγο υψηλότερα από τις θυρίδες σαρώσεως. Για να αποκτήσει κάποιον στροβιλισμό ο αέρας σαρώσεως οι θυρίδες διαμορφώνονται με την κατάλληλη λοξότητα για τον καλύτερο καθαρισμό του κυλίνδρου και για την γρηγορότερη και ομογενοποίηση του αέρα με το καύσιμο.

Η μέθοδος αυτή είναι απλή αλλά δεν εξασφαλίζει μεγάλο βαθμό απόδοσης σάρωσης με συνέπεια αύξηση της ειδικής κατανάλωσης του καυσίμου.

## **ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ**

Βαθμός απόδοσης σάρωσης ( $n_{sc}$ ) είναι ο λόγος του αέρα που παραμένει στο κύλινδρο μετά το κλείσιμο των θυρίδων προς τον αέρα αυτόν συν τα παραμένοντα καυσαέρια.

Εάν  $W_r$  = αέρας που παραμένει στον κύλινδρο μετά το κλείσιμο των θυρίδων.

$W_g$  = καυσαέρια του προηγούμενου κύκλου που δεν εξήλθαν από τον κύλινδρο.

Τότε :

$$n_{sc} = \frac{W_r}{W_r + W_g}$$

Ο βαθμός απόδοσης σάρωσης ( $n_{sc}$ ) εκφράζει το πόσο καλά καθάρισε ο κύλινδρος για να έχει καλή απόδοση η μηχανή. Όταν λέμε ότι  $n_{sc} = 95\%$  καθαρός αέρας και  $5\%$  παραμένοντα καυσαέρια.

## **Συντελεστής σάρωσης**

Συντελεστής σάρωσης ( $c_{sc}$ ) είναι ο λόγος του ολικού βάρους αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο προς το βάρος του αέρα που παραμένει στον κύλινδρο μετά το κλείσιμο των θυρίδων.

Εάν  $W_t$  = ολική ποσότητα αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο.

$W_r$  = αέρας που παραμένει στον κύλινδρο μετά το κλείσιμο των θυρίδων.

τότε θα ισχύει:

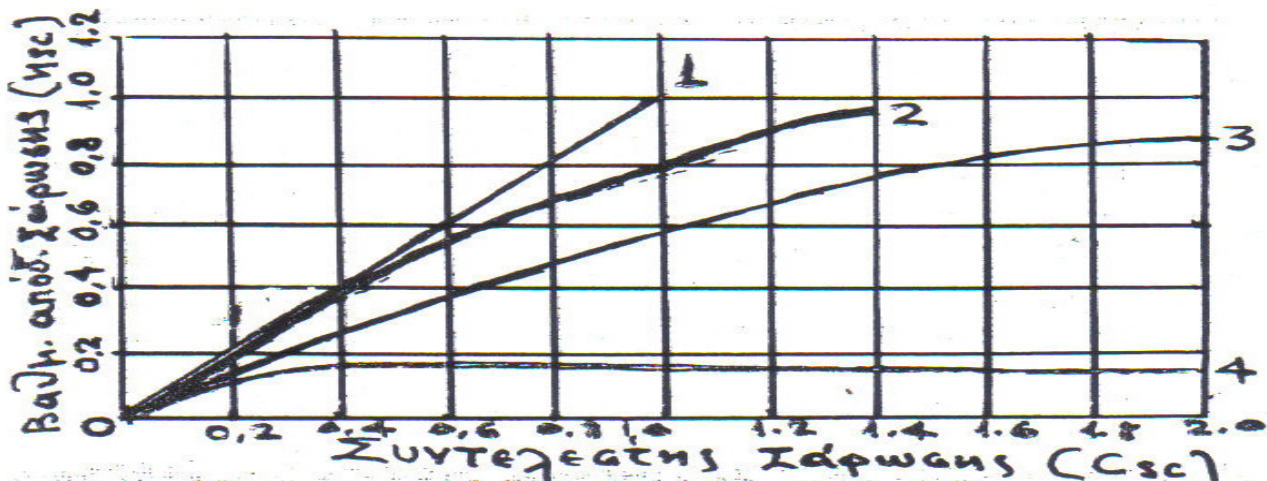
$$c_{sc} = \frac{W_t}{W_r}$$

Ο συντελεστής σάρωσης εκφράζει την ποσότητα του αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο σε σχέση με την ποσότητα του αέρα που παραμένει στον κύλινδρο μετά το κλείσιμο των θυρίδων.

## Διάγραμμα του List(σχ. 2η)

Πάνω σε άξονες  $n_{sc}$  και  $C_{sc}$  μπορούμε να δούμε πόσο αποδοτική είναι η σάρωση που κατά ένα μεγάλο βαθμό εξαρτάται η απόδοση της μηχανής.

- 1.Τελεια σάρωση.
- 2.Σαρωση για μηχανές κατά μια διεύθυνση.
- 3.Σαρωση τέλειαν ανάμιξης.
- 4..Βραχυκυκλωση.



Σχήμα 2η

Είπαμε ότι από την καλή σάρωση εξαρτάται η καλή απόδοση της μηχανής. Για να έχουμε καλή σάρωση θα πρέπει οι κατασκευαστές να επιλέξουν το καλύτερο δυνατό σύστημα, έτσι διαμορφώνουν κατάλληλα τις θυρίδες και τις βαλβίδες εξαγωγής, τον θάλαμο καύσης, ρυθμίζουν τον χρόνο ανοίγματος των βαλβίδων εξαγωγής, δίνουν τις κατάλληλες μοίρες ανοίγματος των θυρίδων για να έχουμε την καλύτερη δυνατή σάρωση. Σύμφωνα με το διάγραμμα του List πάνω στο οποίο παίρνουμε τις καμπύλες σε σχέση με τον βαθμό απόδοσης σάρωσης και τον συντελεστή σάρωσης έχουμε τις παρακάτω περιπτώσεις.

Τέλεια σάρωση: Όταν ο αέρας που εισέρχεται στον κύλινδρο απομακρύνει από αυτόν ίση ποσότητα καυσαερίων χωρίς να ανακατεύεται με αυτά, στην περίπτωση αυτή έχουμε: ( $W_a=W_r$ ,  $n_{sc}=1$ , και  $c_{sc}=1$ )

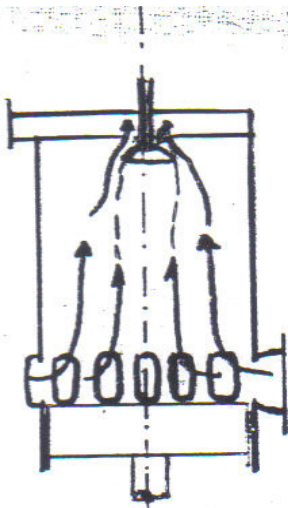
Τέλεια ανάμιξη: Όταν βγαίνει από τον κύλινδρο μίγμα καυσαερίων-αέρα ίσο προς την ποσότητα αέρα που εισήρθε στον κύλινδρο.(αυτή η καμπύλη είναι θεωρητική).

Βραχυκύκλωση: Όταν βραχυκυκλώνεται ο κύλινδρος και δεν μπορεί ο αέρας να εκδιώξει τα καυσαέρια.

Η καμπύλη 2 δείχνει σάρωση κατά μια διεύθυνση.

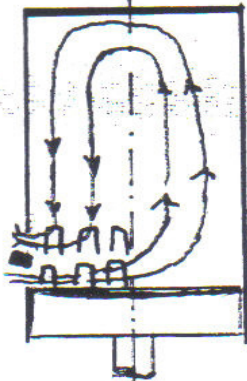
Η επιστρεφόμενη ροή κατά την λειτουργία που μέρος του αέρα εξέρχεται με τα καυσαέρια και ένα μικρό μέρος βραχυκυκλώνει στον κύλινδρο.





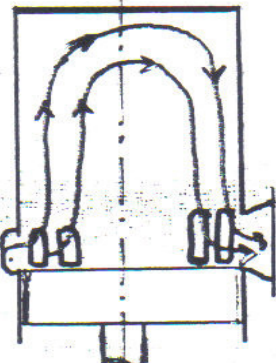
### 1)Ευθύγραμμο σύστημα σάρωσης(σχ. 201)

Ο αέρας εισέρχεται από θυρίδες και τα καυσαέρια εξέρχονται από βαλβίδα(ες) στο πάμα.



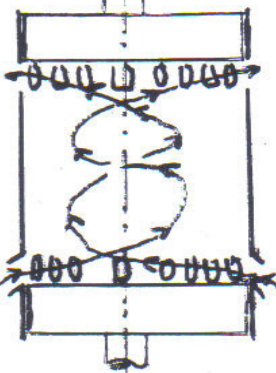
### 2)Σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής(μέθοδος βρόγγου)(σχ.202)

Ο αέρας εισέρχεται από θυρίδες σάρωσης που βρίσκονται στην κάτω μισή πλευρά του χιτωνίου και τα καυσαέρια εξέρχονται από θυρίδες εξαγωγής που βρίσκονται στην ίδια πλευρά λίγο ψηλότερα.



### 3)Σύστημα σάρωσης επιστρεφόμενης ροής(εγκάρσια μέθοδος) (σχ.203)

Ο αέρας εισέρχεται από θυρίδες που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά και λίγο ψηλότερα.



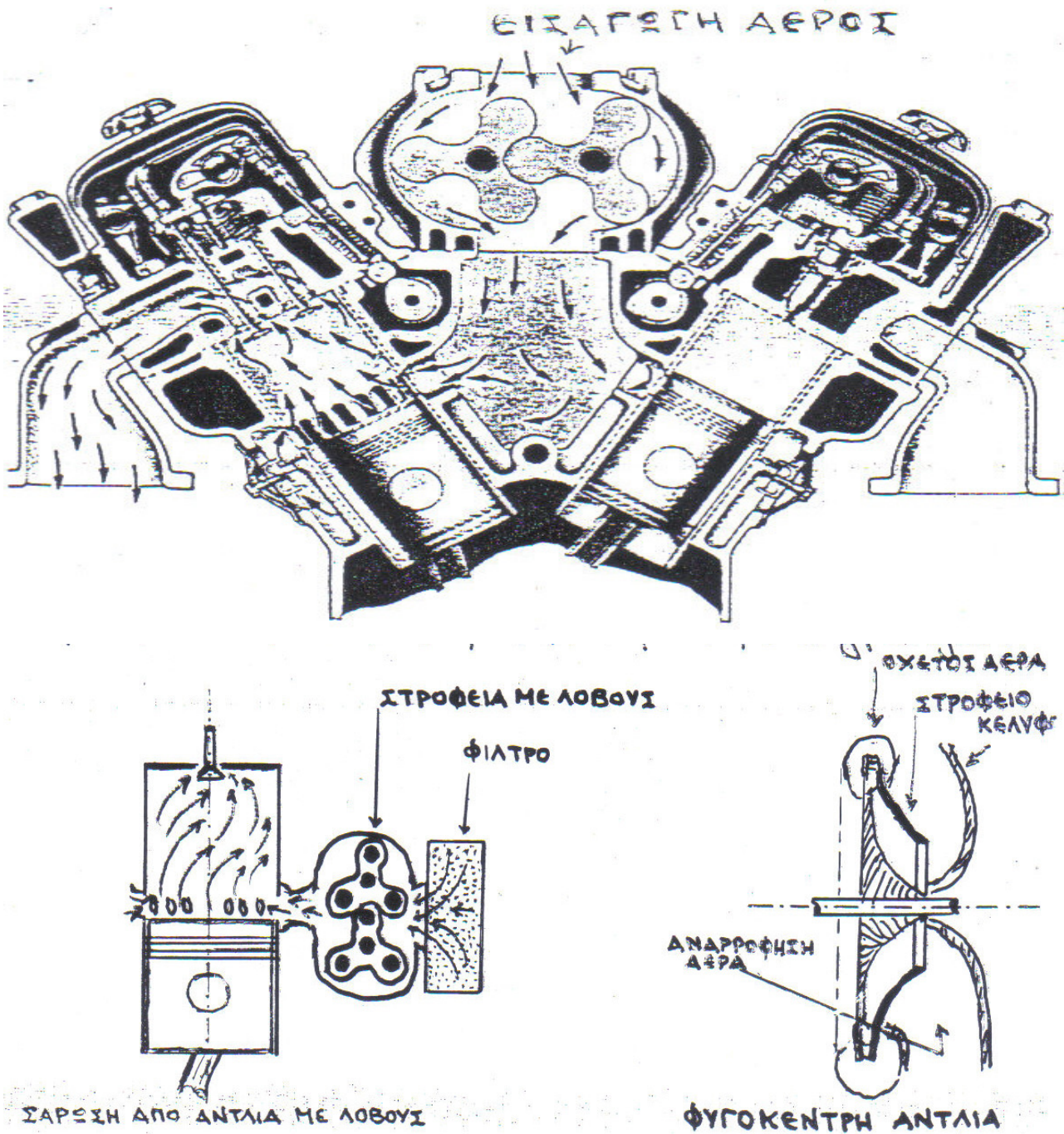
### 4)Ευθύγραμμο σύστημα σάρωσης σε μηχανή με αντιθέτως κινούμενα εμβόλα(σχ.204)

Ο αέρας εισέρχεται από θυρίδες που βρίσκονται σε όλη την κάτω περιφέρεια του χιτωνίου και τα καυσαέρια εξέρχονται από θυρίδες που βρίσκονται σε όλη την περιφέρεια του πάνω χιτωνίου.

Σχήμα 20(1,2,3,4)

## Μέθοδοι σάρωσης(σχ.2ι)

- 1)Με υπόπνευση στροφαλοθαλάμου.
- 2)Με εμβολοφόρο αντλία.
- 3)Με περιστροφική αντλία με λοβούς.
- 4)Με φυγοκεντρική αντλία



Σχήμα 2ι

## **Υπερπλήρωση (Supercharging)**

Η υπερπλήρωση έχει ως σκοπό την αύξηση της μάζας του αέρα που εισέρχεται στους κυλίνδρους της μηχανής. Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση της πυκνότητας του εισερχομένου αέρα, όποτε για δεδομένο όγκο κυλίνδρου, ο περιεχόμενος αέρας είναι μεγαλύτερης μάζας. Η αυξημένη μάζα αέρα επιτρέπει την καύση μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου, όποτε αυξάνεται η ισχύς εξόδου της μηχανής, χωρίς να αυξηθεί ο όγκος του κινητήρα.

