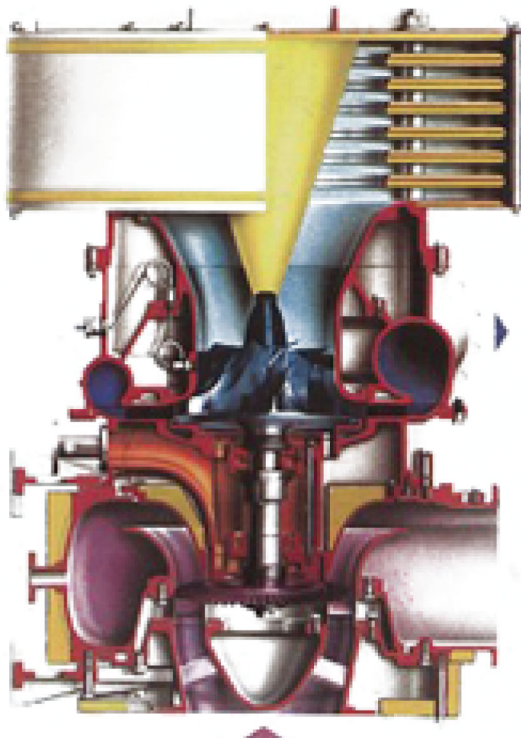




# ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ II

Γ.Φ. Δανιήλ





1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ  
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

Α΄ ΕΚΔΟΣΗ 1980

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοίμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλόλογους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.



*Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.*

*Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέσει στη διάθεση τού Κράτους όλη αυτή την πείρα των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.*

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Μιχαήλ Αγγελόπουλος**, καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

**Αλέξανδρος Σταυρόπουλος**, καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

**Ιωάννης Τεγόπουλος**, καθηγητής ΕΜΠ.

**Σταμάτης Παλαιοκρασάς**, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

**Αντώνης Λογοθέτης**, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κων. Α. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

### Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Καριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Άγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Μιχαήλ Σπετσιέρης (1956-1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Παναγιώτης Χατζηγιάννου (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Αλέξανδρος Ι. Παππάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, Χρυσόστομος Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Γεώργιος Ρούσσος (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Γεώργιος Σταματίου (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Σωτ. Γλαβιάς (1989-1993) Φιλολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Εμ. Τρανούδης (1993-1996) Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.



# ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΙΙ

Γ. Φ. ΔΑΝΙΗΛ

π. ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΣΧΟΛΗΣ Ν. ΔΟΚΙΜΩΝ (ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ)

ΑΘΗΝΑ  
2000





## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

Το βιβλίο αυτό είναι συνέχεια των *Κινητηρίων Μηχανών Ι* και περιλαμβάνει:

α) Τις **Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως** (Μ.Ε.Κ.), δηλαδή τις βενζινομηχανές και πετρελαιομηχανές με τις οποίες συμπληρώνεται η ύλη που αφορά τις θερμικές Κινητήριες Μηχανές.

β) Τις **Υδραυλικές Μηχανές**, δηλαδή υδραυλικούς τροχούς, υδροκινητήρες και υδροστροβίλους, που περιέχονται στο πλαίσιο των γνώσεων του Μηχανολόγου Μηχανικού.

γ) Τους **Αεροσυμπιεστές** και τις **Αντλίες** που αν και δεν είναι Κινητήριες Μηχανές, αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα όλων σχεδόν των Μηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Η ύλη του βιβλίου είναι κυρίως περιγραφική. Γι' αυτό υπάρχει σ' αυτό μεγάλος αριθμός σχημάτων και εικόνων. Περιλαμβάνει ελάχιστα μόνο θεωρητικά στοιχεία αναγκαία για την ευκολότερη και πληρέστερη κατανόηση του βιβλίου από τους σπουδαστές.

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

### ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ (ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ)

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

##### ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

###### 1.1 Γενικά.

**Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως** (εμβολοφόρες) ή **κινητήρες** εσωτερικής καύσεως, είναι οι θερμικές εκείνες μηχανές στις οποίες η καύση από την οποία παράγεται θερμότητα και η μετατροπή αυτής της θερμότητας σε έργο, πραγματοποιούνται μέσα στον κινητήριο κύλινδρο τους. Για το λόγο αυτόν λέγονται και **ενδοθερμικοί κινητήρες**. Για συντομία οι μηχανές εσωτερικής καύσεως ονομάζονται Μ.Ε.Κ.

Για να αντιληφθούμε την περιγραφή και λειτουργία των Μ.Ε.Κ. πρέπει να έχουμε υπόψη μας όσα αναφέρονται στις Κινητήριες Μηχανές I για την **εργαζόμενη ουσία** ή **μάζα** των θερμικών μηχανών, τις **διεργασίες** ή **αλλαγές καταστάσεως** των αερίων, τους **θερμικούς κύκλους**, την **απόδοση** και την ισχύ ή **ιπποδύναμη** γενικά.

###### 1.2 Εργαζόμενη ουσία των Μ.Ε.Κ.

Η εργαζόμενη ουσία ή και **κινητήριο ρευστό** που χρησιμοποιείται στις Μ.Ε.Κ. είναι κατά κανόνα ο ατμοσφαιρικός αέρας **αμιγής** ή ως **μίγμα** με καύσιμο σε εξαερωμένη μορφή ή με τη μορφή των **καυσαερίων** που δημιουργούνται από την καύση.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας υφίσταται ορισμένες αλλαγές καταστάσεως κατά τη διάρκεια των οποίων μεταβάλλονται τα στοιχεία του, **πίεση-θερμοκρασία-όγκος** και **εσωτερική ενέργεια**, με αποτέλεσμα την παραγωγή του κινητήριου έργου της μηχανής.

Το σύνολο των μεταβολών αυτών που επαναλαμβάνονται συνέχεια κατά περιοδικό τρόπο αποτελεί το **θερμικό κύκλο** λειτουργίας της μηχανής.

###### 1.3 Τα καύσιμα των Μ.Ε.Κ.

Στις μηχανές εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιούνται κυρίως υγρά σε μικρότερη

δε κλίμακα και αέρια καύσιμα.

Τα κυριότερα υγρά καύσιμα είναι:

Η **βενζίνη** που χρησιμοποιείται στους κινητήρες **Otto** ή **βενζινομηχανές** των οποίων η λειτουργία βασίζεται στο θεωρητικό κύκλο του **Otto**.

Το **φωτιστικό πετρέλαιο**, τα **ελαφρά πετρέλαια** ή **πετρέλαια Diesel** που χρησιμοποιούνται στους κινητήρες **Diesel** ή **πετρελαιομηχανές**, των οποίων η λειτουργία βασίζεται στο θεωρητικό κύκλο του **Diesel**.

Στους μεγάλους κινητήρες Diesel χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια βαρύτερα καύσιμα, δηλαδή τα **βαριά πετρέλαια Diesel** ή τα **ενδιάμεσα** όπως αλλιώς λέγονται «intermediate». Τα πετρέλαια αυτά είναι μίγματα πετρελαίου λεβήτων και ελαφρού πετρελαίου. Σε αργόστροφες βαριές μηχανές ναυτικού τύπου χρησιμοποιείται και το βαρύ πετρέλαιο λεβήτων. Τα ενδιάμεσα και το βαρύ πετρέλαιο Mazout προτού χρησιμοποιηθούν προθερμαίνονται για να γίνουν λεπτόρρευστα και στη συνέχεια καθαρίζονται με διήθηση και φυγοκέντριση για να είναι δυνατή η ικανοποιητική διασκόρπισή τους (**ψέκαση**) από τον καυστήρα μέσα στον κύλινδρο.

Σπανιότερα, και για ειδικές χρήσεις μόνο, χρησιμοποιούνται και άλλα υγρά καύσιμα που δεν προέρχονται από το ακατέργαστο πετρέλαιο, όπως π.χ. το **οινόπνευμα**.

Τα αέρια καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα σε κινητήρες Otto, είναι το **αέριο των υψικαμίνων**, το **αέριο των αεριογόνων**, το **φωταέριο**, το **φυσικό αέριο** κλπ. Ορισμένα από αυτά χρησιμοποιούνται και υγροποιημένα. Όταν είναι υγροποιημένα, φέρονται με μεγάλη πίεση μέσα σε κατάλληλα αεροφυλάκια.

Τα χαρακτηριστικά και οι προδιαγραφές της βενζίνης, φωτιστικού πετρελαίου, πετρελαίου Diesel και πετρελαίου λεβήτων έχουν δοθεί στις παραγράφους 5.4 (α) ως και 5.4 (ε) του Α' τόμου του βιβλίου τούτου της Β' Λυκείου ενώ στις παραγράφους 5.5 ως και 5.9 αυτού περιγράφεται η διαδικασία της καύσεώς τους.

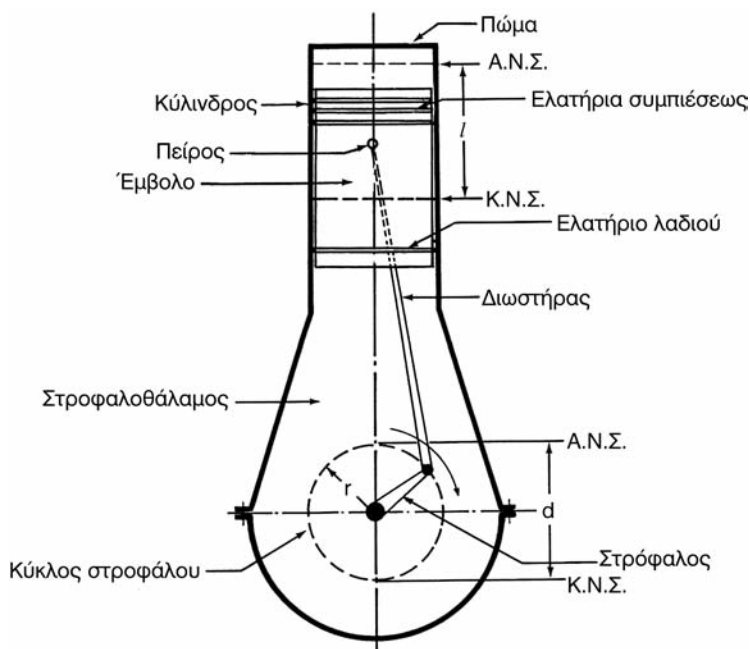
#### 1.4 Οι δύο μεγάλες κατηγορίες των Μ.Ε.Κ.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες;

α) Σε **εμβολοφόρες** Μ.Ε.Κ., οι οποίες λέγονται και **παλινδρομικές** Μ.Ε.Κ. από τη χαρακτηριστική παλινδρομική κίνηση των εμβόλων τους και,

β) σε **περιστροφικές** Μ.Ε.Κ. ή **στροβίλους** εσωτερικής καύσεως ή **αεριοστροβίλους**. Λέγονται έτσι από την περιστροφική κίνηση του στροφείου τους.

Εδώ πρέπει να διευκρινίσουμε ότι οι αεριοστροβίλοι κατατάσσονται μεν στις μηχανές εσωτερικής καύσεως, στην πραγματικότητα όμως δεν είναι ακριβώς «εσωτερικής καύσεως», γιατί, όπως ξέρομε, η καύση γίνεται χωριστά στους θαλάμους καύσεως (όπως στην εστία του λέβητα) από όπου τα καυσαέρια ξεκινούν και εσέρχονται στο στρόβιλο μέσα στον οποίο πραγματοποιείται το κινητήριο έργο. Για το λόγο αυτό τους αεριοστροβίλους τους περιγράψαμε στο βιβλίο της Β' Λυκείου αμέσως μετά τους ατμοστροβίλους.



Σχ. 1.5α.