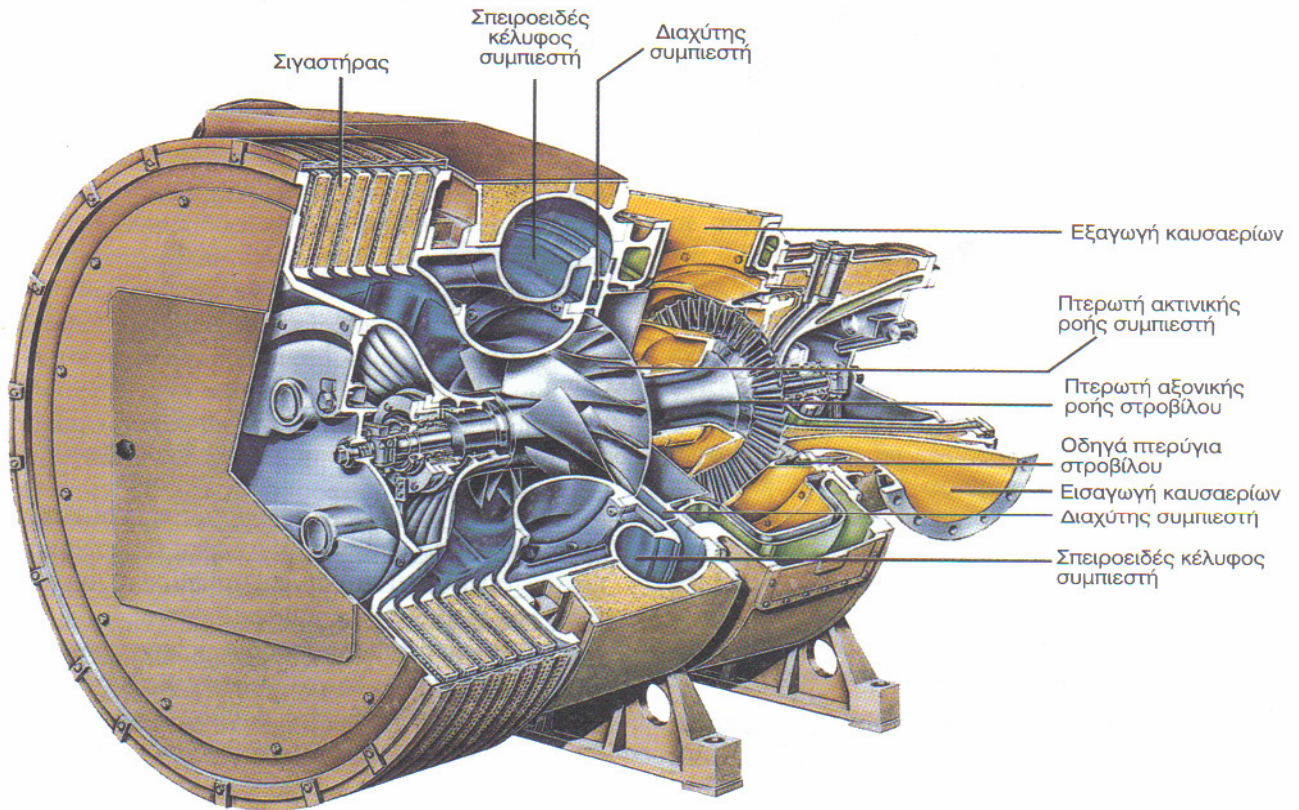
Συνεπώς αυξάνεται η παραγόμενη ισχύς ανά μονάδα όγκου η ανά μονάδα βάρους της μηχανής. Με την χρήση της υπερπλήρωσης η ίδια ισχύς μπορεί να παραχθεί από μικρότερες μηχανές η από την ίδια μηχανή μπορεί να παραχθεί μεγαλύτερη ισχύς.

Η αύξηση της πυκνότητας του εισερχομένου αέρα επιτυγχάνεται με την χρήση ενός συμπιεστή. Ο συμπιεστής μπορεί να πάρει κίνηση με δυο τρόπους, οι οποίοι ορίζουν τις δυο μεθόδους υπερπληρώσεως. Η πρώτη μέθοδος αναφέρεται σε συμπιεστή που παίρνει κίνηση από τον άξονα της μηχανής, ονομάζεται δε μηχανική υπερπλήρωση (supercharging). Η δεύτερη μέθοδος αφορά την χρησιμοποίηση ενός στροβίλου, ο οποίος εκμεταλλεύεται την υψηλή ενεργεία των καυσαερίων και περιστρεφόμενος κινεί τον συμπιεστή, με τον οποίο βρίσκεται συνδεδεμένος στον ίδιο άξονα. Η μέθοδος καλείται στροβιλοϋπερπλήρωση. Η ισχύς που απορροφά από τα καυσαέρια προσδίδεται στο συμπιεστή ο οποίος είναι ανεξάρτητος από τον άξονα περιστροφής της μηχανής. Στη πρώτη μέθοδο η ταχύτητα περιστροφής της μηχανής καθορίζει το σημείο λειτουργίας του στροβίλου και η αποροφώμενη ισχύς από τα καυσαέρια, καθορίζουν το σημείο λειτουργίας του συμπιεστή.

Το κύριο πλεονέκτημα του στροβιλοϋπερπληρωτή σε σχέση με τον μηχανικό υπερπληρωτή, είναι ότι η ισχύς περιστροφής του δίνεται από τα καυσαέρια ισχύς των οποίων διαφορετικά χάνεται στο περιβάλλον. Ως αποτέλεσμα, η χρήση στροβιλοϋπερπληρώσεως αυξάνει τον βαθμό απόδοσης του κινητήρα. Όμως η υλοποίηση της σχεδιάσεως του συγκροτήματος είναι δυσκολότερη και απαιτεί υψηλή απόδοση από όλα τα τμήματα που απαρτίζουν το συγκρότημα του στροβιλοϋπερπληρωτή.

Οι συμπιεστές που καλύπτουν με τον καλύτερο τρόπο τις απαιτήσεις υπερπληρώσεως και γι' αυτό χρησιμοποιούνται πλέον αποκλειστικά, είναι οι περιστροφικοί συμπιεστές ακτινικής ροής (φυγοκεντρικοί). Οι κυριότεροι λόγοι αποκλειστικής χρήσεως τους είναι η απλότητα τους, η στιβαρότητα της κατασκευής, ο μεγάλος λόγος πίεσεως που επιτυγχάνουν με μια βαθμίδα συμπίεσεως και μικρό σχετικά μέγεθος τους. Επίσης εμφανίζουν μικρή ευαισθησία στην εισρόφηση ξένων αντικειμένων και στις επικαθίσεις ακαθαρσιών πάνω στα πτερύγια τους. Η ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή είναι συνήθως αρκετά υψηλή ώστε με μικρό μέγεθος συμπιεστή να προκύπτουν μεγάλη παροχή αέρα.

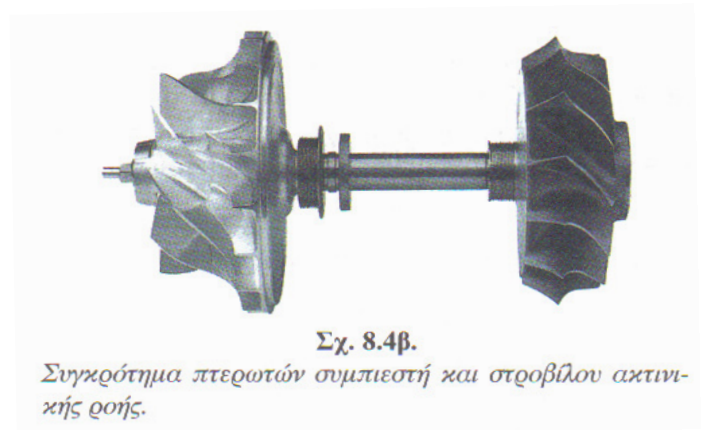
Η συμπίεση του αέρα στο συμπιεστή, εκτός από αύξηση της πυκνότητας του, προκαλεί και αύξηση της θερμοκρασίας του. Όμως η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί διαστολή του αέρα, όποτε η επιτυγχανόμενη αύξηση της πυκνότητας είναι μικρότερη από την επιθυμητή. Για το λόγο αυτό μετά τον συμπιεστή ακολουθεί εναλλάκτης θερμότητας, ο οποίος ψύχει τον εισερχόμενο συμπιεσμένο αέρα, ώστε η επιθυμητή αύξηση της πίεσεως του να συνδυαστεί με τη μέγιστη αύξηση της πυκνότητας του. Οι εναλλάκτες θερμότητας είναι δυο τύπων: ο εναλλακτης αέρας-νερού και ο εναλλακτης αέρα-αέρα.



**Σχ. 8.4θ.**  
*Στροβιλοϋπερπληρωτής ναυτικής πετρελαιομηχανής σε τομή.*



**Σχ. 8.4α.**  
*Πτερωτή φυγοκεντρικού συμπιεστή.*



**Σχ. 8.4β.**  
*Συγκρότημα πτερωτών συμπιεστή και στροβίλου ακτινικής ροής.*

Σχήμα 2α

## **Υπερπλήρωση τετράχρονων μηχανών**

Η 4χρονη μηχανή γνωρίζουμε ότι έχει μεγάλη άνεση στην ψύξη και λίπανση λόγο του ότι σε 4 διαδρομές του εμβόλου έχουμε μια καύση. Υπάρχει αρκετός χρόνος για άνετη εισαγωγή του αέρα στον κύλινδρο που σε μια ολόκληρη και πλέον διαδρομή του εμβόλου. Έχει δυνατότητα επομένως η μηχανή να κάψει μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου χωρίς να υποφέρει από θερμικές καταπονήσεις και από τάσεις πιέσεων τα εξαρτήματα της.

Η υπερπλήρωση των 4χρονων μηχανών επιτυγχάνεται:

- 1)Με εξαρτημένες αντλίες αέρος από τη κυρία μηχανή.
- 2)Με ανεξάρτητες αντλίες που κινούνται με ηλεκτροκινητήρα.
- 3)Με την μέθοδο Buchi.
- 4)Με συνδυασμό μηχανικής κίνησης και στροβιλοφουσητήρα.

## **Υπερπλήρωση 2χρονων μηχανών**

Σε αντίθεση με τις 4χρονες μηχανές, στις 2χρονες μηχανές καθυστέρησε πολύ να εφαρμόσει γιατί η κατασκευή και γενικά ο τρόπος λειτουργίας, παρουσίασε δυσκολίες στην εφαρμογή της υπερπλήρωσης.

Οι δυσκολίες αυτές παρουσιάζονταν για τους παρακάτω λόγους:

- 1)Η 2χρονη έχει ανάγκη εντονότερης ψύξης και λίπανσης, διότι σε μια περιστροφή του εμβόλου έχουμε καύση και συνεπώς μεγαλύτερες τάσεις πιέσεων και θερμοκρασιών.
- 2)Χρειάζεται μέταλλα πολύ μεγάλης αντοχής.
- 3)Ο βαθμός απόδοσης του στροβιλοφουσητήρα πρέπει να είναι επαρκείς σε όλα τα φόρτια.
- 4)Επειδή υπάρχει ελάχιστος χρόνος στη δίχρονη μηχανή για να κλείσει ο κύκλος λειτουργίας κατά την φάση της σάρωσης δεν πρέπει να παρουσιάζεται αντίθλιψη στην εξαγωγή των καυσαερίων.
- 5)Λόγο της γρήγορης και έντονης σάρωσης τα καυσαέρια ψύχονται εν μέρει και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πτώση του βαθμού απόδοσης του στροβιλοφουσητήρα.

Οι τρόποι που χρησιμοποιηθήκαν για την εφαρμογή της υπερπλήρωσης στην δίχρονη μηχανή είναι:

- 1)Μέθοδος διάταξης σε σειρά.
- 2)Μέθοδος παράλληλης διάταξης.
- 3)Μέθοδος μεικτής διάταξης.

## Πλεονεκτήματα υπερπλήρωσης

- 1) Για μηχανές 4 χρόνων των ίδιων στροφών και διαστάσεων, αύξηση ισχύος 50-100%. Για μηχανές με μεγάλη υπερπλήρωση αύξηση ισχύος έως 200%.
- 2) Για μηχανές 2 χρόνων αύξηση ισχύος 40-60%. Για μεγάλη υπερπλήρωση μέχρι 100%.
- 3) Μείωση των διαστάσεων και του βάρους της μηχανής περίπου 40% για την ίδια ισχύ.
- 4) Μικρότερο αρχικό κόστος για την ίδια ισχύ και στροφές αν και έχει σχέση με την μη υπερπληρούμενη ακριβότερα υλικά κατασκευής.
- 5) Μείωση της ειδικής κατανάλωσης του καυσίμου για την ίδια ισχύ από 20-40% λόγω της αύξησης του μηχανικού βαθμού απόδοσης, του καλύτερου καθαρισμού του κυλίνδρου και την καλύτερη καύση καυσίμου
- 6) Εκμετάλλευση χώρου λόγω μικρότερου όγκου της μηχανής.
- 7) Χαμηλότερο κόστος συντήρησης λόγω μικρότερων διαστάσεων.
- 8) Μεγαλύτερη ευχέρεια καύσης βαρύτερων καυσίμων και άρα χαμηλότερης τιμής.

## Μειονεκτήματα υπερπλήρωσης

- 1) Χρειάζεται αντλία υπερπλήρωσης (αεροσυμπιεστή) η στροβιλοφουσητήρα.
- 2) Επειδή έχουμε μεγαλύτερες θερμικές καταπονήσεις και τάσεις λόγω των μεγαλύτερων πιέσεων, χρειάζεται η μηχανή μέταλλα καλύτερα με μεγάλη αντοχή και ενισχυμένα εξαρτήματα.

## Βαθμός υπερπλήρωσης

$$n_{sch} = \frac{N_{es}}{N_e} \quad \text{ή} \quad n_{sch} = \frac{P_{es}}{P_e}$$

Οπού  $n_{sch}$  = βαθμός υπερπλήρωσης

$N_{es}$  = ισχύς μηχανής με υπερπλήρωση

$N_e$  = ισχύς μηχανής χωρίς υπερπλήρωση

## Κεφάλαιο 3 : Συστήματα καυσαερίων

Σκοπός και χρησιμότητα τους.

Σκοπός των συστημάτων καυσαερίων είναι η συλλογή των καυσαερίων του κινητήρα και η οδήγηση τους στο στρόβιλο του υπερπληρωτή, με τρόπο ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της διαθέσιμης ισχύος τους. Τα καυσαέρια εξέρχονται από τον κύλινδρο και έχουν αρκετή διαθέσιμη ενέργεια. Ένα τμήμα αυτής της ενέργειας χάνεται στη μεταφορά λόγω μεταδόσεως ενέργειας προς το περιβάλλον, ειδικά αν το κέλυφος εισαγωγής των καυσαερίων του στροβιλοϋπερπληρωτή είναι υδροψυκτο. Αν δεν υπάρχει ψύξη, το ποσοστό ενέργειας των καυσαερίων που χάνεται πριν τον στρόβιλο υπερπλήρωτη δεν υπερβαίνει συνήθως το 5% της ενέργειας των καυσαερίων κατά την έξοδο από τον κύλινδρο. Η διαθέσιμη ενέργεια των καυσαερίων αυξάνεται με την αύξηση της πίεσεως εξόδου των καυσαερίων. Αυξημένη πίεση εξόδου των καυσαερίων, σημαίνει πως μειώνεται το παραγόμενο έργο του Έμβολου, αφού το έμβολο καταναλώνει έργο για να εξωθήσει τα καυσαέρια υπό υψηλή πίεση μέσα από το σύστημα των καυσαερίων. Στη συνέχεια θα περιγράψουν τα διαφορετικά είδη συστημάτων καυσαερίων, τα οποία έχουν αναπτυχθεί με την καλύτερη εκμετάλλευση της διαθέσιμης ενέργειας των καυσαερίων εντός του στροβίλου του υπερπληρωτή.