### 1.5 Γενική διάταξη των Μ.Ε.Κ.

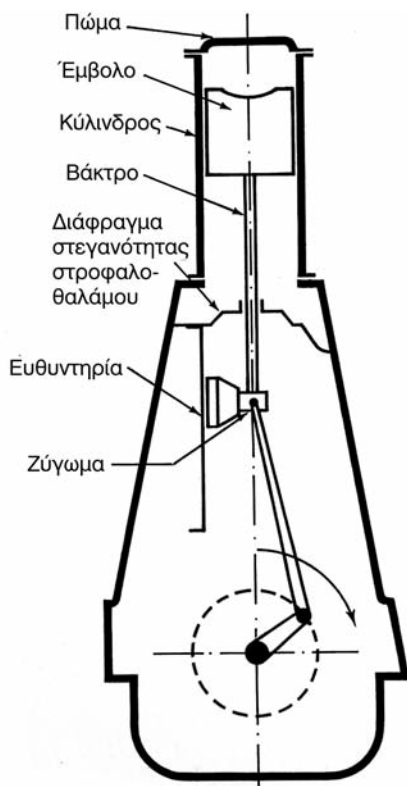
Το σχήμα 1.5α παριστάνει την απλή γραμμική μορφή μιας Μ.Ε.Κ. Διακρίνουμε τον **κύλινδρο** ο οποίος στο επάνω μέρος κλείνεται με το **πώμα** ενώ στο κάτω είναι ανοικτός και συγκοινωνεί με το στροφαλοθάλαμο. Μέσα στον κύλινδρο παλινδρομεί το **έμβολο** με τα ελατήρια συμπίεσεως και λαδιού. Το έμβολο συνδέεται μέσω **πείρου** με το **διωστήρα**. Ο διωστήρας συνδέεται με το **στρόφαλο** και, όπως είναι γνωστό από τις παλινδρομικές ατμομηχανές, η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε περιστροφική του στροφάλου από τον οποίο λαμβάνεται το έργο.

Αυτή η διάταξη αφορά κυρίως τις βενζινομηχανές και τις πετρελαιομηχανές με μικρή ιπποδύναμη.

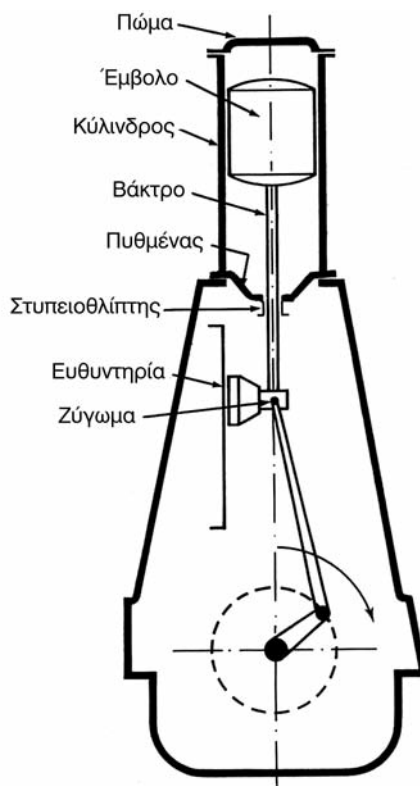
Στις πετρελαιομηχανές με μέτρια και μεγάλη ιπποδύναμη μεταξύ εμβόλου και διωστήρα παρεμβάλλεται **βάκτρο** και **ζύγωμα** (σχ. 1.5β) όπως ακριβώς και στις ατμομηχανές.

Στους δύο προηγούμενους τύπους μηχανής (1.5α και 1.5β) η καύση γίνεται μόνο στο επάνω μέρος του κυλίνδρου και τα καυσαέρια ενεργούν μόνο στην επάνω όψη του εμβόλου. Γι' αυτό και οι μηχανές αυτές λέγονται μηχανές **απλής ενέργειας**.

Στις πολύ μεγάλες μηχανές όμως (σχ. 1.5γ) ο κύλινδρος κλείνεται από κάτω με τον **πυθμένα**. Χρησιμοποιείται πάλι **βάκτρο** και **ζύγωμα** και επί πλέον ο πυθμένας εφοδιάζεται στο κέντρο του με ειδικό **στυπαιοθλίπτη**, από όπου διέρχεται το βάκτρο.



Σχ. 1.5β.



Σχ. 1.5γ.

Σε αυτές τις μηχανές η καύση γίνεται και στα δύο άκρα του κυλίνδρου και τα καυσαέρια ενεργούν εναλλακτικά και στις δύο όψεις του εμβόλου, την επάνω και την κάτω. Γι' αυτό οι μηχανές αυτές λέγονται μηχανές **διπλής ενέργειας**.

### 1.6 Σχέσεις μεταξύ διαδρομής του εμβόλου και ακτίνας του στροφάλου και μεταξύ ταχύτητας εμβόλου και ταχύτητας του στροφάλου.

Σε όλους τους παραπάνω τύπους μηχανών διακρίνομε τα Α.Ν.Σ. και Κ.Ν.Σ. του εμβόλου και του στροφάλου.

Αντιλαμβανόμαστε εύκολα (σχ. 1.5α) ότι η διαδρομή του εμβόλου  $l$  είναι ίση με τη διάμετρο  $d$  του κύκλου του στροφάλου ή δυο φορές την ακτίνα του  $r$ , δηλαδή:

$$l = 2r$$

Κάθε απλή διαδρομή του εμβόλου αντιστοιχεί με μισή στροφή του στροφάλου.

Δύο απλές διαδρομές, δηλαδή Α.Ν.Σ. → Κ.Ν.Σ και Κ.Ν.Σ. → Α.Ν.Σ. δίνουν μία πλήρη στροφή του στροφάλου.

Αν τώρα η μηχανή μας στρέφει με  $n$  στροφές ανά λεπτό (σ.α.λ.), η μέση γραμμική



ταχύτητα του στροφάλου θα είναι:

$$V_{\sigma} = 2\pi r n$$

$$\frac{V_{\sigma}}{V_{\epsilon}} = \frac{2\pi r n}{2l n}$$

$$\eta \quad \frac{V_{\sigma}}{V_{\epsilon}} = \frac{2\pi r n}{2 \cdot 2r n} = \frac{\pi}{2} = \frac{3,14}{2} = 1,57$$

$$\eta \quad \frac{V_{\sigma}}{V_{\epsilon}} = 1,57$$

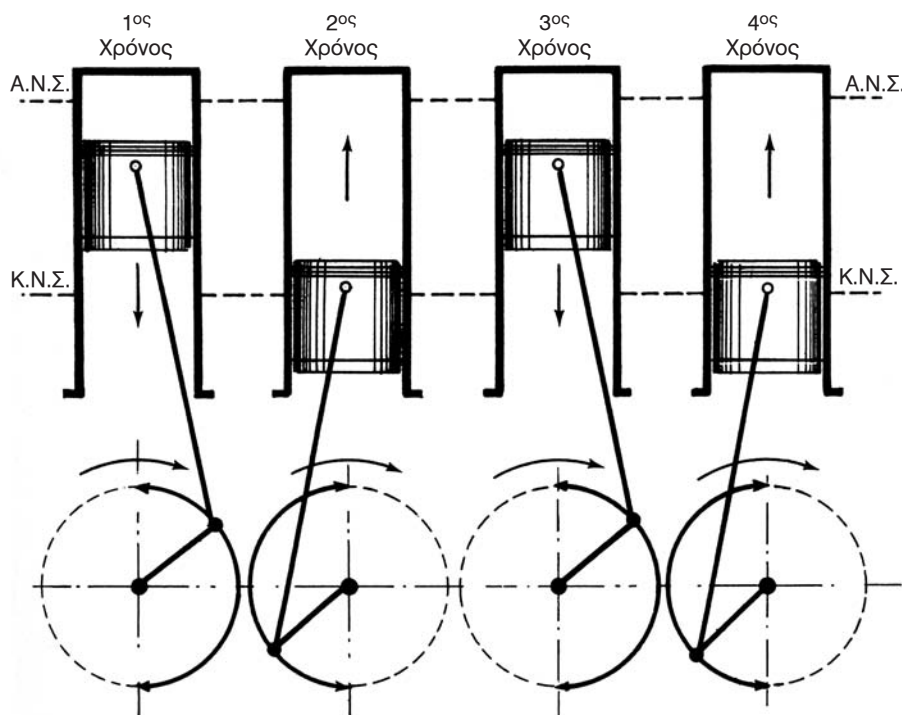
και η μέση ταχύτητα του εμβόλου:

$$V_{\epsilon} = 2ln$$

Η μεταξύ τους σχέση:

Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η μέση ταχύτητα του στροφάλου είναι πάντοτε 1,57 φορές μεγαλύτερη από τη μέση ταχύτητα του εμβόλου.

### 1.7 Χρόνοι των Μ.Ε.Κ. Τετράχρονοι και Δίχρονοι κινητήρες. Κυκλικό σπειροειδές



Σχ. 1.7α.

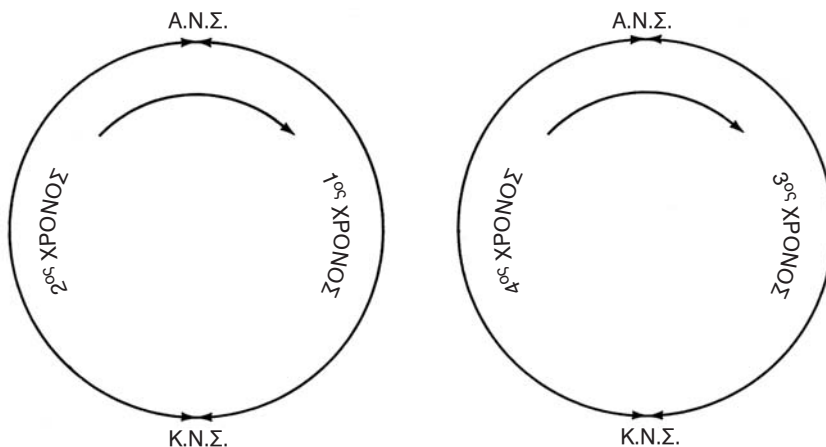
Σχηματική παράσταση των 4 χρόνων τετράχρονου κινητήρα.

### διάγραμμα. Αντιστοιχία θέσεως εμβόλου με γωνία στροφάλου.

α) Η διαδρομή του εμβόλου από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. ή από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. στην τεχνική ορολογία των Μ.Ε.Κ. λέγεται **χρόνος**.

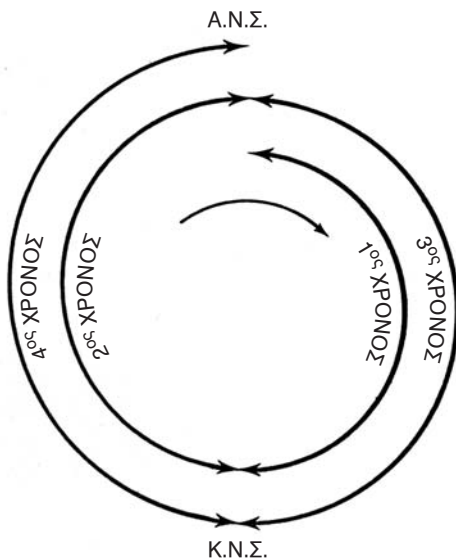
Ένας χρόνος της μηχανής αντιστοιχεί με μια απλή διαδρομή του εμβόλου ή με μισή στροφή, και μια πλήρης (διπλή) διαδρομή του εμβόλου ή μια πλήρης στροφή του στροφάλου καλύπτει αντίστοιχα 2 χρόνους της μηχανής.

Ο κύκλος λειτουργίας μιας Μ.Ε.Κ. είναι δυνατόν να πραγματοποιείται, όπως θα δούμε, σε 2 στροφές του στροφάλου, δηλαδή σε 4 απλές διαδρομές ή χρόνους οπότε λέγεται **τετράχρονη** ή σε μία στροφή του στροφάλου, δηλαδή σε 2 απλές διαδρομές ή χρόνους οπότε λέγεται **δίχρονη**. Το σχήμα 1.7α παριστάνει τους 4 χρόνους 4χρονου



Σχ. 1.7β.