Η εκμετάλλευση της εξαγωγής των καυσαερίων από τους κυλίνδρους της μηχανής προς τους στροβιλοφυσητήρες γίνεται με δυο τρόπους:

- 1) Με το σύστημα σταθερής πίεσης.
- 2) Με το σύστημα παλμικής ροής.

### **Σύστημα σταθερής πίεσεως (constant pressure turbocharging)**

Στο σύστημα σταθερής πίεσεως τα καυσαέρια από τους κυλίνδρους οδηγούνται σε κοινό συλλέκτη καυσαερίων με μεγάλη διάμετρο, όπου γίνεται η απόσβεση της ενέργειας των κυμάτων πίεσεως (σχ.3α). Οι χρονικές διακυμάνσεις πίεσεως και παροχής εξομαλύνονται, με αποτέλεσμα ο στρόβιλος που ακολουθεί να λειτουργεί υπό σταθερές χρονικά συνθήκες. Το σύστημα σταθερής πίεσεως απαιτεί την ύπαρξη συλλέκτη καυσαερίων μεγάλου σχετικά όγκου, ο οποίος συνδέεται με την έξοδο των κυλίνδρων με κοντούς οχετούς εξαγωγής και σύστημα ανακτήσεως πίεσεως. Ο συλλέκτης έχει συνήθως κυλινδρικό σχήμα και τοποθετείται ανάμεσα στις δυο σειρές των κυλίνδρων. Στο συλλέκτη μπορεί να συνδεθεί και ένας μόνο υπερπληρωτής. Συνήθως στις

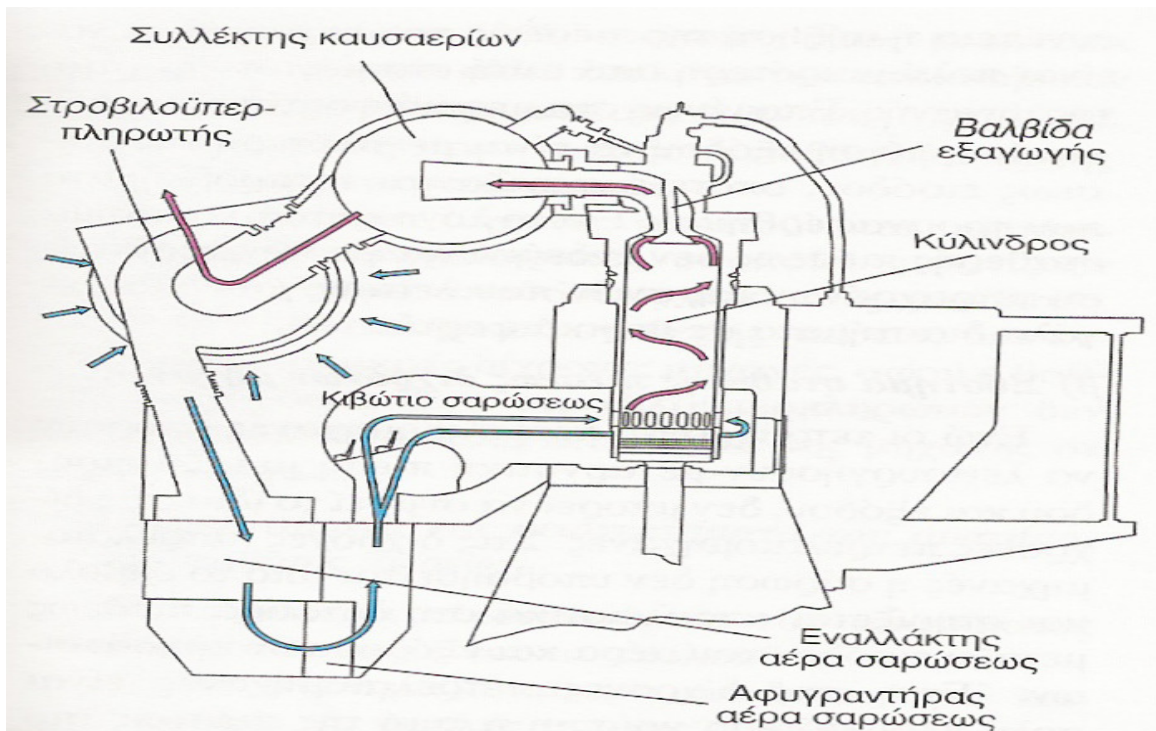
μεγαλύτερες μηχανές συνδέονται περισσότεροι μικρότεροι υπερπληρωτές, για λόγους ασφαλείας, ώστε στην περίπτωση βλάβης του ενός, οι να δίνουν ένα τμήμα της πίεσεως υπερπλήρωσης.

### Πλεονεκτήματα σταθερής πίεσης

- 1) Πίεση καυσαερίων σταθερή χωρίς διακυμάνσεις.
- 2) Καλύτερη λειτουργία στροβιλοφουσητήρα.
- 3) Μικρότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου.
- 4) Το σύστημα προσαρμόζεται με οποιοδήποτε αριθμό κυλίνδρων.
- 5) Λιγότερη συντήρηση στροβίλου.
- 6) Απλούστερο σύστημα.

### Μειονεκτήματα σταθερής πίεσης

- 1) Στα χαμηλά φορτία χρειάζεται βοηθητικός ηλεκτρικός φουσητήρας.
- 2) Τα καυσαέρια δεν έχουν μεγάλη ενέργεια στα χαμηλά φορτία.



Σχήμα 3α(Σύστημα σταθερής πίεσεως, σε συνδυασμό με ευθύγραμμη σάρωση κυλίνδρου και βαλβίδα εξαγωγής σε δίχρονη αργόστροφη μηχανή)



## Σύστημα παλμικής ροής (Pulse pressure turbocharging)(σχ.3β)

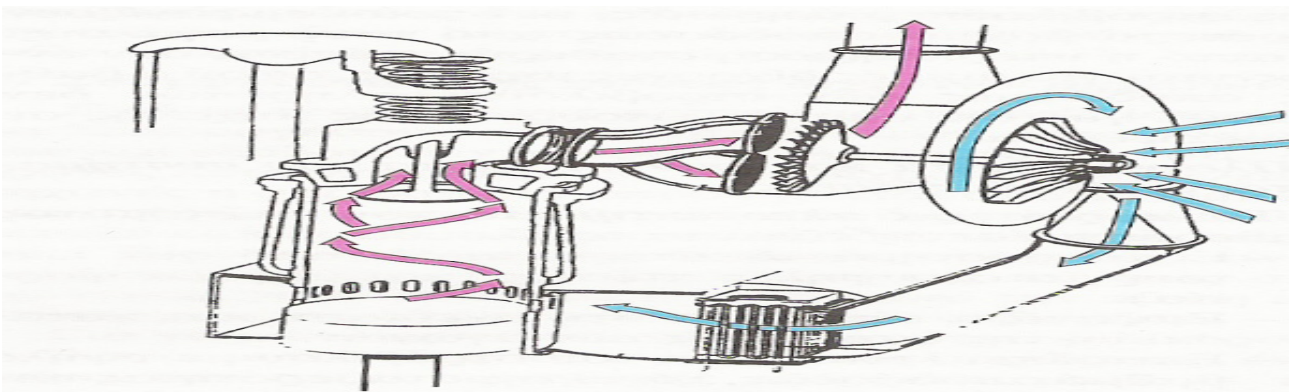
Το σύστημα παλμικής ροής ή σύστημα παλμών, αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1930 από τον Buchi και έδωσε μεγάλη ώθηση στη χρήση της στροβιλοϋπερπληρώσεως, επιτρέποντας τη χρήση στροβιλοϋπερπλήρωτων με χαμηλό βαθμό αποδόσεως. Χρησιμοποιείται κύριος σε τετράχρονες μηχανές και περιορισμένα σε δίχρονες μηχανές με βαλβίδες εξαγωγής. Στις δίχρονες μηχανές με θυρίδα εξαγωγής χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με ανεπίστροφη βαλβίδα στον οχετό εξαγωγής. Η λύση αυτή, λόγω των αυξημένων προβλημάτων που παρουσίαζε έχει εγκαταλειφτεί.

### Πλεονεκτήματα παλμικής ροής

- 1) Τα καυσαέρια έχουν μεγάλη ενεργεία λόγω προπορείας εξαγωγής.
- 2) Δεν χρειάζεται στα χαμηλά φορτία ηλεκτροκίνητος φυσητήρας.

### Μειονεκτήματα παλμικής ροής

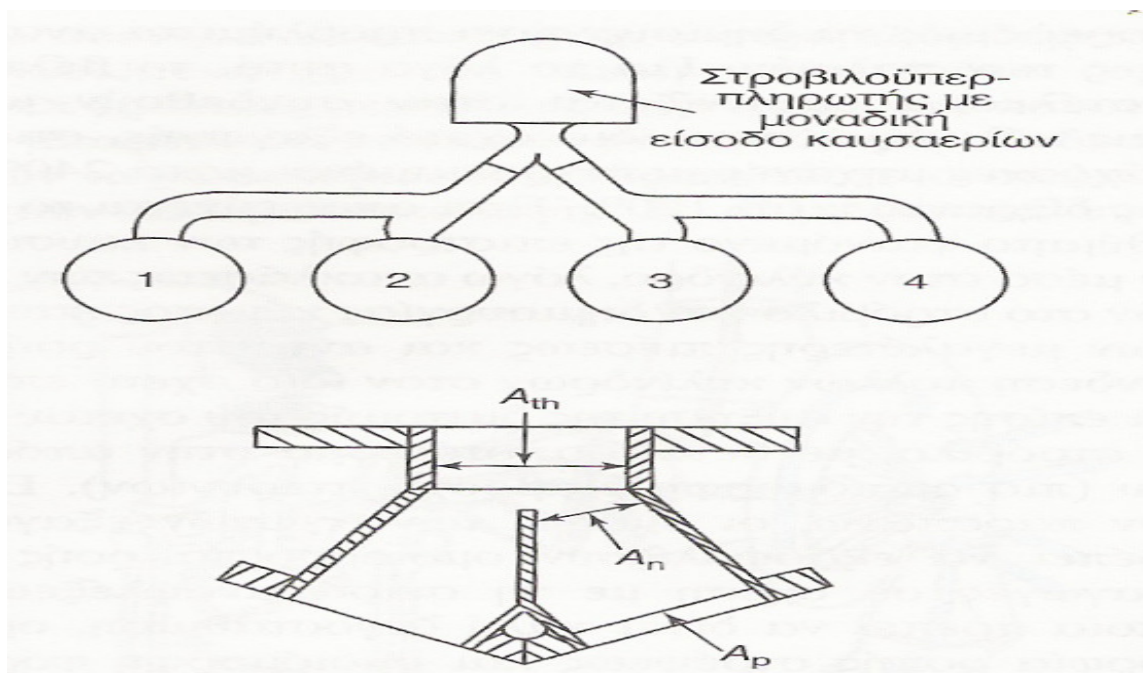
- 1) Απώλεια θερμίδων από την προπορεία εξαγωγής των καυσαερίων.
- 2) Κακή λειτουργία στροβίλου από μεταβλητή πίεση καυσαερίων.
- 3) Αύξηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.
- 4) Σε δίχρονες μηχανές με θυρίδες που χρησιμοποιούσαν βαλβίδα στον οχετό είχαμε τακτικά ζημιές στη βαλβίδα.
- 5) Τυποποίηση στον αριθμό κυλίνδρων διότι το σύστημα εφαρμόζεται καλύτερα σε μηχανές που ο αριθμός διαιρείται με το τρία.
- 6) Οι στροβίλοι του συστήματος αυτού θέλουν περισσότερη συντήρηση.



Σχήμα 3β (Σύστημα παλμικής ροής καυσαερίων)

### Υβριδικά συστήματα (σχ.3γ)

Τα υβριδικά συστήματα αναπτύχθηκαν για να συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των δυο συστημάτων σταθερής πίεσης και παλμών αντίστοιχα. Στο σύστημα μετατροπής παλμών, οι αγωγοί από τους κυλίνδρους της μηχανής καταλήγουν σε κοινό αγωγό και μετά οδηγούνται στο στρόβιλο του υπερπληρωτή. Η λειτουργία του στροβίλου είναι και εδώ χρονικά μεταβαλλόμενη, αλλά αποφεύγονται τα μειονεκτήματα της μερικής και ανομοιόμορφης διαβροχής του στροβίλου από τα καυσαέρια διαφορετικών κυλίνδρων. Τα σημεία συνδέσεως των αγωγών σχεδιάζονται με τρόπο ώστε οι παλμοί να μην διαδίδονται σε γειτονικούς αγωγούς. Αυτό επιτυγχάνεται με μείωση της διατομής των αγωγών στο σημείο συνδέσεως. Η μείωση της διατομής επιτυγχάνει τη ροή και μειώνει την πίεση, όποτε μειώνεται ο κίνδυνος αντίθετης κινήσεως των παλμών σε γειτονικούς αγωγούς. Το σύστημα τοποθετείτε σε μεσοστροφές πετρελαιομηχανές με 4,8 η 16 κυλίνδρους, αριθμοί που είναι ακατάλληλοι για εφαρμογή καθαρού συστήματος παλμών. Στους κινητήρες με 8 κυλίνδρους, οι κύλινδροι ανά τέσσερεις καταλήγουν σε δυο κύριος αγωγούς, οι όποιοι στη συνέχεια οδηγούνται σε κοινό στρόβιλο. Σε κινητήρα με 16 κυλίνδρους οι αγωγοί με αντίστοιχο τρόπο καταλήγουν σε δυο διαφορετικούς στροβίλους. Το συγκεκριμένο σύστημα μειώνει την καταπόνηση των πτερυγίων του στροβίλου, ενώ είναι απλούστερο κατασκευάστηκε και σχεδιαστικά σε σχέση με το σύστημα παλμών. Όμως έχει μικρή απόδοση σε χαμηλά φόρτια και είναι κατάλληλο για μηχανές με συγκεκριμένο αριθμό κυλίνδρων. Σε σχέση με το σύστημα σταθερής πίεσεως εμφανίζει πολύ μικρότερο όγκο αγωγών.



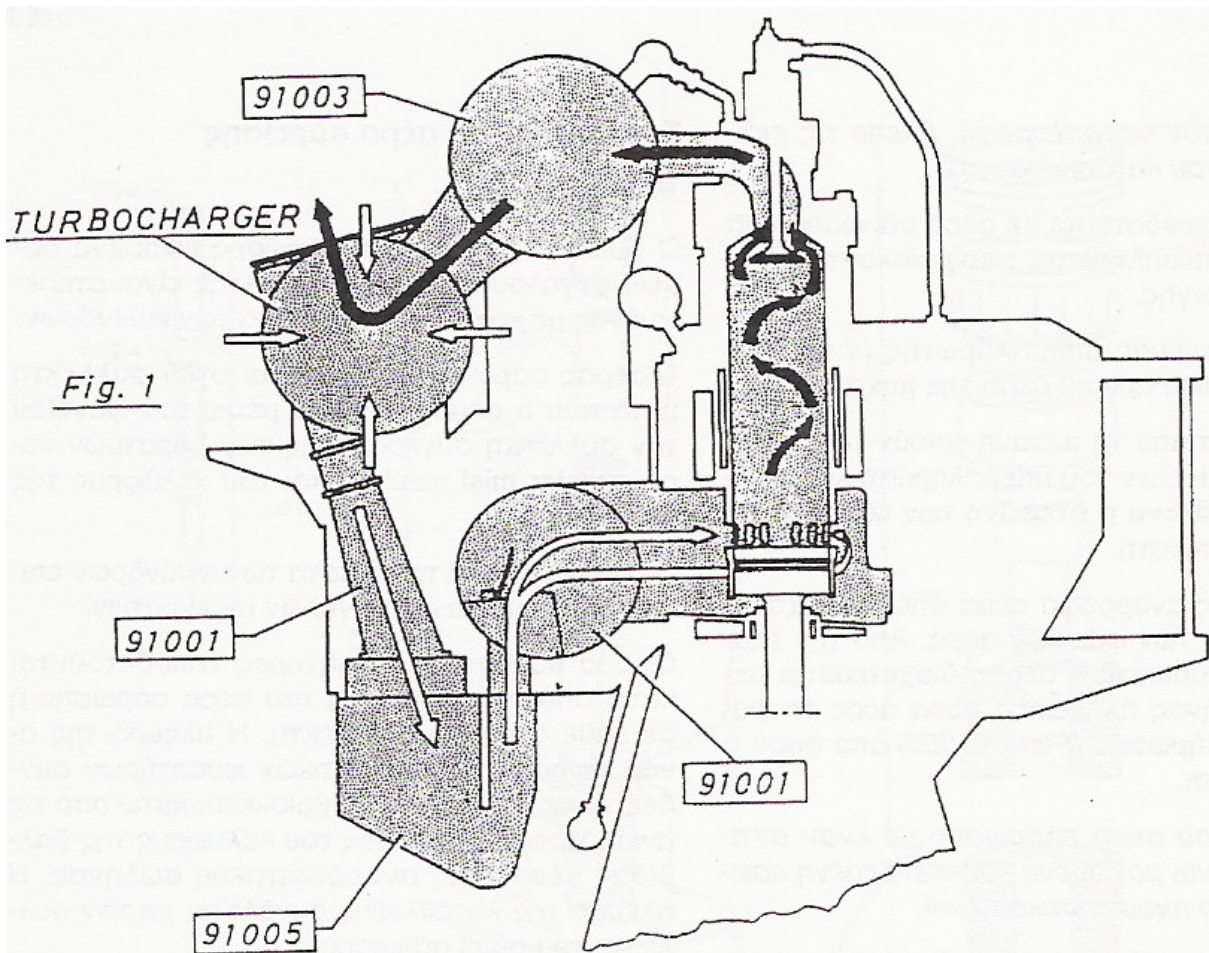
Σχήμα 3γ(Σύστημα μετατροπής παλμών)

## **Κεφάλαιο 4 : Συστήματα δικτύων εισαγωγής αέρα και εξαγωγής καυσαερίων δίχρονων μηχανών**

### **Μηχανές MAN B&W τύπου 46-98 MC**

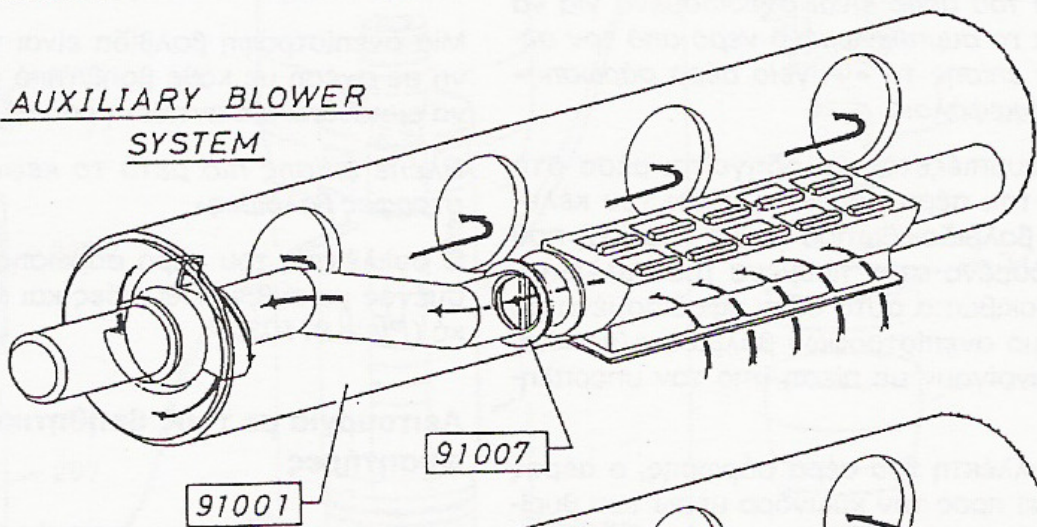
#### **Σύστημα αέρα σαρώσεως της μηχανής (Σχήμα 4α )**

Η μηχανή τροφοδοτείται με αέρα σάρωσης από ένα ή δυο υπερπληρωτές που βρίσκονται στην πλευρά εξαγωγής. Εναλλακτικά, ένας υπερπληρωτής μπορεί να τοποθετηθεί στο πρυμίο άκρο της μηχανής. Τα καυσαέρια από την μηχανή κινούν την στεφάνη των καυσαερίων του υπερπληρωτή και μέσω ενός κοινού άξονα η στεφάνη των καυσαερίων κινεί τον συμπιεστή. Ο συμπιεστής αναρροφά αέρα από το μηχανοστάσιο, μέσω των φίλτρων αέρα. Από την εξαγωγή του συμπιεστή ο αέρας διοχετεύεται μέσω της σωλήνας πλήρωσης προς το ψυγείο από όπου ο αέρας ψύχεται. Η σωλήνα του αέρα πλήρωσης με έναν αντισταθμιστή είναι μονωμένη και επενδυμένη εσωτερικά με ηχομονωτικό υλικό. Το ψυγείο του αέρα είναι σχεδιασμένο για να διαχωρίζει το συμπυκνωμένο νερό από τον αέρα. Ο αέρας συμπιέζεται και οδηγείται μέσα στο συλλέκτη του αέρα σαρώσεως μέσω του κελύφους του βαλβιδικυβωτίου (valve housing) που είναι αρμοσμένο στο πυθμένα του συλλέκτη. Το βαλβιδικυβωτίο αυτό είναι εφοδιασμένο με ένα αριθμό ανεπίστροφων βαλβίδων με κλαπέ που ανοίγουν με πίεση από τον υπερπληρωτή. Από τον συλλέκτη του αέρα σαρώσεως, ο αέρας κυκλοφορεί προς τον κύλινδρο μέσω των θυρίδων του αέρα σάρωσης, όταν το εμβολο βρίσκεται στην κάτω θέση. Όταν οι βαλβίδες εξαγωγής ανοίξουν, το καυσαέριο ωθείται σε έναν κοινό συλλέκτη καυσαερίων από όπου το καυσαέριο κινεί τον στρόβιλο με μια ομοιόμορφη σταθερή πίεση.

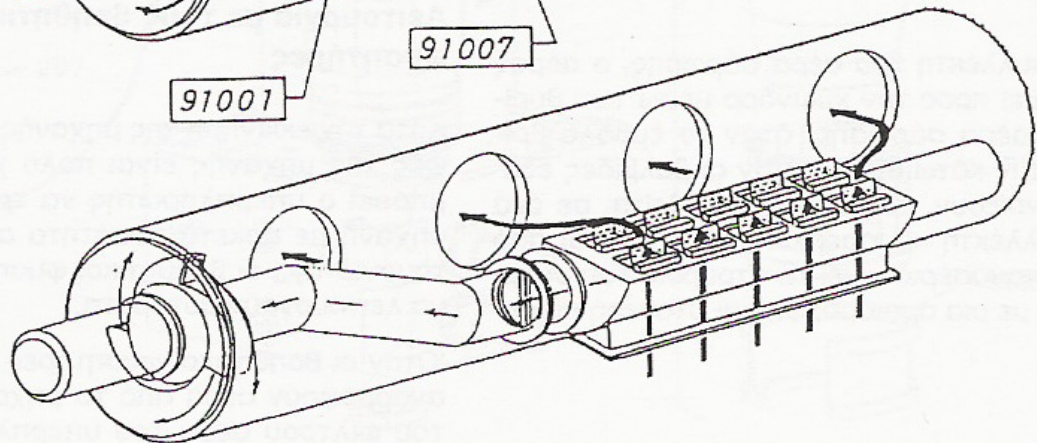


AUXILIARY BLOWER SYSTEM

*Fig. 2*



*Fig. 3*



Σχήμα 4α(Σύστημα αέρα σάρωσης)

## **Συλλέκτης του αέρα σάρωσης**

Ο συλλέκτης του αέρα σάρωσης είναι ένα δοχείο μεγάλου όγκου. Ο συλλέκτης είναι στερεωμένος με κοχλίες στα σώματα των κυλίνδρων. Ο αέρας σάρωσης στο συλλέκτη μετά την εξαγωγή από το ψυγείο, τον συλλέκτη συγκράτησης των υδρατμών του νερού (water mist catcher) και του κελύφους της βαλβίδας. Ο συλλέκτης και τα σώματα των κυλίνδρων επικοινωνούν μέσω στρογγυλών ανοιγμάτων. Οι δυο βοηθητικοί φυσητήρες τοποθετούνται κάτω από τον συλλέκτη του αέρα σάρωσης ή κάθε άκρο του συλλέκτη. Η πλευρά της αναρρόφησης των βοηθητικών φυσητήρων συνδέεται με τον χώρο που βρίσκεται κάτω από της ανεπίστροφες βαλβίδες του κελύφους της βαλβίδας μέσω μιας αναρροφητικής σωλήνας. Η πλευρά της κατάθλιψης συνδέεται με τον συλλέκτη του αέρα σάρωσης. Μια ανεπίστροφη βαλβίδα είναι προσαρμοσμένη σε σχέση με τον βοηθητικό φυσητήρα, για να εμποδίσει μια αντίθετη ροή αέρα. Ο συλλέκτης του αέρα σάρωσης είναι εφοδιασμένος με ανθρωποθυρίδες και ένα ασφαλιστικό.

## **Λειτουργία με τους βοηθητικούς φυσητήρες (σχήμα 4β)**

Κατά την εκκίνηση της μηχανής όταν οι στροφές της μηχανής είναι πολύ χαμηλές για να μπορεί ο υπερπληρωτής να τροφοδοτήσει την μηχανή με αρκετή ποσότητα αέρα για την λειτουργία της, οι βοηθητικοί φυσητήρες αρχίζουν να λειτουργούν αυτόματα. Όταν οι βοηθητικοί φυσητήρες λειτουργούν, αναρροφούν αέρα από το μηχανοστάσιο μέσω του φίλτρου αέρα του υπερπληρωτή από την πλευρά του συμπιεστή. Αυτό επιτρέπει στον υπερπληρωτή να διατηρεί ένα λογικό αριθμό στροφών κατά την εκκίνηση της μηχανής και κατά την διάρκεια της λειτουργίας της με χαμηλό φορτίο. Ο αέρας περνά μέσω του σωλήνα του αέρα σάρωσης, του ψυγείου αέρα σάρωσης, του συλλέκτη συγκράτησης υδρατμών και της αναρροφητικής σωλήνας προς την αναρροφητική πλευρά των φυσητήρων. Από τους φυσητήρες ο αέρας καταθλίβει στον συλλέκτη του αέρα σάρωσης. Οι ανεπίστροφες βαλβίδες που είναι προσαρμοσμένες στο κέλυφος της βαλβίδας, στον συλλέκτη του αέρα σάρωσης, είναι τώρα κλειστές λόγω του μερικού κενού και της βαρύτητας που επενεργεί στα κλαπέ των βαλβίδων. Μια ελάττωση παροχής αέρα μπορεί να προκληθεί εάν δεν κλείνουν οι ανεπίστροφες βαλβίδες.

## **Εκκίνηση των βοηθητικών φυσητήρων**

A) Λόγο του σχετικού υψηλού ρεύματος κατά την εκκίνηση οι φυσητήρες αρχίζουν να λειτουργούν ο καθένας με την σειρά με 6-10 δευτερόλεπτα διάστημα παύσης μεταξύ τους. Η ανεπίστροφη βαλβίδα του φυσητήρα που δεν έχει αρχίσει να λειτουργεί πρέπει να είναι στη κλειστή θέση για να εμποδίσει τον φυσητήρα από το να στρέψει ανάποδα. Διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος να κάψει τον ηλεκτρικό κινητήρα όταν αρχίσει η λειτουργία.

B) Εάν ο βοηθητικός φυσητήρας δεν μπορεί να αρχίσει να λειτουργεί τότε η ανεπίστροφη βαλβίδα θα πρέπει να είναι στη κλειστή θέση. Διαφορετικά ο φυσητήρας που βρίσκεται σε λειτουργία δεν θα είναι σε θέση να αναρροφήσει καθαρό αέρα μέσω του υπερπληρωτή και του ψυγείου του αέρα. Αυτό οφείλεται σε διάφορα αντίστασης του αέρα.

## **Σε λειτουργία με τους βοηθητικούς φυσητήρες**

Σε περίπτωση που πάθει κάποια βλάβη ο βοηθητικός φυσητήρας κατά την λειτουργία, η ανεπίστροφη βαλβίδα θα πρέπει να κλείσει για να επιβεβαιωθεί η συνεχής παροχή καθαρού αέρα προς την μηχανή.