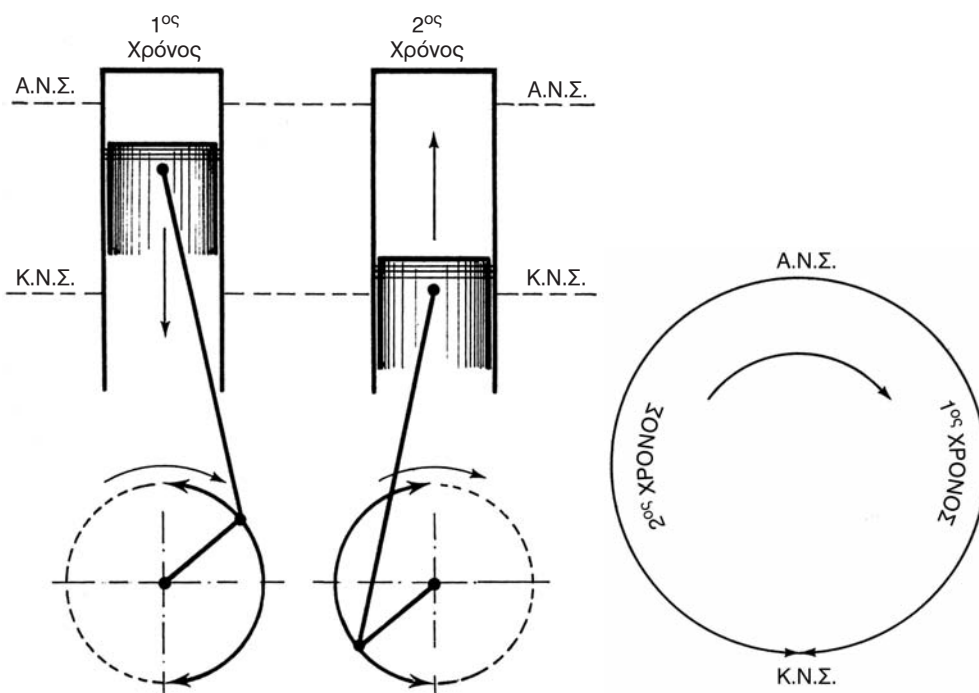
Οι 4 χρόνοι του τετράχρονου κινητήρα επάνω σε δυο στροφές (κύκλους) του στροφάλου (κυκλικό διάγραμμα).



Σχ. 1.7γ.

Οι 4 χρόνοι του τετράχρονου κινητήρα επάνω σε σπειροειδή γραμμή (σπειροειδές διάγραμμα).

κινητήρα, το σχήμα 1.7β τους ίδιους αυτούς χρόνους επάνω σε δυο κύκλους που παριστάνουν υπό κλίμακα τον κύκλο του στροφάλου (κυκλικό διάγραμμα), το δε σχήμα



Σχ. 1.7δ.

Σχηματική παράσταση των δύο χρόνων του δίχρονου κινητήρα.

1.7γ επάνω σε μια σπειροειδή γραμμή που περιλαμβάνει και τις δυο στροφές του στροφάλου οι οποίοι αντιστοιχούν στους 4 χρόνους (σπειροειδές διάγραμμα).

Τα σχήματα 1.7δ και 1.7ε παριστάνουν αντίστοιχα με τον ίδιο τρόπο τους 2 χρόνους της δίχρονης μηχανής.

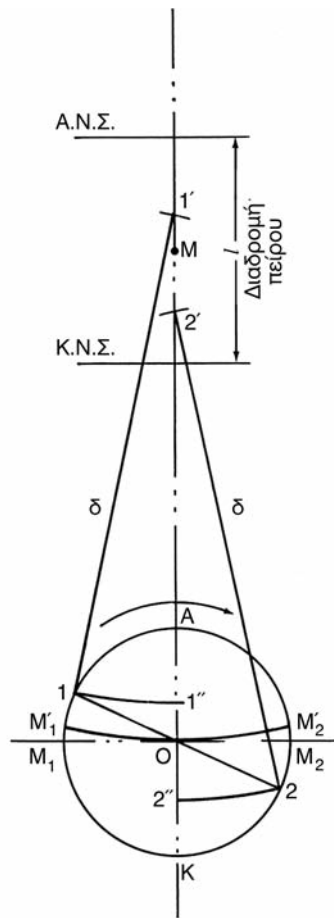
β) Για την εύρεση της αντιστοιχίας μεταξύ θέσεως εμβόλου (ή ομοίως του πείρου του εμβόλου ή του πείρου του ζυγώματος) και της θέσεως του στροφάλου πάνω στον κύκλο του θεωρούμε ότι για μια ορισμένη προχώρηση του πείρου από το Α.Ν.Σ. ή το Κ.Ν.Σ. του η προβολή του κομβίου του στροφάλου πάνω στην κατακόρυφη διάμετρο του κύκλου του έχει προχωρήσει κατά την ίδια απόσταση από το Α.Ν.Σ. ή το Κ.Ν.Σ του στροφάλου αντιστοίχως.

Αυτό όσον αφορά τις ακραίες θέσεις, δηλαδή τα νεκρά σημεία με μηδενική προχώρηση, είναι σωστό. Όσον αφορά όμως τις ενδιάμεσες θέσεις είναι λάθος λόγω της υπάρξεως του διωστήρα. Το σφάλμα αυτό της **πλαγιότητας** του διωστήρα, όπως το λέμε, είναι τόσο μικρότερο όσο το μήκος του διωστήρα είναι μεγαλύτερο. Για τις συνήθεις όμως τιμές του μήκους του διωστήρα είναι αισθητό και προκαλεί ανομοιομορφία στην κίνηση του όλου μηχανισμού.

Για να αντιληφθούμε αυτή την επίδραση του διωστήρα ας πάρουμε στο σχήμα

Σχ. 1.7ε.

Οι δύο χρόνοι του δίχρονου κινητήρα επάνω σε μια στροφή (κύκλο) του στροφάλου (κυκλικό διάγραμμα).



Σχ. 1.7στ.

1.7στ δυο αντιδιαμετρικές θέσεις του στροφάλου 1 και 2 που σχηματίζουν ίσες γωνίες με τη γραμμή των νεκρών σημείων.

Με κέντρο το σημείο 1 και ακτίνα το μήκος του διωστήρα  $\delta$  βρίσκουμε τη θέση 1' του πείρου για τη θέση 1 του στροφάλου. Επίσης με κέντρο το 2 και ακτίνα  $\delta$  βρίσκουμε τη θέση 2' του πείρου για τη θέση 2 του στροφάλου. Βλέπουμε ότι η απόσταση A.N.Σ.-1' είναι μεγαλύτερη από την K.N.Σ.-2'.

Στη συνέχεια με κέντρα τα σημεία 1' και 2' και ακτίνα  $\delta$  χαράζουμε τα τόξα 1-1'' και 2-2''. Τα τμήματα A-1'' και K-2'' είναι οι αποστάσεις κατά τις οποίες μετακινήθηκε ο πείρος από τα νεκρά σημεία που όπως βλέπουμε δεν είναι ίσες παρ' όλο ότι τα σημεία 1 και 2 σχηματίζουν την ίδια γωνία με τη γραμμή των νεκρών σημείων.

Έτσι συμπεραίνουμε από τα παραπάνω ότι για να βρεθεί η θέση του στροφάλου που αντιστοιχεί σε μια θέση του εμβόλου ή πείρου πρέπει το σημείο της διαδρομής που παριστάνει τη θέση εμβόλου ή πείρου να μην προβάλλεται με ευθεία πάνω στον

κύκλο του στροφάλου αλλά με τόξο ακτίνας ίσης με το μήκος  $\delta$  του διωστήρα. Ωσαύτως για να βρεθεί η θέση του εμβόλου ή πείρου που αντιστοιχεί σε μια θέση του στροφάλου πρέπει το σημείο του στροφάλου που παριστάνει τη θέση του να μην προβάλλεται επί της ευθείας των νεκρών σημείων με κάθετο αλλά πάλι με τόξο κύκλου ακτίνας όσης το μήκος του διωστήρα.

## 1.8 Τα θεωρητικά κυκλώματα των Μ.Ε.Κ.

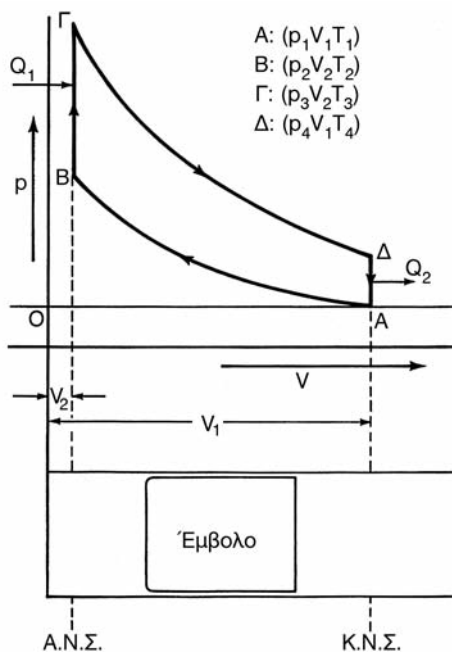
### 1.8.1 Κύκλωμα Otto ή σταθερού όγκου.

#### α) Γραφική παράσταση του κυκλώματος Otto.

Στο θεωρητικό κύκλωμα **Otto** βασίζεται η λειτουργία των βενζινομηχανών και των αεριομηχανών. Παριστάνεται στο σχήμα 1.8α σε άξονες  $p - V$  και είναι το ΑΒΓΔ. Τα σημεία Α, Β, Γ, Δ αντιστοιχούν στις χαρακτηριστικές θέσεις του εμβόλου, όταν αυτό βρίσκεται στα Α.Ν.Σ. και Κ.Ν.Σ.

Στο σημείο Α του διαγράμματος το έμβολο βρίσκεται στο Κ.Ν.Σ. και ο κύλινδρος είναι γεμάτος με αέρα όγκου  $V_1$ , πίεσεως  $p_1$  και απόλυτης θερμοκρασίας  $T_1$  του περιβάλλοντος.

Όταν το έμβολο κινείται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. ο αέρας **συμπιέζεται αδιαβατικά** κατά την ΑΒ σε όγκο  $V_2$  και στο τέλος της συμπίεσεως αποκτά υψηλή πίεση  $p_2$  και θερμοκρασία  $T_2$ .



Σχ. 1.8α.

Στη θέση αυτή ένα θερμό σώμα δίνει θερμότητα  $Q_1$ . Η πίεση του αέρα ανέρχεται σε  $p_3$  και η θερμοκρασία του σε  $T_3$ .

Η μεταβολή αυτή πραγματοποιείται πολύ γρήγορα, προτού δηλαδή προλάβει να μετακινηθεί το έμβολο από το Α.Ν.Σ., ώστε να έχουμε την **ισόογκο**, δηλαδή υπό σταθερό όγκο  $V_2$ , αλλαγή καταστάσεως ΒΓ. Το θερμό σώμα τώρα αφαιρείται και από το σημείο Γ του διαγράμματος, δηλαδή από το Α.Ν.Σ. ο αέρας **εκτονώνεται αδιαβατικά** και μετακινεί το έμβολο προς το Κ.Ν.Σ. παράγοντας το κινητήριο έργο. Έτσι έχουμε την αδιαβατική **εκτόνωση** ΓΔ στο τέλος της οποίας ο αέρας έχει όγκο  $V_1$ , πίεση  $p_4$  και θερμοκρασία  $T_4$ .

Στη θέση αυτή αφαιρείται από ένα ψυχρό σώμα η θερμότητα του αέρα  $Q_2$  και χωρίς να προλάβει να μετακινηθεί το έμβολο η πίεσή του πέφτει απότομα σε  $p_1$  και η θερμοκρασία του σε  $T_1$ . Έτσι έχουμε την **ισόογκο** υπό σταθερό όγκο  $V_1$  αλλαγή ΔΑ, με την οποία ο αέρας επανήλθε στην αρχική του κατάσταση.

Από την αρχική αυτή κατάσταση το κύκλωμα επαναλαμβάνεται συνεχώς με τον ίδιο τρόπο ενόσω η μηχανή βρίσκεται σε κίνηση. Έτσι κλείνει το κύκλωμα Otto το οποίο λέγεται και κύκλωμα **σταθερού όγκου**, επειδή η παροχή της θερμότητας του αέρα γίνεται υπό σταθερό όγκο κατά τη ΒΓ.