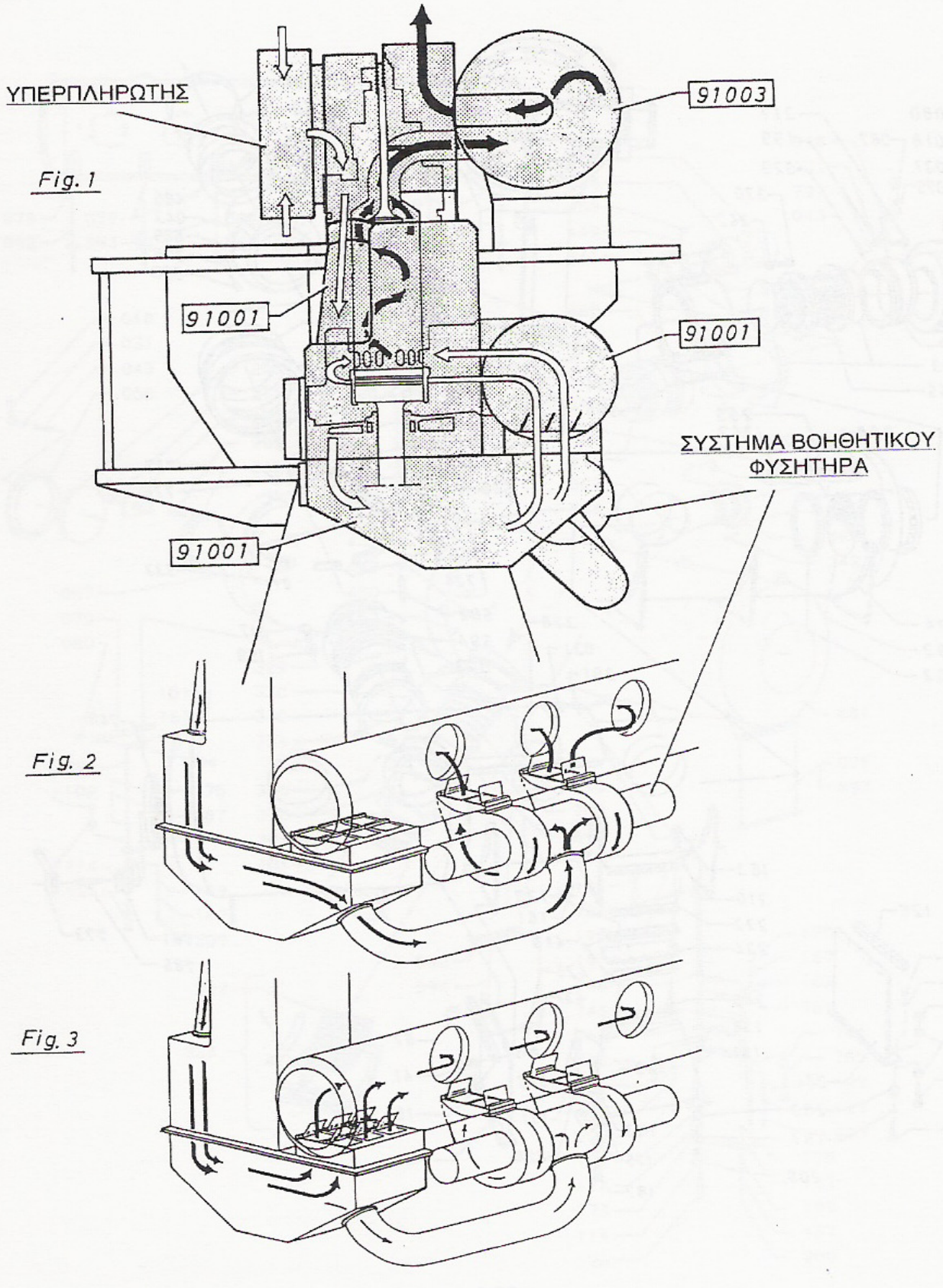
## **Ανεπίστροφες βαλβίδες**

Είναι πολύ σημαντικό οι ανεπίστροφες βαλβίδες των βοηθητικών φυσητήρων να λειτουργούν σωστά και να κινούνται εύκολα. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί κινώντας χειροκίνητα τις βαλβίδες. Οι ανεπίστροφες βαλβίδες προστατεύουν τους φυσητήρες και την μηχανή κατά την διάρκεια:

\*της εκκίνησης των βοηθητικών φυσητήρων,

\*της λειτουργίας με τους βοηθητικούς φυσητήρες.

C

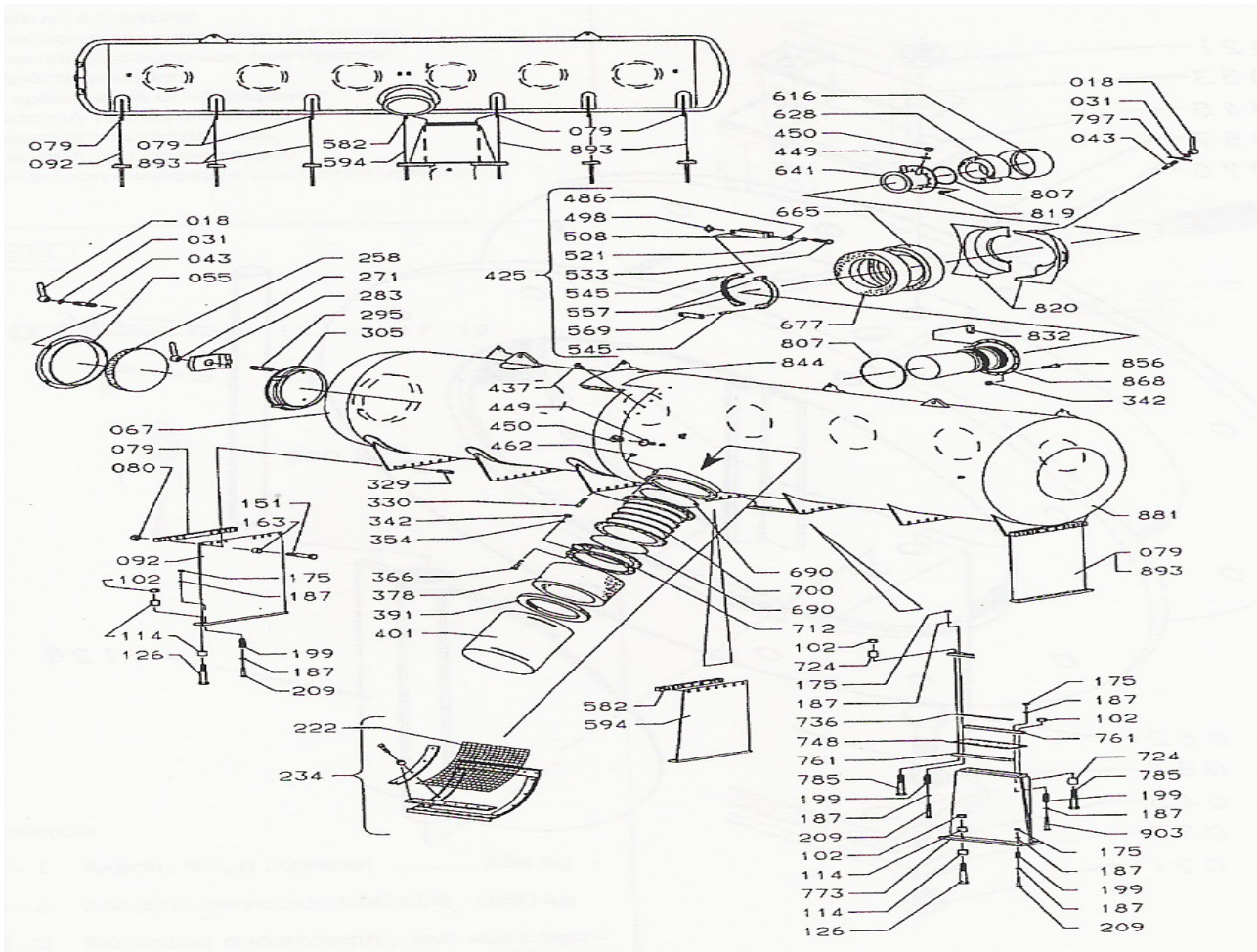


Σχήμα 4β(σύστημα βοηθητικού φυσητήρα

## Συλλέκτης καυσαερίων (σγ.4γ)

Από τις βαλβίδες εξαγωγής, το καυσαέριο οδηγείται προς τον συλλέκτη των καυσαερίων, όπου οι παλμικές πιέσεις (από τις ανεξάρτητες βαλβίδες εξαγωγής) εξισώνονται και οδηγούνται στη συνέχεια στους υπερπληρωτές υπό σταθερή πίεση. Ο συλλέκτης καυσαερίων είναι προσαρμοσμένος σε μια βάση με ευλύγιστα στηρίγματα. Οι αντισταθμιστές τοποθετούνται μεταξύ του συλλέκτη και των βαλβίδων εξαγωγής και μεταξύ του συλλέκτη και του υπερπληρωτή. Μέσα στο συλλέκτη των καυσαερίων υπάρχει ένα προστατευτικό δικτυωτό πριν τον υπερπληρωτή. Για γρήγορη άρμωση και εξάρμωση των συνδέσεων μεταξύ του συλλέκτη και των βαλβίδων εξαγωγής, σφικτήρες (clamping rings) χρησιμοποιούνται για να συγκρατήσουν μαζί τα εξαρτήματα. Ο συλλέκτης καυσαερίων και η σωλήνα εξαγωγής είναι μονωμένοι. Ο συλλέκτης καυσαερίων πρέπει να έχει φλάντζες προσπέρασης (by-pass) σε περίπτωση:

- \*εκτατής λειτουργίας χωρίς την λειτουργία υπερπληρωτή
- \*βελτίωση της κατανάλωσης πετρελαίου σε μερικό φορτίο
- \*το μισό σύστημα στροβίλου (turbo compound system ή TCS)

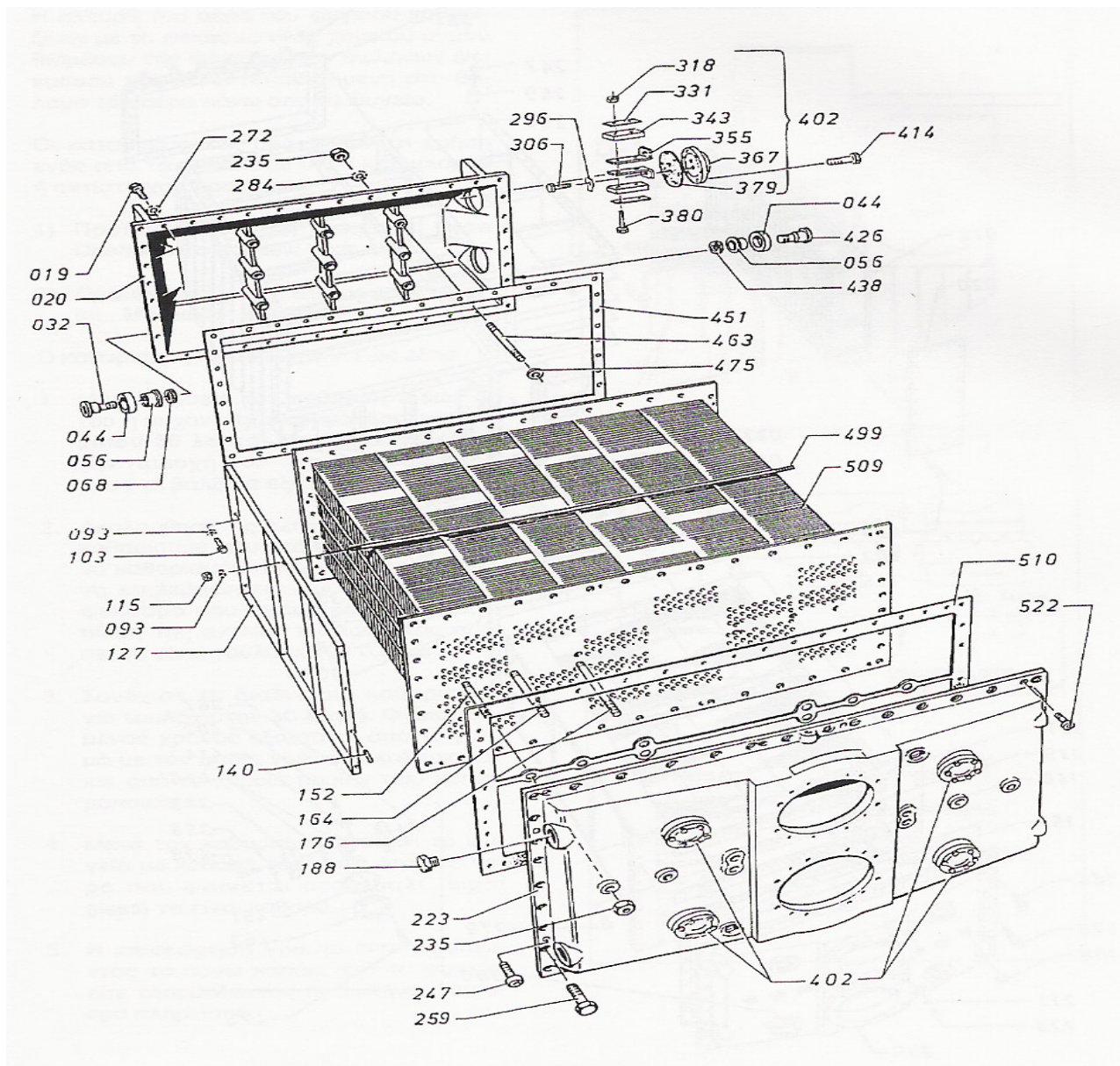


Σχήμα 4γ(σωλήνες εξαγωγής και συλλέκτης καυσαερίων)



## Ψυγείο αέρα σάρωσης (σχ.4δ)

Το ψυγείο αέρα σάρωσης είναι ενιαίου τύπου. Είναι προσαρμοσμένο σε ένα κέλυφος κατασκευασμένο από ηλεκτροσυγκολλημένες χαλύβδινες πλάκες. Το κέλυφος του ψυγείου διαθέτει πώματα καθαρισμού. Ο καθαρισμός των στοιχείων του ψυγείου γίνεται μέσω αυτών των πωμάτων ενώ τα στοιχεία του ψυγείου παραμένουν τοποθετημένα. Το ψυγείο έχει σχεδιαστεί με ένα θάλαμο αναστροφής του αέρα όπου βρίσκεται ενσωματωμένος ένας διαχωριστήρας νερού. Ο συλλέκτης συγκράτησης υγρασίας νερού αποτελείται από ένα αριθμό φύλλων που διαχωρίζουν το νερό συμπύκνωσης από τον αέρα σάρωσης κατά την δίοδο του κυκλοφορούντα αέρα. Το διαχωρισμένο νερό συλλέγεται στον πυθμένα του κελύφους του ψυγείου. Από όπου αφαιρείτε με το σύστημα της αποστράγγισης. Είναι σημαντικό να ελέγχονται οι λειτουργίες αποστράγγισης με σωστό τρόπο, διαφορετικά είναι πιθανό σταγονίδια νερού να εισέλθουν στους κυλίνδρους.