Στο σχήμα 1.8α δίδονται παραπλεύρως οι όγκοι, οι πιέσεις και οι θερμοκρασίες που αντιστοιχούν σε κάθε σημείο του διαγράμματος.

$$\eta_{\theta} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \quad (1)$$

όπου :  $r$  είναι ο βαθμός συμπίεσης του κυκλώματος (ίσος με  $\frac{V_1}{V_2}$  και  $k$  ο εκθέτης της  $a -$  διαβατικής αλλαγής  $p^{1/k} = C$  (ίσος με το λόγο των ειδικών θερμοτήτων του αέρα υπό **β) Απόδοση του κυκλώματος Otto.**

$$k = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$$

Η απόδοση του κυκλώματος αυτού υπολογίζεται με τις μεθόδους της θερμοδυναμικής σε επόμενη παράγραφο και δίνεται από τον τύπο:

σταθερή πίεση  $c_p$  και υπό σταθερό όγκο  $c_v$  και είναι ίσος με 1,4, δηλαδή:

Από τον τύπο αυτό συμπεραίνομε ότι η απόδοση του κυκλώματος είναι **τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπίεσης  $r$ .**

### 1.8.2 Κύκλωμα Diesel ή σταθερής πίεσεως.

#### α) Γραφική παράσταση του κυκλώματος Diesel.

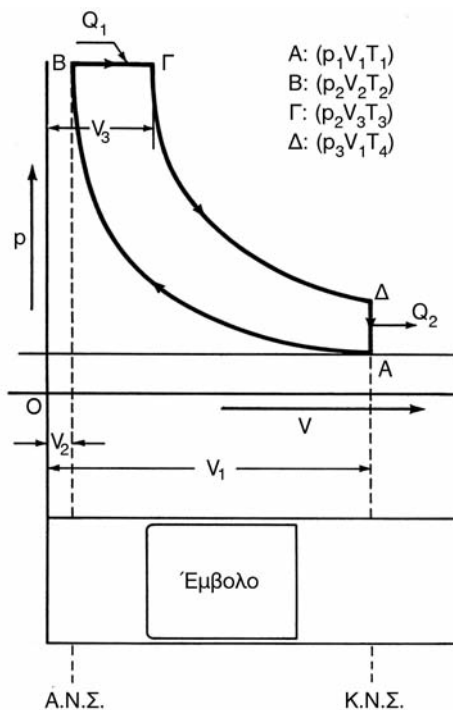
Στο θερμικό κύκλωμα Diesel βασίζεται η λειτουργία των πετρελαιομηχανών. Παριστάνεται στο σχήμα 1.8β σε άξονες  $p - V$  και είναι το ΑΒΓΔ.

Η ΑΒ παριστάνει την **αδιαβατική συμπίεση** του αέρα από το Α (Κ.Ν.Σ.) όπου έχει στοιχεία  $p_1, V_1, T_1$ , στο Β (Α.Ν.Σ.) όπου αποκτά υψηλή πίεση και υψηλή θερμοκρασία και μικρό όγκο με τελικά στοιχεία  $p_2, V_2, T_2$ .

Στο σημείο Β χορηγείται θερμότητα  $Q_1$  στον αέρα σε όλη τη διάρκεια της ΒΓ, η οποία παριστάνει την υπό **σταθερή πίεση εκτόνωση** του μέχρι το σημείο Γ στο οποίο ο αέρας έχει τα στοιχεία  $p_2, V_3, T_3$ . Τότε παύει και η χορηγία της θερμότητας. Από το σημείο Γ αρχίζει η **αδιαβατική εκτόνωση** του αέρα κατά τη ΓΔ μέχρι το Δ (Κ.Ν.Σ.) όπου αποκτά τα στοιχεία  $p_3, V_1, T_4$ , δηλαδή πέφτει η πίεση και η θερμοκρασία του και ο όγκος του επανέρχεται στον αρχικό  $V_1$ . Κατά τη διάρκεια των ΒΓ και ΓΔ ο αέρας σπρώχνει το έμβολο και παράγεται το κινητήριο έργο.

Στο σημείο Δ αφαιρείται η θερμότητα  $Q_2$  πολύ γρήγορα, χωρίς δηλαδή να προλάβει να μετακινηθεί το έμβολο και πραγματοποιείται έτσι η υπό **σταθερό όγκο** αλλαγή ΔΑ. Στο τέλος της ΔΑ, δηλαδή στο Κ.Ν.Σ., η πίεσή του έχει πέσει στην αρχική  $p_1$ , ο όγκος του είναι ο αρχικός  $V_1$  και η θερμοκρασία του η αρχική  $T_1$ .

Έτσι το κύκλωμα κλείνει και επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο όσο η μηχανή



Σχ. 1.8β.

βρίσκεται σε κίνηση.

Στο σχήμα 1.8β δίδονται παραπλεύρως οι πιέσεις, οι όγκοι και οι θερμοκρασίες που αντιστοιχούν στα χαρακτηριστικά σημεία του διαγράμματος.

$$\eta_{\theta} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \cdot \frac{p^k}{k(p-1)} \quad (2)$$

όπου  $r$  είναι ο βαθμός συμπίεσης  $\frac{V_1}{V_2}$ ,  $\rho$  η διάρκεια χορηγίας της θερμότητας  $Q_1$  (που

### **β) Απόδοση του κυκλώματος Diesel.**

Αυτή υπολογίζεται σε επόμενη παράγραφο και δίδεται από τον τύπο:

$$\rho = \frac{V_2}{V_2} \quad \text{και} \quad k = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$$

στην πραγματικότητα λέγεται **διάρκεια καύσεως** ή και **βαθμός εγχύσεως** του καυσίμου, γιατί σε όλη τη διαδρομή ΒΓ εγχέεται το καύσιμο μέσα στον κύλινδρο) και είναι:

Επειδή ο παρ άγοντας  $\frac{\rho^{k-1}}{k(\rho-1)}$  είναι αριθμός μεγαλύτερος από τη μονάδα, συμπεραί-

νεται ότι ο βαθμός αποδόσεως του κυκλώματος Diesel συμπεραίνομε ότι ο βαθμός αποδόσεως του είναι **τόσο μεγαλύτερος όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπίεσης  $r$  και όσο μικρότερη είναι η διάρκεια καύσεως  $\rho$**  υπό σταθερή πίεση.

νεται ότι ο βαθμός αποδόσεως του κυκλώματος Diesel είναι θεωρητικά μικρότερος από το βαθμό αποδόσεως του κυκλώματος Otto. Αυτό όμως δε συμβαίνει στην πραγματικότητα, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

### **1.8.3 Κύκλωμα Sabathé ή μικτό.**

#### **α) Γραφική παράσταση του μικτού κυκλώματος.**

Το μικτό κύκλωμα των Μ.Ε.Κ. είναι ο συνδυασμός των κυκλωμάτων Otto - Diesel. Το επινόησε ο Γάλλος Sabathé από τον οποίο πήρε και το όνομα.

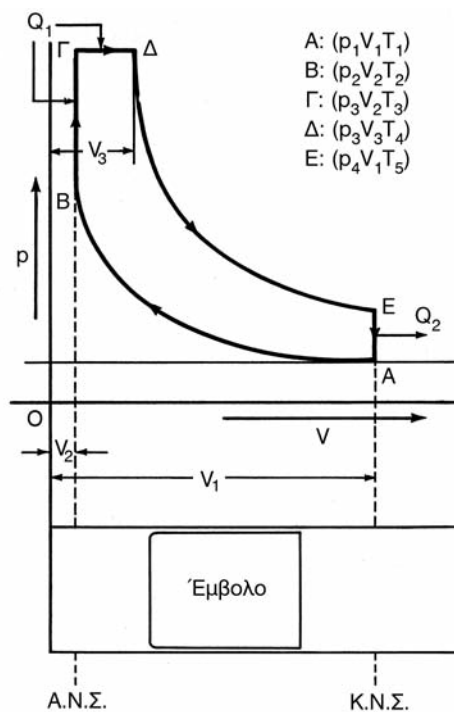
Σε αυτό βασίζεται η λειτουργία των συγχρόνων πετρελαιομηχανών.

Παριστάνεται σε άξονες  $p - V$  στο σχήμα 1.8γ. Στο σημείο Α (Κ.Ν.Σ.) ο αέρας έχει τα στοιχεία του περιβάλλοντος  $p_1, V_1, T_1$ . Η ΑΒ παριστάνει την **αδιαβατική συμπίεση** του όπου στο Β (Α.Ν.Σ.) έχει  $p_2, V_2, T_2$ .

Η **ισόογκη** ΒΓ υπό **σταθερό όγκο**  $V_2$  παριστάνει τη χορηγία μέρους της θερμότητας  $Q_1$ , όπου στο τέλος στο σημείο Γ ο αέρας έχει αποκτήσει τα στοιχεία  $p_3, V_2, T_3$ . Στο σημείο Γ (Α.Ν.Σ.) εξακολουθεί η χορηγία του υπολοίπου της θερμότητας  $Q_1$  υπό **σταθερή πίεση**  $p_3$  και διαρκεί μέχρι το σημείο Δ κατά τη ΓΔ. Στο σημείο Δ ο αέρας έχει πλέον τα στοιχεία  $p_3, V_3, T_4$ . Στο Δ διακόπτεται η χορηγία θερμότητας και ο αέρας εκτονώνεται κατά την **αδιαβατική** ΔΕ μέχρι το Κ.Ν.Σ. όπου πλέον έχει τα στοιχεία  $p_4, V_1, T_5$ . Κατά τη διάρκεια των ΓΔ και ΔΕ ο αέρας σπρώχνει το έμβολο και παράγει το κινητήριο έργο.

Στο σημείο Ε αφαιρείται η θερμότητα  $Q_2$  κατά την **ισόογκη** υπό **σταθερό όγκο**  $V_1$  αλλαγή ΕΑ μέχρι το Α (Κ.Ν.Σ.), όπου ο αέρας έχει ξανά τα αρχικά του στοιχεία  $p_1, V_1,$





Σχ. 1.8γ.

$T_1$  και από το A επαναλαμβάνεται το ίδιο κύκλωμα ενόσω η μηχανή θα βρίσκεται σε κίνηση.

$$\eta_{II} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[ \frac{(ar^k - 1)}{(a-1) + ak(\rho-1)} \right] \quad (3)$$

Στο σχήμα 1.8γ δίνονται παραπλεύρως οι πιέσεις, οι όγκοι και οι θερμοκρασίες που αντιστοιχούν στα χαρακτηριστικά σημεία του διαγράμματος.

$a = \frac{p_3}{p_2}$  ο οποίος λέγεται βαθμός εκρήξεως και παριστάνει τη σχέση πιέσεως στο τέλος

### β) Απόδοση του κυκλώματος Sabathé.

Δίδεται από τον τύπο:

όπου:  $r$ ,  $\rho$ ,  $k$  είναι ο βαθμός συμπίεσης, η διάρκεια χορηγίας της θερμότητας και ο αριθμός 1,4 όπως στα προηγούμενα κυκλώματα. Επί πλέον εδώ υπάρχει ο παράγοντας

και στην αρχή της υπό σταθερό όγκο χορηγίας θερμότητας.

Από τον τύπο της αποδόσεως συμπεραίνομε ότι:

α) Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπίεσεως τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση.

β) Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός εκρήξεως  $\alpha$  τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση.

γ) Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός εγχύσεως  $\rho$  τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση.

Αν γίνει  $\alpha = 1$ , δηλαδή  $p_3 = p_2$ , τότε το μικτό κύκλωμα μεταβάλλεται σε κύκλωμα Diesel και ο τύπος της αποδόσεως παίρνει τη μορφή του κυκλώματος Diesel.

Αν πάλι γίνει  $\rho = 1$ , δηλαδή  $V_3 = V_2$ , το μικτό κύκλωμα γίνεται κύκλωμα Otto και ο τύπος της αποδόσεως παίρνει τη μορφή του κυκλώματος Otto, το οποίο όπως συμπεραίνεται από όσα μέχρι τώρα αναπτύχθηκαν, είναι θεωρητικά το κύκλωμα της μέγιστης αποδόσεως των Μ.Ε.Κ.

#### 1.8.4 Εύρεση του βαθμού αποδόσεως των θεωρητικών κυκλωμάτων των Μ.Ε.Κ.

α)  $\frac{V_1}{V_2} = r$  Οι προηγούμενοι βαθμοί αποδόσεως των τριών κυκλωμάτων βρίσκονται με τους νόμους της θερμοδυναμικής χωριστά ο καθένας. Εν τούτοις για ευκολία θα βρούμε εδώ την απόδοση του μικτού κυκλώματος Sabathé η οποία αποτελεί και τη γενικότερη περίπτωση και από αυτή θα προσδιορίσομε την απόδοση και των άλλων δυο κυκλωμάτων Otto και Diesel.

$$\beta) \frac{P_3}{P_2} = \alpha$$

Στο σχήμα 1.8γ καλούμε:

$$\gamma) \frac{V_3}{V_2} = \rho$$

σχέση συμπίεσεως, δηλαδή τη σχέση αρχικού προς τελικό όγκο

βαθμό εκρήξεως, δηλαδή τη σχέση πίεσεως στο τέλος και στην αρχή της υπό σταθερό όγκο καύσεως (χορήγηση θερμότητας) ( $Q_u$ )

διάρκεια καύσεως ή σχέση όγκων κατά την υπό σταθερή πίεση καύση (χορηγία θερμότητας) ( $Q_p$ )

Σύμφωνα τώρα με όσα στις αλλαγές καταστάσεως υπό σταθερό όγκο, σταθερή πίεση, αδιαβατική αναφέρονται στον τόμο I και με τις μαθηματικές σχέσεις που ισχύουν γι' αυτές θα είναι:

Η χορηγούμενη κατά τη ΒΓ υπό σταθερό όγκο θερμότητα  $Q_u$  ίση με:

$$Q_u = c_v (T_3 - T_2) \quad (1)$$

Η χορηγούμενη κατά τη ΓΔ υπό σταθερή πίεση  $Q_p$  ίση με:

$$Q_p = c_p (T_4 - T_3) \quad (2)$$

Η συνολική επομένως χορηγούμενη  $Q_1$ , θα είναι:

$$\eta_{II} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{c_v (T_5 - T_1)}{c_v (T_3 - T_2) + c_p (T_4 - T_3)} \quad (5)$$

$$Q_1 = Q_U + Q_p \quad \text{ή}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{c_u \left( \frac{T_5}{T_1} - 1 \right)}{c_u \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right) + c_p \left( \frac{T_4}{T_1} - \frac{T_3}{T_1} \right)} \quad (6)$$

ή αν διαιρέσουμε τους όρους του κλάσματος με  $c_u$  και εφ' όσον  $\frac{c_p}{c_u} = k$  ο τύπος γίνεται:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{\left( \frac{T_5}{T_1} - 1 \right)}{\left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right) + k \left( \frac{T_4}{T_1} - \frac{T_3}{T_1} \right)} \quad (7)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} = r^{\kappa-1} \quad \text{ή} \quad T_2 = T_1 r^{\kappa-1} \quad (8)$$

$$Q_1 = c_u (T_3 - T_2) + c_p (T_4 - T_3) \quad (3)$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{P_3}{P_2} = \alpha \quad \text{ή} \quad T_3 = T_2 \cdot \alpha \quad (9)$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \frac{V_3}{V_2} = \rho \quad \text{ή} \quad V_3 = V_2 \rho \quad (10)$$

Η απαγόμενη υπό σταθερό όγκο θερμότητα  $Q_2$  ίση με:

$$\frac{T_5}{T_4} = \left( \frac{V_3}{V_1} \right)^{\kappa-1} \quad \text{ή} \quad T_5 = T_4 \left( \frac{V_3}{V_1} \right)^{\kappa-1}$$

$$Q_2 = c_u \frac{V_3}{V_1} = c_u \frac{V_3}{V_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{P}{r} \quad \text{άρα} \quad \frac{T_5}{T_4} = \left( \frac{P}{r} \right)^{\kappa-1} \quad (11)$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \alpha \cdot r^{\kappa-1} \quad (12)$$

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \rho \cdot a r^{k-1} \quad (13)$$

$$\frac{T_5}{T_1} = \frac{T_5}{T_4} \cdot \frac{T_4}{T_1} = \left(\frac{\rho}{r}\right)^{k-1} \cdot (\rho \cdot a \cdot r^{k-1}) = \rho^k \cdot a \quad (14)$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{\rho^k \cdot a - 1}{(a r^{k-1} - r^{k-1}) + k(\rho a r^{k-1} - a r^{k-1})}$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{a \rho^k - 1}{r^{k-1} [(a-1) + a k (\rho-1)]}$$

$$\text{ή } \eta_{II} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[ \frac{a \rho^k - 1}{(a-1) + a k (\rho-1)} \right] \quad (15)$$

$$(T_5 - T_1) \quad (4)$$

και ο θερμικός βαθμός αποδόσεως  $\eta_{II}$ :

$$\frac{V_3}{V_2} = \rho = 1$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left( \frac{a-1}{a-1+0} \right)$$

$$\text{ή } \eta_{II} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \quad (16)$$

$$\frac{p_3}{p_2} = a = 1$$

$$\eta_{II} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \cdot \left[ \frac{\rho^k - 1}{k(\rho-1)} \right]$$

$$\text{ή } \eta_{II} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \cdot \frac{\rho^k - 1}{k(\rho-1)} \quad (17)$$

Διαιρούμε τώρα τους όρους του αφαιρετέου κλάσματος με  $T_1$  και έχουμε:  
και από τις σχέσεις της αδιαβατικής αλλαγής θα έχουμε για την ΑΒ:

Από τις σχέσεις της υπό σταθερό όγκο αλλαγής για την ΒΓ:  
και από τη σχέση της υπό σταθερή πίεση αλλαγής για τη ΓΔ:

Από την αδιαβατική ΔΕ:

αλλά

Από τις σχέσεις (8), (9), (10), και (11) τα κλάσματα στον τύπο (7) γίνονται:

ο δε τύπος (7) γίνεται έτσι:

όπως αναφέρεται ως τύπος (3) στην παράγραφο 1.8.3 και είναι όπως είπαμε τύπος για το μικτό κύκλωμα που είναι και το γενικότερο και περιλαμβάνει και τα ακραία κυκλώματα Otto και Diesel.

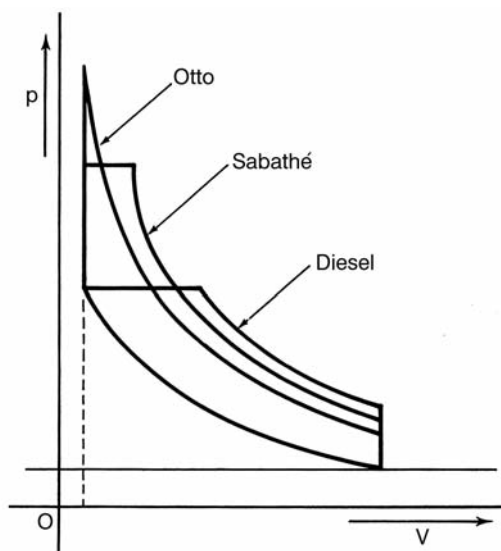
Έτσι αν  $V_3 = V_2$  οπότε έχουμε την περίπτωση του κυκλώματος Otto, τότε θα είναι: και ο τύπος (15) γίνεται:

όπως αναφέρεται ως τύπος (1) στην παράγραφο 1.8.1.

Αν πάλι  $p_3 = p_2$  οπότε έχουμε την περίπτωση κυκλώματος Diesel θα είναι: και ο τύπος (15) γίνεται:

όπως αναφέρεται ως τύπος (2) στην παράγραφο 1.8.2.

Είναι προφανές ότι η ίδια εργασία ευρέσεως του  $\eta_{\theta}$  μπορεί να γίνει χωριστά για κάθε ένα από τα κυκλώματα Otto και Diesel. Εν τούτοις κρίθηκε συντομότερο να ευρεθεί ο βαθμός αποδόσεως του μικτού κυκλώματος και από αυτόν να εξαχθούν συμπερασματικά οι άλλοι δύο, δηλαδή του Otto και του Diesel.



Σχ. 1.9α.

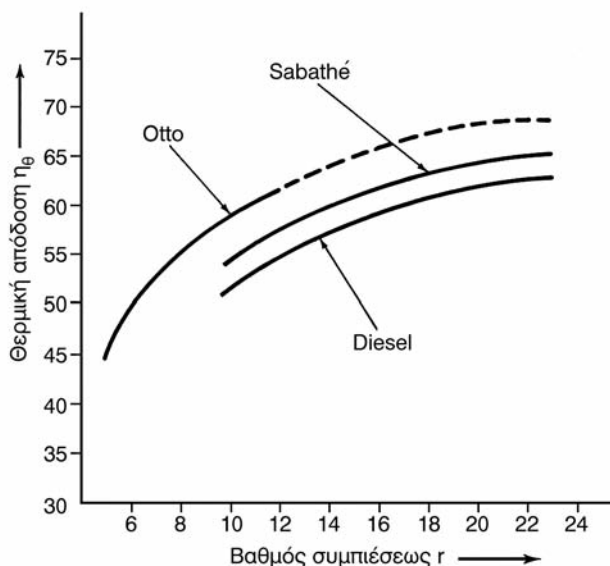
### 1.9 Παρατηρήσεις στα κυκλώματα Μ.Ε.Κ.

1) Τα κυκλώματα **Otto**, **Diesel**, **Sabathé** λέγονται αντίστοιχα και κυκλώματα **εκρήξεως**, **καύσεως** και **μικτό** από τη μορφή που παίρνει η καύση στο καθένα χωριστά.

2) Η χορηγία της θερμότητας  $Q_1$  αντιστοιχεί στην πραγματικότητα με την καύση της βενζίνης ή του πετρελαίου, που γίνεται μέσα στον κύλινδρο των Μ.Ε.Κ.

3) Η αφαίρεση της θερμότητας  $Q_2$  αντιστοιχεί με την εξαγωγή των καυσαερίων στην ατμόσφαιρα.

4) Ο εκθέτης  $k$  στην πραγματική λειτουργία των Μ.Ε.Κ. δεν είναι 1,4 αλλά μικρότερος και αντιστοιχεί σε μία **πολυτροπική** αλλαγή καταστάσεως και όχι σε καθαρή αδιαβατική.



Σχ. 1.9β.

5) Το εμβαδόν που περικλείεται μέσα στην κλειστή γραμμή του κάθε κυκλώματος, παριστάνει το έργο που αποδίδεται στη διάρκειά του και μετρείται σε μονάδες έργου, kJ ή kpm όπως άλλωστε γνωρίζουμε από όσα αναφέρονται για τις κυκλικές αλλαγές στον τόμο Ι.

6) Η γραφική παράσταση των κυκλωμάτων που περιγράψαμε γίνεται και σε άξονες T-S, δηλαδή **απόλυτης θερμοκρασίας – εντροπίας**.

Στα διαγράμματα T-S τα αντίστοιχα εμβαδά που περικλείονται μέσα σε αυτά παριστάνουν επίσης το έργο που αποδίδεται κατά τη διάρκεια του κυκλώματος. Το έργο όμως μετρείται σε μονάδες **θερμότητας** kJ ή kcal. Πιο συγκεκριμένα μετρείται η διαφορά  $(Q_1 - Q_2)$  μεταξύ χορηγούμενης και αφαιρούμενης θερμότητας.

Το σχήμα 1.9α παριστάνει συγκριτικά και με βάση τον ίδιο αριθμό συμπίεσεως τα τρία κυκλώματα σε διάγραμμα  $p - V$ . Το σχήμα 1.9β παριστάνει τη μεταβολή του θερμοκινου βαθμού αποδόσεως  $\eta_{\theta}$  σε συνάρτηση με το βαθμό συμπίεσεως  $r$ . Η εστιγμένη προέκταση της καμπύλης αποδόσεως του κυκλώματος Otto αναφέρεται σε βαθμούς συμπίεσεως που δεν χρησιμοποιούνται στις μηχανές εκρήξεως.

Από τη συσχέτιση των καμπυλών του σχήματος 1.9β φαίνεται καθαρά ότι **θεωρητικά** ο βαθμός αποδόσεως του κύκλου Otto είναι υψηλότερος. Μετά ακολουθεί ο βαθμός του κύκλου Sabathé και τέλος ο βαθμός του κύκλου Diesel.

Στα επόμενα θα δούμε, πώς, με βάση τα προηγούμενα κυκλώματα, επιτυγχάνεται η λειτουργία των διαφόρων Μ.Ε.Κ.