Σχήμα 4δ(ψυγείο αέρα)

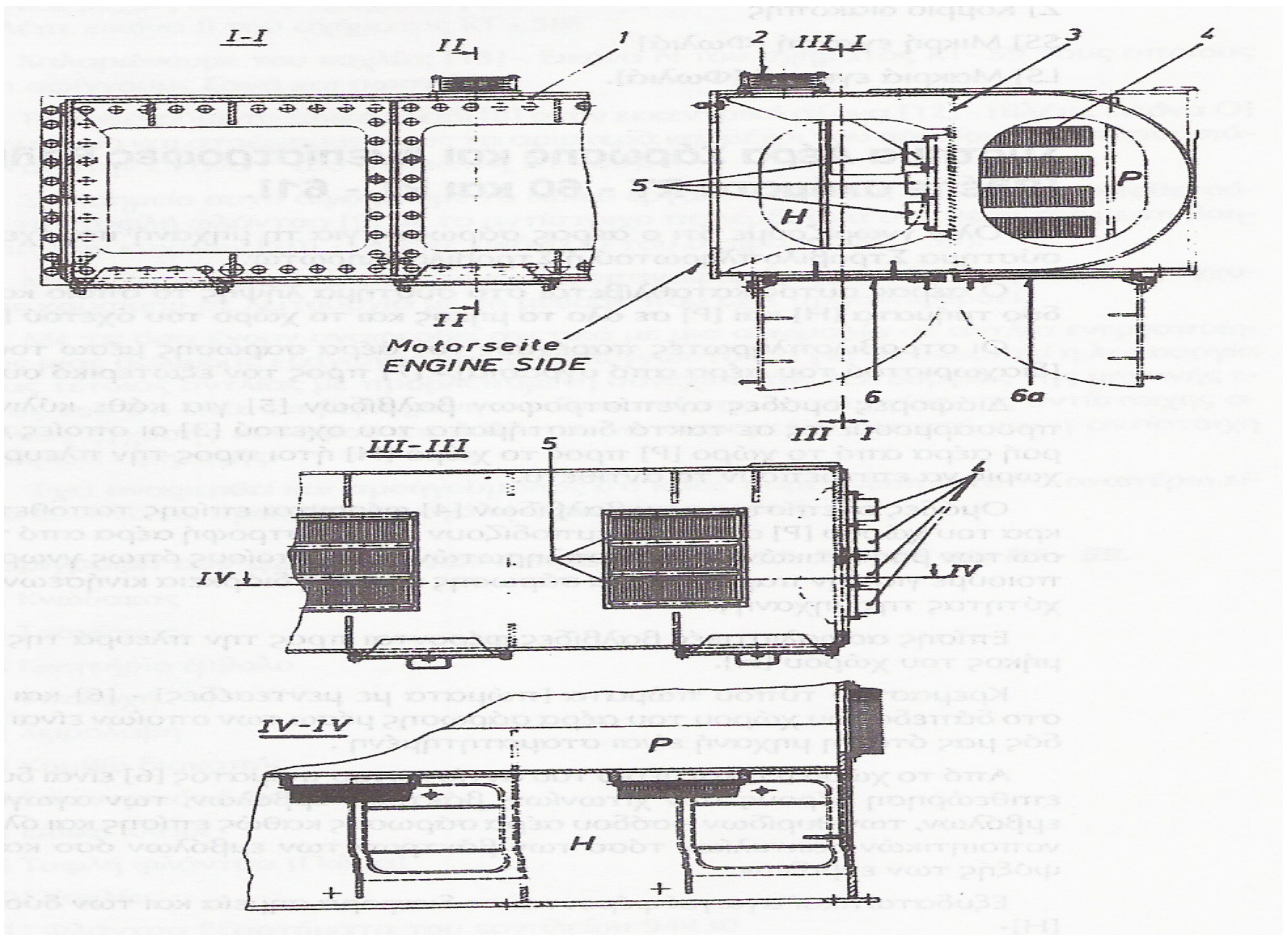
## Μηχανές SULZER R.N.D. & R.T.A

### Σύστημα αέρα σάρωσης και ανεπίστροφες βαλβίδες (σχήματα 4ε & 4στ)

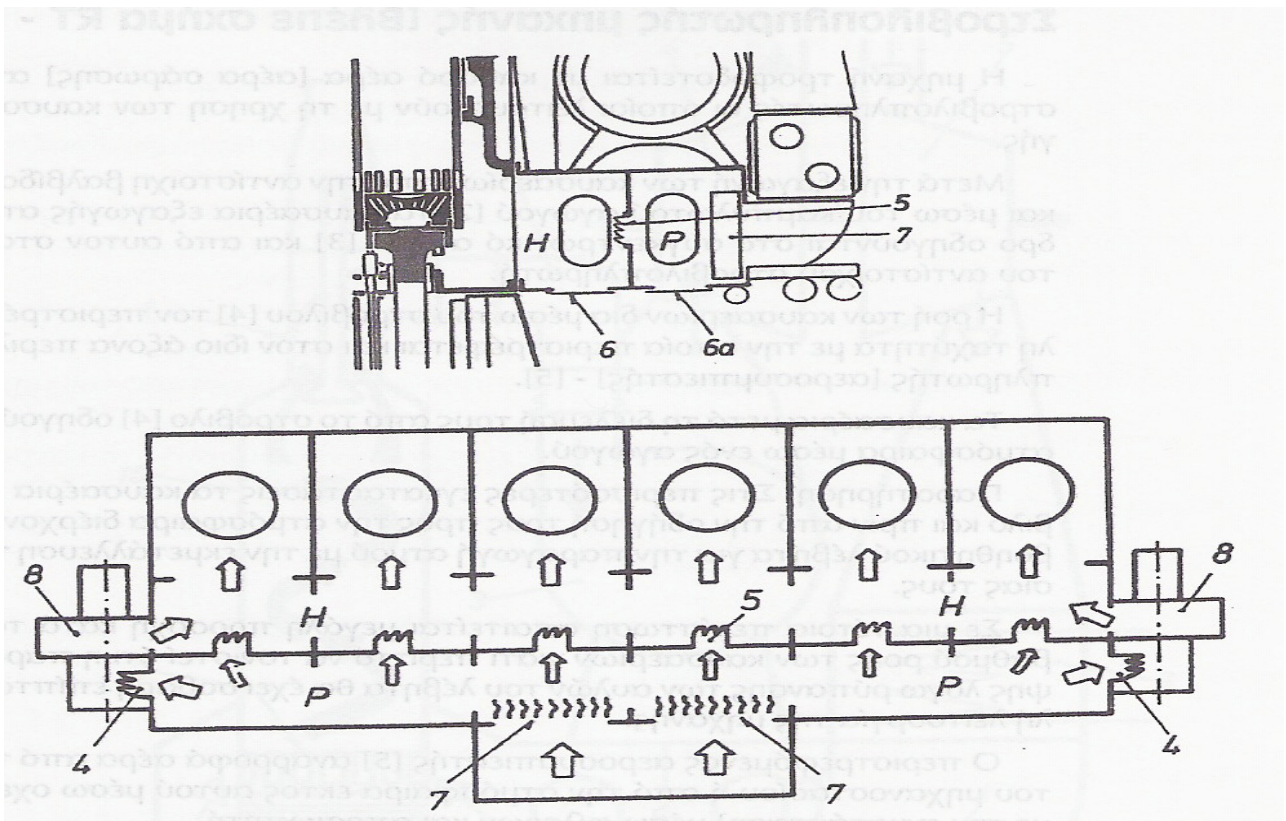
Όλοι γνωρίζουμε ότι ο αέρας σάρωσης για την μηχανή παρέχεται από ειδικό σύστημα στροβιλοϋπερπληρωτή ή στροβολοϋπερπληρωτών. Ο αέρας αυτός καταθλίβεται στο σύστημα λήψης το οποίο και διαιρείται σε δύο τμήματα [H] και [P] σε όλο το μήκος και το χώρο του οχετού [3]. Οι στροβιλοϋπερπληρωτές παρέχουν τον αέρα σάρωσης μέσω του διαχωριστή του αέρα από την υγρασία [7] προς τον εξωτερικό συλλέκτη [P]. Διάφορες ομάδες ανεπίστροφων βαλβίδων [5] για κάθε κύλινδρο φέρονται προσαρμοσμένες σε τακτά διαστήματα του οχετού [3] οι οποίες επιτρέπουν την ροή αέρα από το χώρο [P] προς το χώρο [H], προς την πλευρά της μηχανής χωρίς να επιτρέπουν το αντίθετο. Οι ομάδες ανεπίστροφων βαλβίδων [4] φέρονται επίσης τοποθετημένες στα άκρα του χώρου [P] οι οποίες εμποδίζουν την επιστροφή αέρα από το χώρο [P] μέσω των βοηθητικών υπερπληρωτών οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παροχή αέρα σάρωσης κατά την διάρκεια κινήσεων ή χαμηλής ταχύτητας της μηχανής. Επίσης ασφαλιστικές βαλβίδες φέρονται προς την πλευρά της μηχανής κατά μήκος του χώρου [H]. Κρεμαστού τύπου πώματα (πώματα με μεντεσέδες) – [6] και [6<sup>α</sup>] φέρονται στο δάπεδο του χώρου του αέρα σάρωσης μέσω των οποίων είναι δυνατή η είσοδος μας όταν η μηχανή είναι σταματημένη. Από το χώρο [H] και μέσω του αντίστοιχου πατώματος [6] είναι δυνατή η οπτική επιθεώρηση μέρος των χιτωνίων, βάκτρων εμβόλων, των αγωγών ψύξης των εμβόλων, των θυρίδων αέρα σάρωσης και καθώς επίσης και όλων των στεγανοποιητικών δακτυλίων τόσο των βάκτρων των εμβόλων όσο και των αγωγών ψύξης των εμβόλων. Εξυδατωτικοί αγωγοί φέρονται σε διάφορα σημεία και των δύο χώρων [P] και [H].

Περιγραφή των τμημάτων των σχημάτων:

- 1) χώρος αέρα σάρωσης
- 2) ασφαλιστική βαλβίδα
- 3) οχετός αέρα σάρωσης
- 4) ανεπίστροφες βαλβίδες
- 5) κρεμαστά πώματα
- 6) υδατοπαγίδα
- 7) βοηθητικός φυσητήρας



Σχήμα 4ε (σύστημα αέρα σάρωσης)



Σχήμα 4στ (ανεπίστροφες βαλβίδες, βοηθητικοί φυσητήρες)

## Στροβιλοϋπερπληρωτής μηχανής (σχήμα 4ζ)

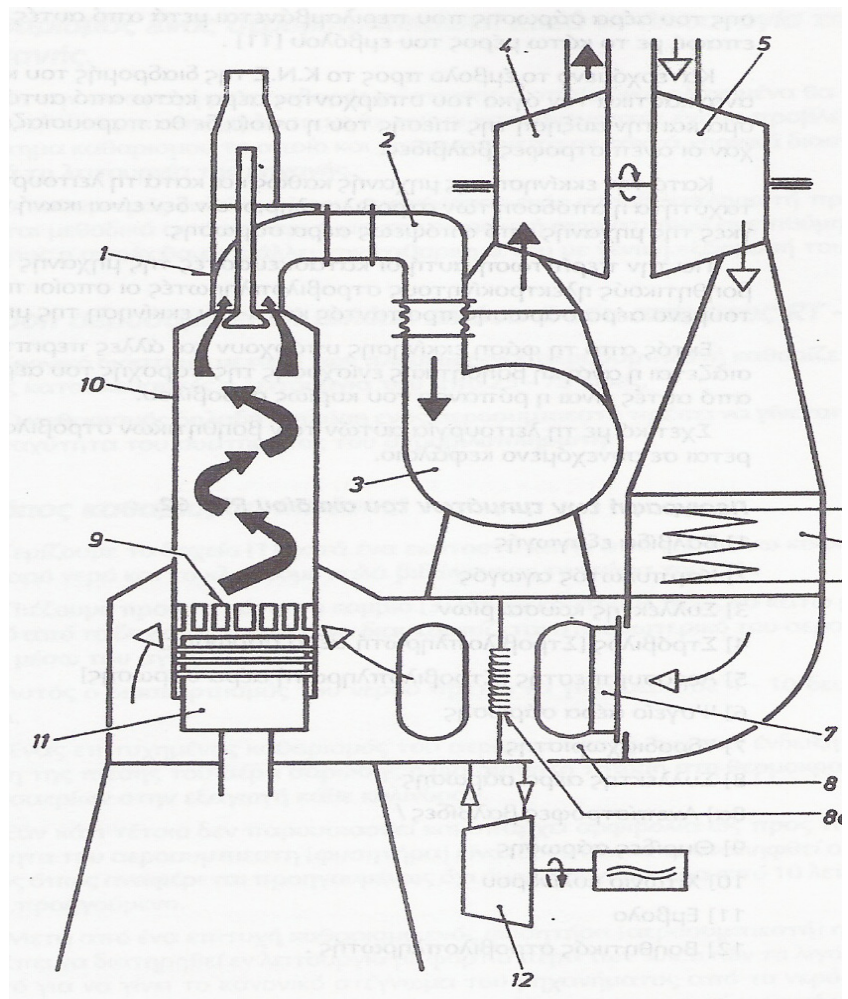
Η μηχανή τροφοδοτείται με καθαρό αέρα σάρωσης από ένα ή δύο στροβιλοϋπερπληρωτές οι οποίοι λειτουργούν με την χρήση των καυσαερίων εξαγωγής. Μετά την εξαγωγή των καυσαερίων από την αντίστοιχη βαλβίδα εξαγωγής [1] και μέσω του καμπυλωτού αγωγού [2] τα καυσαέρια εξαγωγής από κάθε κύλινδρο οδηγούνται στον συγκεντρωτικό αγωγό [3] και από αυτόν στο στρόβιλο [4] του αντίστοιχου στροβιλοϋπερπληρωτή. Η ροή των καυσαερίων, διαμέσου του στροβίλου [4] των περιστρέφουν με μεγάλη ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται και στο ίδιο άξονα περιλαμβανόμενος πληρωτής (αεροσυμπιεστής) – [5]. Τα καυσαέρια μετά την διέλευσή τους από το στρόβιλο [4] οδηγούνται προς την ατμόσφαιρα μέσω ενός αγωγού. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις τα καυσαέρια μετά το στρόβιλο και πριν από την οδήγηση τους προς την ατμόσφαιρα διέρχονται μέσω ενός βοηθητικού λέβητα για την παραγωγή ατμού και την εκμετάλλευση της θερμότητάς τους. Σε μία τέτοια περίπτωση απαιτείται μεγάλη προσοχή κατά τον έλεγχο του βαθμού ροής των καυσαερίων, γιατί περιττό να τονιστεί ότι η παρουσία αντίθλιψης λόγω ρύπανσης των αυλών του λέβητα θα υπάρξει σοβαρή επίπτωση στην ομαλή λειτουργία της μηχανής.

Ο περιστρεφόμενος αεροσυμπιεστής [5] αναρροφά αέρα από το περιβάλλον του μηχανοστασίου ή από την ατμόσφαιρα εκτός αυτού μέσω οχετού (ανάλογα με την εγκατάσταση) μέσω φίλτρων και αποσιωποποιητή. Ο συμπιεζόμενος αέρας από τον αεροσυμπιεστή [5] από διέλθει από το αντίστοιχο ψυγείο [6] και τον υδροαποχωριστή [7] φτάνει στον αεριοσυλλέκτη [8]. Από το χώρο αυτό και αφού διέλθει από τις ανεπίστροφες βαλβίδες [8<sup>α</sup>] οδηγείται στο χώρο που βρίσκεται σε επικοινωνία με τον αντίστοιχο κύλινδρο μέσω των θυρίδων σάρωσης [9] που περιλαμβάνονται περιφερικά στο κάτω μέρος του αντίστοιχου χιτωνίου. Ο αέρας μέσω των θυρίδων [9] και αφού το έμβολο [11] βρίσκεται στο Κ.Ν.Σ της διαδρομής του, κάτω από τις θυρίδες σάρωσης πλήρη όλο το χώρο καύσης με αέρα μεγαλύτερης πίεσης από την ατμοσφαιρική. Οι ανεπίστροφες βαλβίδες [8<sup>α</sup>] προστατεύουν τον αέρα σάρωσης από τα καυσαέρια τα οποία δυνατόν να διαφεύγουν από τα ελατήρια του αντίστοιχου εμβόλου. Εκτός αυτού οι ανεπίστροφες βαλβίδες [8<sup>α</sup>] ευνοούν και την αύξηση της πίεσης του αέρα σάρωσης που περιλαμβάνεται μετά από αυτές και που έρχεται σε επαφή με το κάτω μέρος του εμβόλου [11]. Κατερχόμενο το έμβολο προς το Κ.Ν.Σ της διαδρομής του και αφού περιορίζει αναγκαστικά τον όγκο του υπάρχοντος αέρα κάτω από αυτό έχει σαν αποτέλεσμα και την αύξηση της πίεσης του η οποία δεν θα παρουσιαζόταν αν δεν υπήρχαν οι ανεπίστροφες βαλβίδες.

Κατά την εκκίνηση της μηχανής καθώς και κατά την λειτουργία της υπό χαμηλή ταχύτητα η απόδοση των στροβιλοϋπερπληρωτών δεν είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες της μηχανής από απόψεως αέρα σάρωσης. Για την περίπτωση αυτή οι κατασκευαστές της μηχανής έχουν τοποθετήσει βοηθητικούς ηλεκτροκίνητους φυσητήρες οι οποίοι παρέχουν τον απαιτούμενο αέρα σάρωσης προπαντός κατά την εκκίνηση της μηχανής. Εκτός από την φάση εκκίνησης υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις που παρουσιάζεται η ανάγκη βοηθητικής ενίσχυσης της παροχής του αέρα σάρωσης και μία από αυτές είναι η ρύπανση του κυρίως εμβόλου.

Περιγραφή των τμημάτων του σχήματος 4ζ:

- 1) Βαλβίδα εξαγωγής
- 2) Καμπυλωτός αγωγός
- 3) Συλλέκτης καυσαερίων
- 4) Στρόβιλος
- 5) Αεροσυμπιεστής
- 6) Ψυγείο αέρα σάρωσης
- 7) Υδροδιαχωριστής
- 8) Συλλέκτης αέρα σάρωσης
- 8<sup>α</sup>) Ανεπίστροφες βαλβίδες
- 9) Θυρίδες σάρωσης
- 10) Χιτώνιο κυλίνδρου
- 11) Έμβολο
- 12) Βοηθητικός φυσητήρας

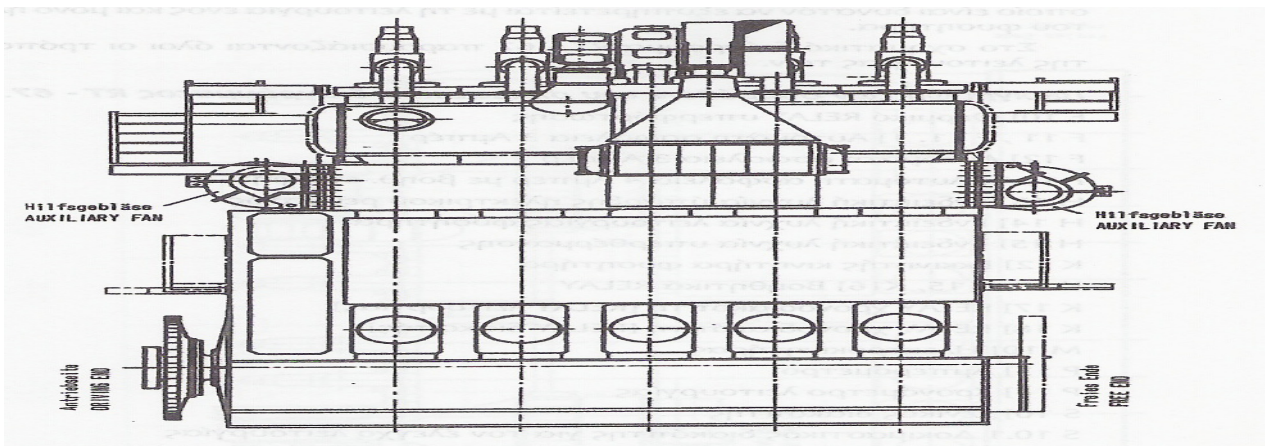


Σχήμα 4ζ(σύστημα υπερπληρωτή)

## **Βοηθητικοί ηλεκτρονικοί φυσητήρες (σχήμα 4η)**

Οι ηλεκτρονικοί φυσητήρες οι οποίοι ονομάζονται και βοηθητικοί εξασφαλίζουν τη μηχανή από αέρα πλήρωσης τόσο κατά την εκκίνηση της όσο και κατά την λειτουργία της με χαμηλό φορτίο. Οι φυσητήρες αυτοί τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι σε άμεση επικοινωνία με το συλλέκτη του αέρα σάρωσης στο οποίο και καταθλίβει το κατά κάποιο τρόπο συμπιεζόμενο από αυτόν ατμοσφαιρικό αέρα.

Συνήθως οι βοηθητικοί φυσητήρες λειτουργούν αυτόματα με την λογική της εξασφάλισης του απαιτούμενου αέρα για την ομαλή λειτουργία της μηχανής σε ορισμένες λειτουργικές της καταστάσεις. Κατά την εκκίνηση της μηχανής και μόλις ο άξονας ελέγχου της παροχής καυσίμων μετακινηθεί από την θέση μηδέν στην θέση δέκα, οι κνώδακες που φέρονται στον άξονα αυτό ενεργοποιούν τους αντίστοιχους διακόπτες οι οποίοι ελέγχουν τη λειτουργία αυτών των βοηθητικών φυσητήρων. Ο έλεγχος των φυσητήρων αυτών από τους προαναφερόμενους διακόπτες εξακολουθεί εφόσον το σύστημα ελέγχου τους έχει τεθεί σε αυτόματη λειτουργία (automatic). Όταν οι στοβιλοϋπερπληρωτές αρχίζουν να αποδίδουν τον απαιτούμενο αέρα σάρωσης στην μηχανή τότε οι ηλεκτροκίνητοι βοηθητικοί φυσητήρες τίθενται αυτομάτως εκτός λειτουργίας με την ενέργεια ενός πρεσοστατικού διακόπτη ο οποίος βρίσκεται υπό την επίδραση της εκάστοτε πίεσης του αέρα σάρωσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα και την επαναλειτουργία των βοηθητικών ηλεκτροκίνητων φυσητήρων μόλις η πίεση του περιεχόμενου από τους στοβιλοϋπερπληρωτές πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο. Όταν η μηχανή κρατηθεί και αυτό βέβαια προϋποθέτει την επαναφορά του άξονα ελέγχου της παροχής καυσίμου στη θέση μηδέν, τότε με την επίδραση των αντίστοιχων κνωδάκων και οι διακόπτες εκκίνηση των ηλεκτροκίνητων φυσητήρων τίθεται σε θέσει κράτη. Υπό ομαλές συνθήκες όλοι οι υπάρχοντες βοηθητικοί ηλεκτροκίνητοι φυσητήρες τίθενται ταυτόχρονα σε λειτουργία ή κρατούνται επίσης. Παρ' όλα αυτά είναι δυνατή η λειτουργία της μηχανής με ένα χαμηλό φορτίο το οποίο είναι δυνατό να εξυπηρετείται με την λειτουργία ενός και μόνο ηλεκτροκίνητου φυσητήρα.

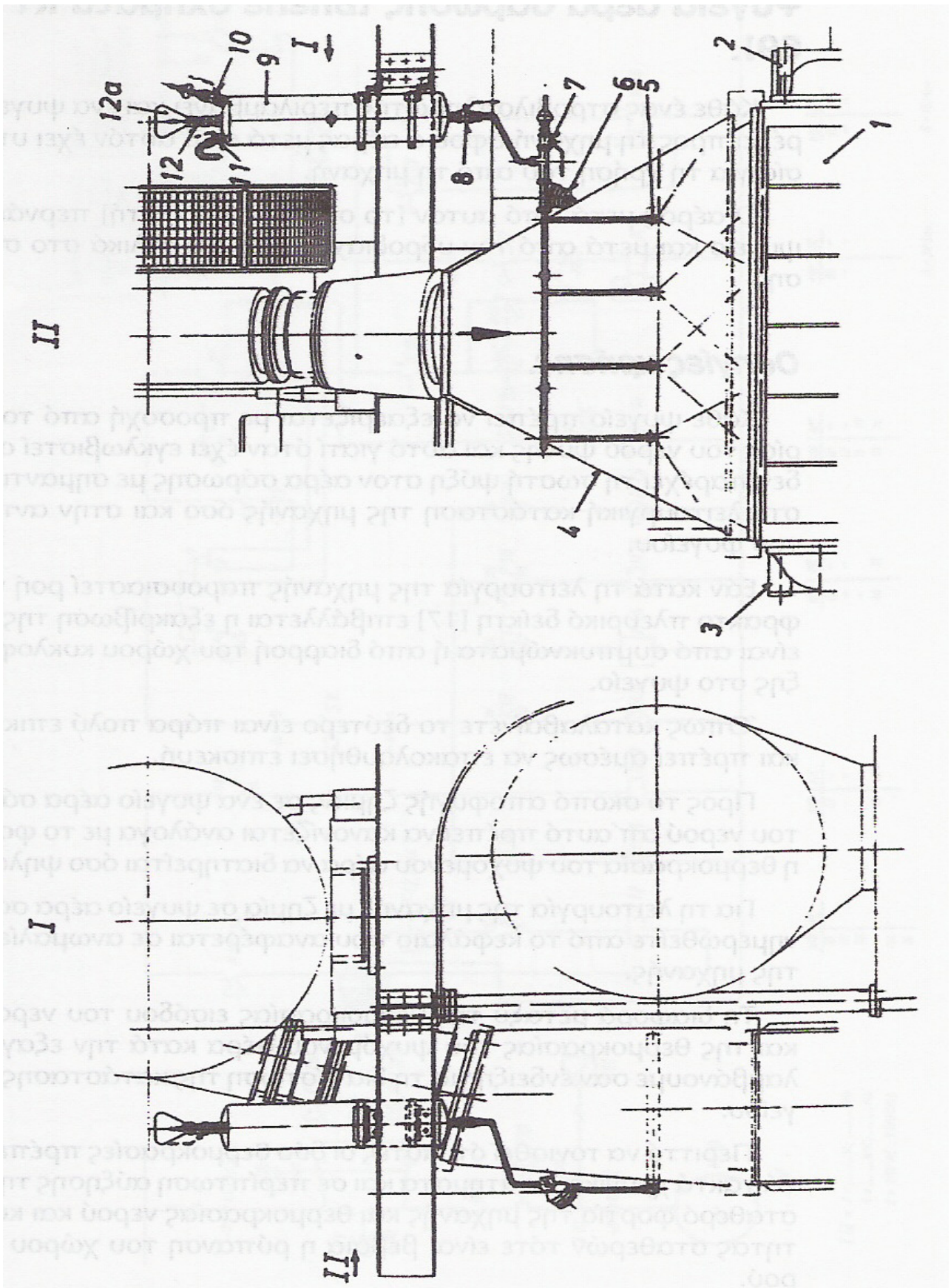


Σχήμα 4η (Βοηθητικοί ηλεκτρονικοί φυσητήρες)

## Ψυγεία αέρα σάρωσης (Σχήμα 4θ)

Κάθε ένας στροβιλοϋπερπληρωτής περιλαμβάνει και ένα ψυγείο του αέρα που παρέχει προς την μηχανή, αφού ο αέρας μετά από αυτόν έχει υπερβολική θερμοκρασία για την χρήση του από τη μηχανή. Ο αέρας μετά από αυτόν περνάει από το αντίστοιχο ψυγείο και μετά από τον υδροδιαχωριστή και τελικά στο συλλέκτη αέρα σάρωσης. Κάθε ψυγείο πρέπει να εξαιρίζεται με προσοχή από το μέρος της κυκλοφορίας του νερού ψύξης και αυτό γιατί όταν έχει εγκλωβιστεί στο χώρο αυτό αέρας δεν παρέχει την σωστή ψύξη στον αέρα σάρωσης με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην λειτουργική κατάσταση της μηχανής όσο και στην αντοχή αυτού του ίδιου του ψυγείου.