### 1.10 Οι τύποι των διαφορών Μ.Ε.Κ. ανάλογα με τον τρόπο εναύσεως του καυσίμου.

Στην παράγραφο 1.3 αναφέρθηκαν τα είδη των καυσίμων υγρών ή αερίων που χρησιμοποιούνται στις Μ.Ε.Κ. Εδώ θα εξετασθεί κυρίως ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η **έναυση** ή **ανάφλεξη** τους, που έχει ιδιαίτερη σημασία για τη λειτουργία τους.

#### 1.10.1 Έναυση στις μηχανές Otto.

Στις μηχανές αυτές που χρησιμοποιούν **αέρια καύσιμα** ή κυρίως **βενζίνη** σε μίγμα με αέρα, η έναυση πραγματοποιείται με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου, δηλαδή με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού **σπινθήρα**.

Όταν το έμβολο βρίσκεται στον Κ.Ν.Σ., ο κύλινδρος γεμίζει με το αέριο καύσιμο ή με μίγμα βενζίνης και αέρα το οποίο προπαρασκευάζεται με αναλογία 1 : 15 περίπου από ειδικό εξάρτημα της μηχανής που λέγεται **αναμίκτης** ή **εξαεριοωτής** (καρμπυρατέρ). Το μίγμα αυτό συμπιέζεται από το έμβολο κατά την άνοδό του προς το Α.Ν.Σ σε πίεση 7 - 12 bar. Στο τέλος περίπου της **συμπίεσεως**, πριν φθάσει το έμβολο στο Α.Ν.Σ. δίνεται μέσα στον κύλινδρο ο ηλεκτρικός σπινθήρας. Πραγματοποιείται τότε η **ανάφλεξη** του μίγματος, η **καύση** του καυσίμου και η παραγωγή **καυσαερίων** με υψηλή πίεση και θερμοκρασία τα οποία ωθούν το έμβολο και παράγουν έτσι το κινητήριο έργο.

Η ανάφλεξη με σπινθήρα πραγματοποιείται ταχύτατα και μοιάζει με έκρηξη. Γι' αυτό χαρακτηρίζεται και ως **έκρηξη**. Η πλήρης καύση του καυσίμου πραγματοποιείται σε ελάχιστο χρόνο, ώστε θεωρητικά τουλάχιστον να έχει ολοκληρωθεί προτού το έμβολο προφθάσει να μετακινηθεί ώστε να χαρακτηρίζεται ως μία **ισόογκη** αλλαγή καταστάσεως.

Έτσι επικράτησε οι μηχανές Otto να λέγονται και μηχανές **σταθερού όγκου** ή μηχανές **εκρήξεως** ή μηχανές εναύσεως με **σπινθήρα**.

Ο Nikolaus August Otto το έτος 1876 κατασκεύασε για βιομηχανικούς σκοπούς την πρώτη Μ.Ε.Κ. της κατηγορίας αυτής.

Οι μηχανές που αναφέραμε προηγούμενως είναι οι συνηθισμένες **αεριομηχανές** και **βενζινομηχανές**.

Τα τελευταία χρόνια σε βενζινομηχανές αεροπλάνων και αυτοκινήτων εφαρμόζεται η μέθοδος της εγχύσεως της βενζίνης υπό πίεση, την οποία δημιουργεί

η λεγόμενη **αντλία βενζίνης** μέσω **εγχυτήρα** (μπεκ) με δύο τρόπους, δηλαδή:

1) Με **αντλία βενζίνης, εξαεριωτή και εγχυτήρα.**

Με τη μέθοδο αυτήν η βενζίνη καταθλίβεται με χαμηλή πίεση από την αντλία βενζίνης μέσω του **εγχυτήρα** στον οχετό αναρροφήσεως του εξαεριωτή και αναμιγνύεται με τον αέρα, ο οποίος διέρχεται από τον **εξαεριωτή**. Έτσι σχηματίζεται το **αεριούχο μίγμα** το οποίο στη συνέχεια εισάγεται στον κύλινδρο, όπου συμπιέζεται και αναφλέγεται με τη βοήθεια του σπινθήρα.

2) Με **αντλία μηχανικής εγχύσεως και εγχυτήρα.**

Με τη μέθοδο αυτή δεν χρησιμοποιείται εξαεριωτής, αλλά η βενζίνη καταθλίβεται τη δεδομένη στιγμή με υψηλή πίεση από αντλία μηχανικής εγχύσεως μέσω του εγχυτήρα στον οχετό εισαγωγής του αέρα πριν από τη βαλβίδα αναρροφήσεως ή κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο. Και στις δύο περιπτώσεις διασκορπίζεται από τον εγχυτήρα μέσα στον αέρα και σχηματίζεται έτσι το αεριούχο μίγμα, το οποίο στη συνέχεια συμπιέζεται και αναφλέγεται με τη βοήθεια του ηλεκτρικού σπινθήρα.

### 1.10.2 Η έναυση στις μηχανές Diesel.

Στις μηχανές αυτές που χρησιμοποιούν πετρέλαιο Diesel (ή και βαρύτερα πετρέλαια) η έναυση γίνεται αυτόματα χωρίς δηλαδή τη βοήθεια του σπινθήρα. Η έναυση όπως λέμε, γίνεται με **αυτανάφλεξη** του καυσίμου. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή το έμβολο όταν ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. συμπιέζει αμιγή αέρα, του οποίου η πίεση στο τέλος της συμπίεσεως φτάνει τα 35 περίπου bar και η θερμοκρασία στους 550° - 600°C. Τη στιγμή αυτή εισάγεται υπό πίεση το πετρέλαιο μέσω του εγχυτήρα ως εξής:

1) **Με αέρα εμφυσήσεως.**

Στο σύστημα αυτό το πετρέλαιο εισάγεται από την αντλία πετρελαίου στον εγχυτήρα ή στον καυστήρα (μπεκ) ο οποίος θα το διασκορπίσει μέσα στον κύλινδρο. Παράλληλα, ιδιαίτερο μηχανήμα, ο **αεριοσυμπιεστής εμφυσήσεως**, καταθλίβει στον εγχυτήρα πάνω από το πετρέλαιο αέρα με πίεση 70 περίπου ατμόσφαιρες. Μόλις ανοίξει ο καυστήρας, με τη βοήθεια ενός **εκκέντρου** το οποίο είναι προσαρμοσμένο στον εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής, το πετρέλαιο **ωθείται από τον αέρα εμφυσήσεως** και μαζί με αυτόν διασκορπίζεται τότε στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Εκεί, όπως είπαμε, επικρατεί θερμοκρασία 550° - 600°C, η οποία προκαλεί την αυτανάφλεξη του και στη συνέχεια την καύση του. Η καύση διαρκεί κατά ένα τμήμα της διαδρομής του εμβόλου και πραγματοποιείται υπό σταθερή πίεση 35 περίπου bar.

2) **Με μηχανική έγχυση του πετρελαίου.**

Στο σύστημα αυτό δεν υπάρχει αεροσυμπιεστής εμφυσήσεως, αλλά το πετρέλαιο συμπιέζεται από **αντλία μηχανικής εγχύσεως** σε πολύ υψηλή πίεση 200 - 600 bar και καταθλίβεται προς τον καυστήρα. Με τη μεγάλη αυτή πίεση το πετρέλαιο ανυψώνει σε ορισμένη στιγμή που καθορίζεται από την ίδια **την αντλία** μηχανικής εγχύσεως, τη



βαλβίδα του καυστήρα και διαμέσου του προστομίου του διασκορπίζεται μέσα στον κύλινδρο. Εκεί αυταναφλέγεται και καίγεται υπό σταθερή πίεση 35 περίπου bar.

Ο **Rudolf Diesel** επέτυχε πρώτος την καύση του πετρελαίου στις Μ.Ε.Κ. και έθεσε σε λειτουργία το 1893 την πρώτη πετρελαιομηχανή για βιομηχανικούς σκοπούς.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε γιατί οι μηχανές του κυκλώματος Diesel λέγονται και μηχανές **σταθερής πίεσεως** ή μηχανές **καύσεως** ή μηχανές **εναύσεως** με **συμπίεση**. Η καύση όπως είπαμε πραγματοποιείται ομαλά και **διαρκεί** κατά ένα τμήμα της διαδρομής του εμβόλου που λέγεται **διάρκεια καύσεως**.

Από αυτές οι μηχανές με **εμφύσηση** λέγονται απλώς **μηχανές Diesel**, ενώ οι μηχανές με **μηχανική έγχυση** λέγονται **Super Diesel**.

Οι μηχανές με εμφύσηση όμως έχουν σχεδόν καταργηθεί ή τις συναντούμε σπανιότατα. Έτσι όταν λέμε **μηχανή Diesel** εννοούμε πλέον τις μηχανές με μηχανική έγχυση.

### 1.10.3 Έναυση στις μηχανές μικτού κύκλου.

Στις μηχανές αυτές που χρησιμοποιούν επίσης πετρέλαιο Diesel ή και βαρύτερο πετρέλαιο, η έναυση πραγματοποιείται ως εξής:

1) Στις μηχανές χαμηλής συμπίεσεως ο αέρας συμπιέζεται σε 15 - 17 περίπου bar. Από τη συμπίεση αυτή αποκτά μια θερμοκρασία 300° - 400°C η οποία **δεν είναι αρκετή** για να προκαλέσει την αυτανάφλεξη του πετρελαίου. Γι' αυτό χρησιμοποιείται ιδιαίτερο μεταλλικό εξάρτημα του χώρου καύσεως που λέγεται **πυρόσφαιρα** ή **πυροκεφαλή**. Στην αρχική εκκίνηση η πυρόσφαιρα προθερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία με «καμινέττο» μέχρι να ερυθροπυρωθεί. Έτσι υποβοηθείται η ανάφλεξη του πετρελαίου το οποίο καταθλίβεται με τη βοήθεια αντλίας μηχανικής εγχύσεως. Κατά τη λειτουργία της μηχανής η πυρόσφαιρα δεν ψύχεται ώστε να παραμένει συνεχώς σε θερμή κατάσταση. Η καύση του πετρελαίου πραγματοποιείται αρχικά μεν υπό **σταθερό όγκο** ως έκρηξη και στη συνέχεια υπό **σταθερή πίεση** ως ομαλή καύση. Κατά την έκρηξη η πίεση των αερίων ανέρχεται μέχρι 18-25 bar και διατηρείται σταθερή μέχρι το τέλος της καύσεως. Οι μηχανές αυτές είναι μικρής ιπποδυνάμεως και ονομάζονται μηχανές **Semi-Diesel**.

2) Στις μηχανές υψηλής συμπίεσεως οι οποίες αποτελούν την πιο εξελιγμένη μορφή των μηχανών μηχανικής εγχύσεως Diesel, η καύση του πετρελαίου γίνεται ταχύτερα από ό,τι στις μηχανές **Diesel**.

Ο αέρας συμπιέζεται και εδώ σε 35-40 bar και αποκτά θερμοκρασία 600°C και περισσότερο. Το πετρέλαιο εισάγεται με μηχανική έγχυση πριν το έμβολο φθάσει στον Α.Ν.Σ. Έτσι η καύση του μοιάζει ως ένα σημείο με έκρηξη, εξαιτίας της οποίας η πίεση των αερίων φθάνει μέχρι 75 bar περίπου. Όσον αφορά την υπόλοιπη πραγματοποιείται όπως η συνήθης καύση των πετρελαιομηχανών. Κατά τα λοιπά η λειτουργία τους είναι ίδια με αυτή των μηχανών Super-Diesel.

$$\eta_{\mu} = \frac{\eta^2 \cdot S}{15.000}$$

### 1.11 Η κατάταξη των Μ.Ε.Κ.

Οι **εμβολοφόρες** μηχανές εσωτερικής καύσεως διακρίνονται:

- α) Ανάλογα με τον **τρόπο εναύσεως** του καυσίμου τους σε:
- Μηχανές **εκρήξεως** ή σταθερού όγκου (βενζινομηχανές - αεριομηχανές) ή μηχανές Otto.
  - Μηχανές **καύσεως** ή σταθερής πιέσεως (πετρελαιομηχανές) ή μηχανές Diesel.
  - Μηχανές **διπλής καύσεως** ή σταθερού όγκου και σταθερής πιέσεως ή μηχανές μικτού κύκλου Otto - Diesel ή Sabathé.

$$\eta_{\mu} = \frac{500^2 \times 0,6}{15.000} = 14,4$$

β) Ανάλογα με τον αριθμό των απλών διαδρομών του εμβόλου, δηλαδή των χρόνων που απαιτούνται για την πραγματοποίηση ενός κύκλου λειτουργίας:

- Τετράχρονες και
- δίχρονες.