Εάν κατά τη λειτουργία της μηχανής παρουσιαστεί ροή νερού από τον υαλόφρακτο πλευρικό δείκτη επιβάλλεται η εξακρίβωση της προέλευσης του εάν είναι από συμπυκνώματα ή από διαρροή του χώρου κυκλοφορίας του νερού ψύξης στο ψυγείο. Το δεύτερο είναι πάρα πολύ επικίνδυνο για την μηχανή και πρέπει αμέσως να επακολουθήσει επισκευή. Προς το σκοπό αποφυγής ζημιάς σε ένα ψυγείο αέρα σάρωσης η κυκλοφορία του νερού απ' αυτό πρέπει να κανονίζεται ανάλογα με το φορτίο της μηχανής και η θερμοκρασία του ψυχόμενου αέρα να διατηρείται όσο ψηλότερα είναι δυνατόν. Τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εισόδου του νερού ψύξης στο ψυγείο και της θερμοκρασίας του ψυχόμενου αέρα κατά την εξαγωγή του απ' αυτό, την λαμβάνουμε σαν ένδειξη για την διαπίστωση της κατάστασης λειτουργία ενός ψυγείου. Αυτές οι δύο θερμοκρασίες θα πρέπει κατά τακτά χρονικά διαστήματα και σε περίπτωση αύξησης της διαφορά του και υπό σταθερό φορτίο της μηχανής και θερμοκρασίας νερού και κυκλοφορούσας ποσότητας σταθερών τότε είναι βέβαια η ρύπανση του χώρου κυκλοφορίας του νερού. Μία τέτοια κατάσταση επιφέρει αύξηση στην θερμοκρασία των καυσαερίων στην εξαγωγή κάθε κύλινδρο της μηχανής και ως εκ τούτου είναι επιβεβλημένος ο άμεσος καθαρισμός του. Ρύπανση του χώρου κυκλοφορίας του νερού ψύξης σε ένα ψυγείο αέρα σάρωσης παρουσιάζει και πτώση στη διάφορα της θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου του νερού ψύξης από αυτό. Ρύπανση ενός ψυγείου στο χώρο του αέρα παρουσιάζει αυτή την εικόνα στην απόκλιση των θερμοκρασιών καθώς και επίσης πτώση της πίεσης του αέρα σάρωσης η οποία μετά το ψυγείο αυξάνει ακόμη.



Σχήμα 40(ψηγείο αέρα σάρωσης)



## **Κεφάλαιο 5 : Συστήματα δικτύων εισαγωγής αέρα σάρωσης και εξαγωγής καυσαερίων τετράχρονων μηχανών Μηχανές PIELSTICK**

Η απόδοση μια μηχανής εξαρτάτε κατά μεγάλο βαθμό από την ποσότητα του καυσίμου που είναι δυνατό να καύσει τέλεια κάθε κύλινδρος της. Η τέλεια καύση μιας ποσότητας καυσίμου κατά κύριο λόγο εξαρτάτε από την επάρκεια αέρα. Με βάση τα παραπάνω και προς τον σκοπο της κατά το δυνατό αύξησης της απόδοσης της μηχανής γίνεται χρήση του συστήματος αέρα υπερπλήρωσης. Σκοπός του συστήματος είναι η παροχή μεγαλύτερης ποσότητας αέρα πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται με τη συμπίεση του σε πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Η συμπίεση αυτή επιτυγχάνεται με χρήση φυγοκεντρικού φυσητήρα ο οποίος κινητέ από στροβιλοκινητήρα ο οποίος ενεργοποιείται με την ροη των καυσαερίων εξαγωγής της μηχανής.

Στις μηχανές PC2V γίνεται χρήση στρόβιλουπερπλήρωτων BROWN BOVERY VTR 400 και λόγω της διάταξης των κυλίνδρων σε δυο ομάδες φέρει δυο μονάδες ανεξάρτητες μεταξύ τους. Κάθε μονάδα περιλαμβάνει τον μηχανισμό του στροβιλοκινητήρα και το μηχανισμό του φυσητήρα. Σαν μηχανισμοί μεταξύ τους είναι ανεξάρτητοι με μόνη διάφορα ότι έχουν κοινό άξονα. Από την πλευρά του κάθε μηχανισμού ο άξονας φέρει ειδικό σφαιροτριβέα ως και ιδιαίτερο σύστημα λίπανσης. Το τελευταίο περιλαμβάνει αντλία ελαίου εξαρτημένη στον άξονα και ελαιολεκάνη κλειστού τύπου. Και οι δυο μονάδες των στροβολοϋπερπληρωτών εδράζουν σε κοινό χαλύβδινο υποστήριγμα ανεξάρτητο από το πλαίσιο της μηχανής αλλά στηριζόμενο σ' αυτό μέσω κοχλιών και συγκεκριμένα προς το μέρος του τροχού στρέψης. Το κέλυφος του κάθε στροβιλοκινητήρα ψύχεται μέσω του νερού ψύξης της μηχανής το ποιο κυκλοφορεί μέσα από ειδικό θάλαμο που περιλαμβάνεται σαΐτα.

Η ταχύτητα μεταξύ των δύο στροβολοϋπερπληρωτών είναι δυνατό να διαφέρει αφού κάθε ένας τους ελέγχετε (κινείται) από τα καυσαέρια διαφορετικής ομάδας κυλίνδρων. Κάθε φυσητήρας παρέχει αέρα υπερπλήρωσης στους κυλίνδρους της ομάδας εκείνης με τα καυσαέρια της οποίας και κινείται ο αντίστοιχος στροβιλοκινητήρας του. Η ταχύτητα των στροβολοϋπερπληρωτών είναι ανάλογη του φορτίου της μηχανής και είναι τέτοια ώστε ο παρεχόμενος αέρας να είναι ο κανονικός για την ομαλή λειτουργία της μηχανής. Διατάραξη της ισορροπίας αυτής είναι δυνατόν να παρουσιαστεί σε περιπτώσεις ρύπανσης των πτερυγίων των στροβιλοκινητήρων από επικαθήσεις οι οποίες σχηματίζονται στα πτερύγια από την ροή των καυσαερίων. Οι επικαθήσεις αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της ταχύτητας ενός στροβιλοϋπερπληρωτή και την μη ομαλή περιστροφική κίνηση λόγω της αλλαγής του κέντρου βάρους, ως εκ τούτου και την πτώση της πίεσης του παρεχόμενου αέρα υπερπλήρωσης στο αντίστοιχους κυλίνδρους και μη ζυγοσταθμική

περιστροφή κατά την λειτουργία. Από τους κατασκευαστές έχει υπάρξει πρόνοια για την αντιμετώπιση μίας τέτοιας ανωμαλίας με την χρήση συστήματος καθαρισμού του νερού.

### **Ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης.**

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως η ενέργεια του στροβιλοϋπερπληρωτή είναι η συμπίεση του ατμοσφαιρικού αέρα σε πίεση μεγαλύτερη από τη ατμοσφαιρική. Αυτό όπως είναι γνωστό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του η οποία όμως είναι μεγαλύτερη από εκείνη που επιτρέπεται για την ομαλή λειτουργία της μηχανής. Αυτό οδήγησε τους κατασκευαστές στην προσθήκη, στο όλο σύστημα του αέρα υπερπλήρωσης, ειδικών ψυγείων σκοπός των οποίων είναι η ελάττωση της θερμοκρασίας του αέρα σε επιτρεπόμενη τιμή για την χρήση του από την μηχανή. Το ψυγείο αυτό παρεμβάλλεται μεταξύ φυσητήρα και μηχανής και ο αέρας ο οποίος καταθλίβεται από τον φυσητήρα (προ της εισόδου του στην μηχανή) περνάει από αυτό και παίρνει την κανονική θερμοκρασία για την χρήση του στη μηχανή με την βοήθεια της κυκλοφορίας θαλάσσης από αυτό. Όσο ανεπιθύμητη είναι η υψηλή θερμοκρασία του αέρα υπερπλήρωσης για την μηχανή άλλο τόσο είναι και η πολύ χαμηλή. Για το σκοπό αποφυγής και των δύο υπερβολών υπάρχει σύστημα αυτοματισμού μέσω του οποίου ρυθμίζεται σε σταθερή και κανονική τιμή για την ομαλή λειτουργία της μηχανής. Άλλο επικίνδυνο στοιχείο για την λειτουργία μίας μηχανής το οποίο έχει σχέση με τον αέρα υπερπλήρωσης είναι η υγρασία η οποία συμπυκνώνεται μέσα στο ψυγείο. Λόγω του βάρους του αυτό το συμπύκνωμα κατεβαίνει στο κατώτερο μέρος του αντίστοιχου ψυγείου από το οποίο και μέσω εξυδατωτικών κρουνοών αποχωρίζεται από αυτό. Λαμβάνοντας υπόψιν την καταστροφική επίδραση της υγρασίας στην γενική κατάσταση της μηχανής οι κατασκευαστές συνιστούν την ταχτική εξυδάτωση τόσο του χώρου των ψυγείων όσο και του χώρου των κεντρικών αγωγών αέρα υπερπλήρωσης της μηχανής.

### **Αγωγοί παροχής αέρα υπερπλήρωσης και εξαγωγής καυσαερίων.**

Κάθε στροβιλοϋπερπληρωτής καταθλίβει αέρα πλήρωσης σε ένα κεντρικό αγωγό ο οποίος μέσω τοπικών συνδέσεων παρέχει αέρα στην ομάδα των αντίστοιχων κυλίνδρων. Η σύνδεση αυτή γίνεται στο πώμα του αντίστοιχου κυλίνδρου στον οποίον οδηγείται με την βοήθεια των βαλβίδων εισαγωγής. Κάθε κεντρικός αγωγός είναι τοποθετημένος σε κάθε πλευρά της μηχανής και φέρει κατά μήκος αυτού εξυδατωτικούς κρουνοούς για την εξυδάτωση του κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Τα καυσαέρια κάθε ομάδας κυλίνδρων διοχετεύονται στον αντίστοιχο στροβιλοϋπερπληρωτή μέσω των οποίων και κινείται. Οι αγωγοί αυτοί περιλαμβάνουν χαλύβδινα σωληνωτά στοιχεία με κατάλληλο σχήμα για την προσαρμογής τους στα αντίστοιχα πώματα των κυλίνδρων. Μεταξύ τους περιλαμβάνονται κυματοειδή τμήματα (expansion joint) για την αντιμετώπιση των εκτονωτικών τάσεων οι οποίες αναπτύσσονται από την εναλλαγή της θερμοκρασίας κατά την λειτουργία την μηχανής. Τα τμήματα αυτά λόγω της ευχερούς

αυξομείωσης του μήκους τους διευκολύνουν στην εξάρμωση των αγωγών, κατά την διάρκεια των επισκευών. Η ροή των καυσαερίων από τους κυλίνδρους προς τους αγωγούς αυτούς είναι ανάλογη της σειράς καύσης. Εξωτερικά οι αγωγοί φέρουν ισχυρή μόνωση από αμίαντο και προφυλακτικά αντιθερμικά ελάσματα για τον περιορισμό της ακτινοβολίας της θερμότητας των καυσαερίων στο περιβάλλον.

### **Καθαρισμός στροβιλοϋπερπληρωτών.**

Καθαρισμός των στροβιλοϋπερπληρωτών ενεργούμε συνήθως μία φορά την εβδομάδα εφόσον οι ενδείξεις δεν επιβάλουν αυτό νωρίτερα. Σκοπός του καθαρισμού είναι η αποφυγή μόνιμων επικαθίσεων καταλοίπων από τα διερχόμενα καυσαέρια στα πτερύγια των στροβίλων τα οποία (κατάλοιπα) θα επιφέρουν μείωση της απόδοσης του συστήματος,

Τρόπος καθαρισμού (στροβίλων)

Φέρουμε την μηχανή σε ταχύτητα στην οποία οι στροβιλοϋπερπληρωτές θα στρέφονται με ταχύτητα 3.200 rpm και ενεργούμε τους ακόλουθους χειρισμούς:

Σύνδεση του σωληνίσκου παροχής ύδατος μεταξύ των σημείων λήψης και παροχής επί των στροβίλων.

Άνοιγμα των επιστομίων εκτόξευσης ύδατος εσωτερικά στους στροβίλους καθώς επίσης και των εξυδατωτικών κρουνών.

Εφόσον γίνουν τα παραπάνω αρχίζει η παροχή ύδατος και συνεχίζεται για διάστημα 10 έως 20 λεπτών ανάλογα με την καθαρότητα του ύδατος που βγαίνει από τους εξυδατωτικούς κρουνούς, όταν το νερό που βγαίνει είναι καθαρό διακόπτουμε την παροχή και επαναφέρουμε όλα τα επιστόμια στην προ του καθορισμού κατάσταση. Η μηχανή μετά τον καθαρισμό και για διάστημα μισής ώρας παραμένει με ελαττωμένη ταχύτητα για την στέγνωση των στροβίλων. Μετά την στέγνωση επαναφέρουμε την μηχανή προοδευτικά στην κανονική ταχύτητα της, ενεργώντας ταυτόχρονα και ακουστική επιθεώρηση στο μέρος των στροβιλοϋπερπληρωτών.

### **Καθαρισμός φυσητήρων**

Με την μηχανή σε κανονική ταχύτητα γεμίζουμε με καθαρό νερό την χοάνη καθαρισμού κάθε φυσητήρα. Συνδέουμε τον ελαστικό σωλήνα με την χοάνη και την λήψη παροχής αέρα εμφύσησης και ανοίγουμε όλα τα εξυδατωτικά επιστόμια του δικτύου αέρα υπερπλήρωσης. Με το φύσημα αέρα στη χοάνη 4 έως 10 δευτερόλεπτα το νερό της χοάνης εκτοξεύεται στο στροφέιο του αντίστοιχου φυσητήρα. Μετά τα παραπάνω και την πλήρη εξυδάτωση του δικτύου αέρα υπερπλήρωσης ο καθαρισμός θεωρείται ολοκληρωμένος. Σε περίπτωση κακοκαιρίας και παρουσίας ασυνήθους συριγμού στο σύστημα των στροβιλοϋπερπληρωτών επιβάλλεται ελάττωση της ταχύτητας της μηχανής.

## **Επίλογος - Συμπεράσματα**

Η ραγδαία βελτίωση των συστημάτων παροχής αέρα και εξαγωγής καυσαερίων των Μ.Ε.Κ. είναι φανερή με το πέρασμα του χρόνου με απώτερο σκοπό την βελτίωση του βαθμού απόδοσης μιας εγκαταστάσεως Μ.Ε.Κ..

Ελπίζω η πτυχιακή εργασία μου να έχει καλύψει ένα μεγάλο μέρος των συστημάτων παροχής αέρα σαρώσεως και εξαγωγής των καυσαερίων των Μ.Ε.Κ. και ευελπιστώ για ακόμη μεγαλύτερη βελτίωση των συστημάτων αυτών.

## Βιβλιογραφία

1. Βιβλίο : Μηχανές εσωτερικής καύσεως (Πρώτος τόμος)
2. Βιβλίο : Μηχανές εσωτερικής καύσεως (Δεύτερος τόμος)
3. [www.google.com](http://www.google.com)
4. [www.manbw.com](http://www.manbw.com)
5. [www.waltsila.com](http://www.waltsila.com)

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	3
Abstract .....	4
Πρόλογος .....	5
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή - Σάρωση.....	6
Κεφάλαιο 2: Συστήματα σάρωσης.....	7
Κεφάλαιο 3: Συστήματα καυσαερίων.....	23
Κεφάλαιο 4: Συστήματα δικτύων εισαγωγής αέρα και εξαγωγής καυσαερίων 2χρ. μηχανών ....	27
Κεφάλαιο 5: Συστήματα δικτύων εισαγωγής αέρα και εξαγωγής καυσαερίων 4χρ. μηχανών ....	41
Επίλογος - Συμπεράσματα .....	44
Βιβλιογραφία.....	45