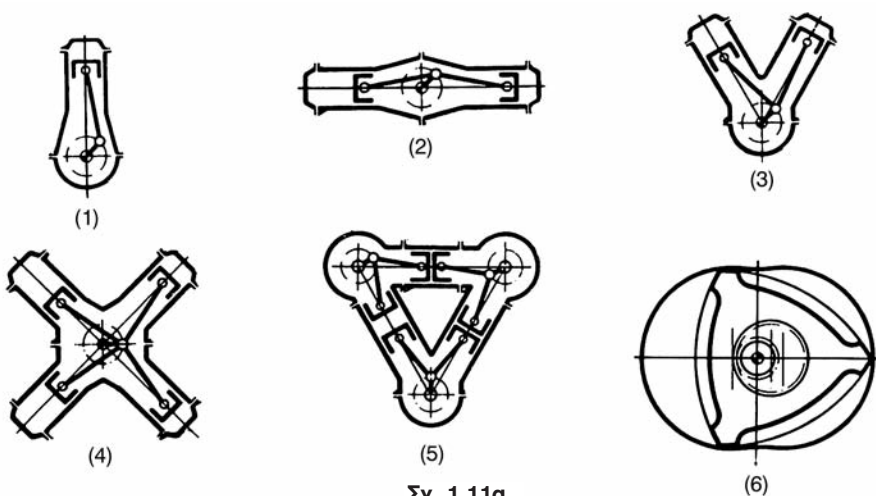
γ) Ανάλογα με το χώρο, μέσα στον οποίο γίνεται η καύση σχετικά με τις δύο όψεις του εμβόλου, δηλαδή αν αυτή πραγματοποιείται στη μια μόνο όψη του ή και στις δύο σε:

- **Απλής ενέργειας.**
- **Διπλής ενέργειας.**

δ) Ανάλογα με την **ταχύτητα περιστροφής** τους σε:

- **Ολιγόστροφες** ή βραδύστροφες ή χαμηλής ταχύτητας.
- **Μέσου αριθμού στροφών** ή μέσης ταχύτητας.
- **Πολύστροφες** ή ταχύστροφες ή υψηλής ταχύτητας.
- **Πολύ ταχύστροφες** ή πολύ υψηλής ταχύτητας.

Ο παραπάνω χαρακτηρισμός των Μ.Ε.Κ. γίνεται με βάση την **ειδική ταχύτητα περιστροφής** της μηχανής που υπολογίζεται με αρκετή προσέγγιση από τον αριθμό στροφών της μηχανής και τη διαδρομή του εμβόλου από τον παρακάτω τύπο:



Σχ. 1.11α.

όπου:  $n$  ο αριθμός στροφών της μηχανής ανά λεπτό και  $S$  η διαδρομή του εμβόλου σε μέτρα.

Ανάλογα με την τιμή, την οποία παίρνει η ειδική ταχύτητα περιστροφής, μία μηχανή κατατάσσεται ως εξής:

Για τιμή του  $n_s$  μεταξύ 1 - 3 ως ολιγόστροφη.

Για τιμή του  $n_s$  μεταξύ 3 - 9 ως μέσου αριθμού στροφών.

Για τιμή του  $n_s$  μεταξύ 9 - 27 ως πολύστροφη.

Για τιμή του  $n_s$  μεταξύ 27 - 81 ως πολύ ταχύστροφη.

Έτσι αν μία μηχανή έχει  $n = 600$  και  $S = 0,6$  θα είναι:

άρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πολύστροφη μηχανή.

ε) Ανάλογα με τον **αριθμό των κυλίνδρων** τους σε:

- **Μονοκύλινδρες** και

- **πολυκύλινδρες.**

στ) Ανάλογα με τη **διάταξη των κυλίνδρων** τους σε:

- **Κατακόρυφες**, δηλαδή με άξονες κυλίνδρων κατακόρυφους σε σειρά.

- **Οριζόντιες**, δηλαδή με άξονες κυλίνδρων οριζόντιους.

- Τύπου «**V**» ή «**W**» με άξονες κυλίνδρων σχηματίζοντας το γράμμα «**V**» ή «**W**».

- **Αστεροειδείς**, με κυλίνδρους περιφερειακά τοποθετημένους και τους άξονες τους διατεθειμένους ακτινικά.

- **Τύπου - πολυγωνικού**, με άξονες κυλίνδρων σχηματίζοντας τρίγωνο, τετράγωνο ή εξάγωνο (όπως π.χ. οι μηχανές τύπου Deltic Napier).

- **Διπλών εμβόλων**, δηλαδή με έμβολα που κινούνται αντίθετα μέσα στον ίδιο κύλινδρο (όπως οι τύπου Junker's, Doxford, Fairbanks-Morse, Deltic κλπ.).

- **Περιστρεφόμενων εμβόλων**, δηλαδή με έμβολα λαβοειδή που εκτελούν περιστροφική κίνηση αντί για παλινδρομική (όπως ο κινητήρας τύπου Wankel).

Στο σχήμα 1.11α εικονίζονται μερικοί από τους παραπάνω τύπους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα.

Αυτοί είναι:

1) Κατακόρυφη μονοκύλινδρη ή πολυκύλινδρη με τους κυλίνδρους σε σειρά.

2) Οριζόντια μηχανή με διπλά έμβολα, με ένα ζεύγος κυλίνδρων ή περισσότερα σε σειρά.

3) Μηχανή τύπου «**V**» με ένα ή περισσότερα ζεύγη.

4) Αστεροειδής τετράκτινη με ένα ή περισσότερα τετραπλά σώματα κυλίνδρων.

Όμοια είναι και η εξάκτινη.

5) Μηχανή τύπου «**Δ**» τριγωνική με αντίθετα κινούμενα έμβολα, με ένα ή περισσότερα σώματα κυλίνδρων σε σειρά. Όμοια είναι η τετραγωνικής ή εξαγωνικής ή πολυγωνικής διατάξεως.

6) Μηχανή περιστρεφόμενων εμβόλων τύπου Wankel.

ζ) Ανάλογα με τον τρόπο **ψύξεως** των κυλίνδρων τους σε:

- **Αερόψυκτες**, οι οποίες ψύχονται αυτόματα από τον αέρα κατά την κίνησή τους.

- **Υδρόψυκτες**, οι οποίες ψύχονται με την κυκλοφορία ύδατος ή άλλου ψυκτικού υγρού.

η) Ανάλογα με τον τρόπο συνδέσεως του εμβόλου τους με το διωστήρα σε:

- Μηχανές **χωρίς βάκτρο και ζύγωμα.**

- Μηχανές **με βάκτρο και ζύγωμα.**

θ) Ανάλογα με τον τρόπο εισαγωγής και το βάρος του καυσιγόνου αέρα, που εισάγεται στον κύλινδρο, διαιρούνται σε:

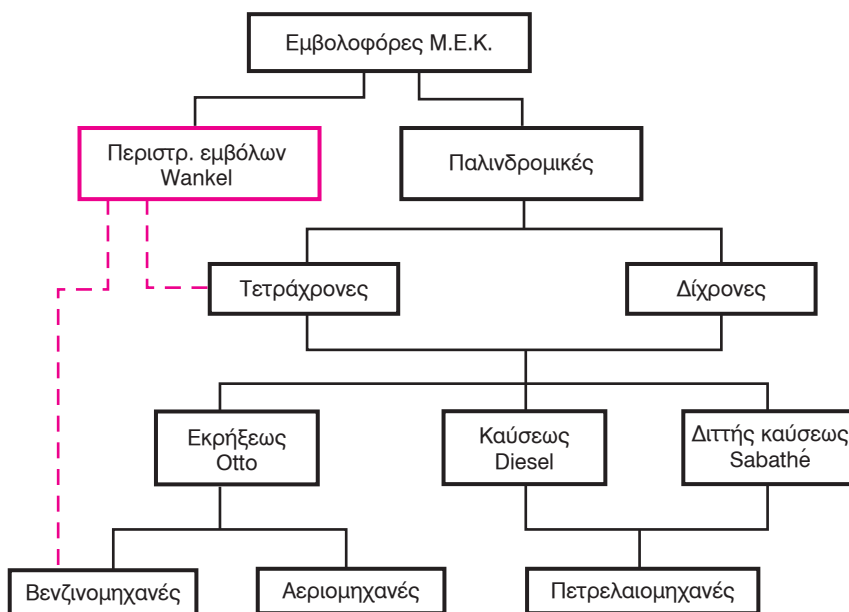
- Μηχανές χωρίς υπερτροφοδότηση και
- μηχανές με υπερτροφοδότηση.

Εδώ πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι:

Σε μηχανές χωρίς υπερτροφοδότηση ο αέρας εισέρχεται λόγω της δυνάμεως του κενού που δημιουργεί το έμβολο στους τετράχρονους κινητήρες, ή με τη βοήθεια της αντλίας σαρώσεως στους δίχρονους. Και στις δύο περιπτώσεις η πίεση στην αρχή της συμπίεσεως είναι περίπου η ατμοσφαιρική και το βάρος του αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο προκαθορίζεται από αυτήν και από τον όγκο του κυλίνδρου. Έτσι **η ποσότητα του καυσίμου, που μπορεί να καεί μέσα στον κύλινδρο, είναι επίσης ορισμένη και επομένως και η ιπποδύναμη της μηχανής.**

Αντίθετα σε μηχανές με υπερτροφοδότηση ο αέρας εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο με πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική (1,7 - 2,2 bar περίπου), με τη βοήθεια της **αντλίας υπερτροφοδότησεως.** Έτσι το βάρος του εισαγόμενου **αέρα** στον κύλινδρο είναι ανάλογα μεγαλύτερο, **η ποσότητα του καυσίμου, οποία μπορεί να καεί μέσα στον κύλινδρο μεγαλύτερη και συνεπώς η ιπποδύναμη της μηχανής αισθητά αυξημένη** συγκριτικά με την ιπποδύναμη της μηχανής χωρίς υπερτροφοδότηση.

Αυτό, είναι ένα σοβαρό πλεονέκτημα των μηχανών με υπερτροφοδότηση, γιατί υποβιβάζει το κόστος της αρχικής εγκαταστάσεως της μηχανής, καθώς επίσης και το



Σχ. 1.11β.

συνολικό βάρος της, πράγμα το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία για τις μηχανές πλοίων, αεροπλάνων κλπ. Ας σημειωθεί ότι η υπερτροφοδότηση εφαρμόζεται ευρύτατα στις μηχανές Diesel αλλά και σε ορισμένους τύπους βενζινομηχανών υψηλών απαιτήσεων όπως οι μηχανές αεροπλάνων, αυτοκινήτων αγώνων κλπ.

ι) Ανάλογα με τον τρόπο εγκαταστάσεώς τους οι Μ.Ε.Κ. διακρίνονται σε μηχανές:

– **Μόνιμες** ή **σταθερές**.

– **Κινητές** όπως π.χ. οι μηχανές πλοίων, αεροπλάνων, σιδηροδρόμων, αυτοκινήτων, οδοστρωτήρων κλπ.

– **Φορητές** όπως π.χ. οι μηχανές των φορητών αντλιών, των φορητών αεροσυμπιεστών κλπ.

ια) Ειδικά τις μηχανές εκρήξεως Otto ανάλογα με τη μέθοδο εισαγωγής της βενζίνης στον κύλινδρο και ανάλογα με το σχηματισμό του αεριούχου μίγματος τις διακρίνομε σε:

– Μηχανές με **εξαεριωτή** ή **αναμίκτη** (καρμπυρατέρ).

– Μηχανές με **αντλία βενζίνης**, **αναμίκτη** και **εγχυτήρα**.

– Μηχανές με **αντλία μηχανικής εγχύσεως** και **εγχυτήρα**,

τις οποίες εξηγήσαμε στην παράγραφο 1.10.1.

ιβ) Επίσης τις μηχανές καύσεως Diesel ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο εισάγεται και αναφλέγεται το καύσιμο στο χώρο καύσεως του κυλίνδρου, τις χαρακτηρίζομε ως:

– Μηχανές **Semi - Diesel**.

– Μηχανές **Diesel**.

– Μηχανές **Super - Diesel** και

– μηχανές **Diesel υψηλής συμπίεσεως μικτού κύκλου**,

τις οποίες εξηγήσαμε στις παραγράφους 1.10.2 και 1.10.3.

Στο σχήμα 1.11β δίνεται διάγραμμα ταξινομήσεως των εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ. με βάση τα κυριότερα από τα χαρακτηριστικά τους.

## 1.12 Οι χρήσεις των Μ.Ε.Κ.

Οι Μ.Ε.Κ. ως κινητήριες μηχανές χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την κίνηση **ηλεκτρογεννητριών, πλοίων, αυτοκινήτων, σιδηροδρόμων, αεροπλάνων, αντλιών αεροσυμπιεστών** κλπ.

Απαντώνται σε διάφορα μεγέθη όπως π.χ. από μονοκύλινδρες με ισχύ μικρότερη και από έναν ίππο, ως πολυκύλινδρες με ισχύ πολλές χιλιάδες ίππους.

Σήμερα κατασκευάζονται μεγάλες δίχρονης μηχανές Diesel για προωστήριες εγκαταστάσεις πλοίων πολύ μεγάλων ιπποδυνάμεων.

Π.χ. η μηχανή Fiat - Ansaldo - C.R.D.A. τύπου 1060 S της Grandi Motori - Trieste είναι 10κύλινδρη και αναπτύσσει 4.000 πραγματικούς ίππους ανά κύλινδρο, δηλαδή συνολική ιπποδύναμη 40.000 ίππων σε 106 r.p.m. (Revolutions Per Minute), δηλαδή στροφές ανά λεπτό (σ.α.λ).

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

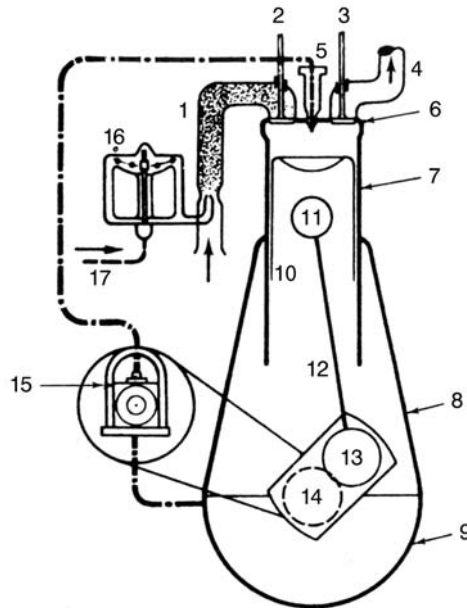
### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

#### ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΩΝ

##### 2.1 Η μονοκύλινδρη βενζινομηχανή.

Η απλούστερη μορφή βενζινομηχανής αποτελείται από κύλινδρο απλής ενέργειας ανοικτό προς το κάτω άκρο του, μέσω του οποίου και συγκοινωνεί με το **στροφαλοθάλαμο** (κάτωτερο) του κινητήρα.

Το σχήμα 2.1α παριστάνει διαγραμματικά μια τετράχρονη βενζινομηχανή.



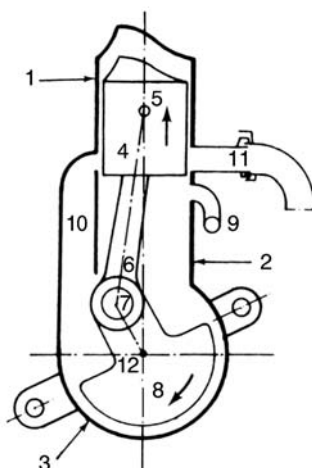
Σχ. 2.1α.

1) Ο σωλήνας εισαγωγής του μίγματος αέρα-καυσίμου. 2) Η βαλβίδα εισαγωγής. 3) Η βαλβίδα εξαγωγής. 4) Ο σωλήνας απαγωγής ή εξαγωγής των καυσαερίων. 5) Ο σπινθηριστής (μπουζί). 6) Το πόμα της μηχανής. 7) Ο κύλινδρος. 8) Ο σκελετός της μηχανής. 9) Η βάση της μηχανής η οποία χρησιμεύει και ως ελαιολεκάνη. 10) Το έμβολο. 11) Ο πείρος του εμβόλου. 12) Ο διωστήρας. 13) Ο στροφάλος. 14) Ο στροφαλοφόρος άξονας. 15) Η μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μνιατό). 16) Ο αναμίκτης ή εξαεριοτής (καρμπυρατέρ). 17) Ο σωλήνας παροχής της βενζίνης προς τον αναμίκτη.

Μέσα στον κύλινδρο της (7) παλινδρομεί το έμβολο (10) από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. και αντίστροφα.

Το έμβολο συνδέεται μέσω πείρου (11) με το διωστήρα (12), ο οποίος συνδέεται με το στροφάλιο (13) και έτσι η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε περιστροφική του στροφαλοφόρου άξονα (14), από τον οποίο και παραλαμβάνομε το κινητήριο έργο.

Το σχήμα 2.1β παριστάνει διαγραμματικά μια δίχρονη βενζινομηχανή. Γενικά, μία τετράχρονη και μία δίχρονη μηχανή διαφέρουν μεταξύ τους μόνο στον αριθμό των χρόνων, τη διάταξη και τα όργανα εισαγωγής μίγματος αέρα - καυσίμου και, εξαγωγής των καυσαερίων. Στην τετράχρονη μηχανή η εισαγωγή του μίγματος στον κύλινδρο και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνονται μέσω βαλβίδων, οι οποίες υπάρχουν στο πώμα της μηχανής και ελέγχουν τη συγκοινωνία του θαλάμου καύσεως του κυλίνδρου με τον οχετό εισαγωγής και τον οχετό



Σχ. 2.1β.

1) Ο κύλινδρος με το πώμα. 2) Ο σκελετός. 3) Η βάση και η ελαιολεκάνη. 4) Το έμβολο. 5) Ο πείρος του εμβόλου. 6) Ο διωστήρας. 7) Ο στροφάλιος. 8) Τα αντίβαρα του στροφάλου. 9) Ο αγωγός εισαγωγής του μίγματος μέσα στο στροφαλοθάλαμο. 10) Ο αγωγός σαρώσεως ή απολύσεως. 11) Ο αγωγός εξαγωγής των καυσαερίων. 12) Ο στροφαλοφόρος άξονας.

εξαγωγής αντιστοίχως. Στη δίχρονη εξ άλλου η εισαγωγή και η εξαγωγή πραγματοποιούνται από πλευρικές θυρίδες που υπάρχουν στο σώμα του κυλίνδρου. Συγκεκριμένα στην περίπτωση των δίχρονων μηχανών το μίγμα αέρα καυσίμου εισέρχεται μέσα από οχετό εφοδιασμένο με ανεπίστροφη βαλβίδα (κλαπέ), πρώτα στο στροφαλοθάλαμο της μηχανής, καθώς το έμβολο ανερχόμενο σχηματίζει ένα κενό μέσα σε αυτόν. Στην κάθοδο του εμβόλου το μίγμα συμπιέζεται μέσα στο στροφαλοθάλαμο από το έμβολο, και από έναν πλευρικό αγωγό, τον **αγωγό σαρώσεως ή απολύσεως**, εισέρχεται στον κύλινδρο διερχόμενο από τις πλευρικές θυρίδες εισαγωγής. Τα καυσαέρια πάλι εξέρχονται από τις πλευρικές **θυρίδες εξαγωγής** και καταλήγουν στον αγωγό, ο οποίος τα οδηγεί στην ατμόσφαιρα.

Η βενζινομηχανή, για να λειτουργήσει ικανοποιητικά, έχει ανάγκη από ορισμένα βοηθητικά εξαρτήματα, μηχανήματα και συσκευές, οι οποίες είναι:

α) Ο **εκκεντροφόρος** ή **κνωδακοφόρος άξονας** ο οποίος κινείται μέσω οδοντωτών τροχών από το στροφαλοφόρο άξονα. Φέρει τα **έκκεντρα** ή **κνώδακες**, οι οποίοι περιστρέφονται μαζί του και ανυψώνουν τα **ωστήρια** των βαλβίδων τις οποίες αναγκάζουν να



ανοίξουν και να κλείσουν την καθορισμένη στιγμή.

β) Ο **αναμίκτης** ή **καρμπυρατέρ** και όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα, όπως το **φίλτρο αέρα**, **σωλήνες βενζίνης** κλπ., που συνδέονται με αυτόν. Ο αναμίκτης προπαρασκευάζει το μίγμα αέρα - καυσίμου σε ορθή αναλογία, πριν αυτό εισέλθει στον κύλινδρο.

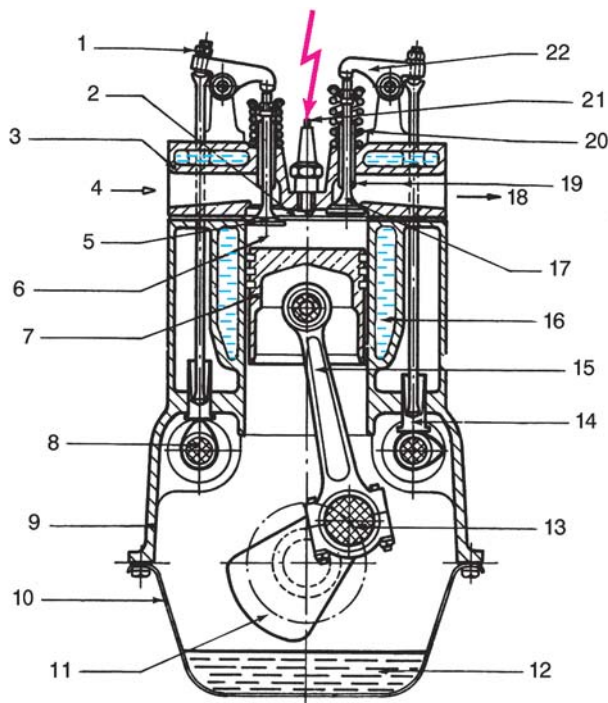
γ) Το **σύστημα αναφλέξεως**, δηλαδή όλα εκείνα τα εξαρτήματα που χρησιμεύουν για να δίνουν την κατάλληλη στιγμή το **σπινθήρα** με το **σπινθηριστή**. Αυτά είναι το **μανιατό** ή οι **ηλεκτρικοί συσσωρευτές**, ο **πολλαπλασιαστής**, ο **διανομέας**, ο **σπινθηριστής**, τα διάφορα **ηλεκτρικά καλώδια** κλπ.

δ) Η **δεξαμενή βενζίνης**.

ε) Η **αντλία παροχής βενζίνης**, η οποία μεταγγίζει τη βενζίνη προς τον αναμίκτη.

στ) Η **αντλία λιπάνσεως**, η οποία καταθλίβει λιπαντικό λάδι στους τριβείς εδράνων και στις άλλες αρθρώσεις της μηχανής.

ζ) Το **ψυγείο** ή τα ψυγεία της μηχανής για την ψύξη του ελαίου λιπάνσεως και του ύδατος



Σχ. 2.1γ.

1) Ο ρυθμιστικός κοχλίας ελευθεριών των βαλβίδων. 2) Ο θάλαμος καύσεως. 3) Το πόμα του κυλίνδρου. 4) Η εισαγωγή του μίγματος από τον εξεαριωτή στον κύλινδρο. 5) Η βαλβίδα εισαγωγής. 6) Ο κύλινδρος. 7) Το έμβολο με τα ελατήριά του. 8) Ο εκκεντροφόρος άξονας για την κίνηση των βαλβίδων. 9) Η βάση της μηχανής. 10) Η ελαιολεκάνη. 11) Το αντιβαρο του στροφάλου. 12) Το λάδι λιπάνσεως. 13) Ο στροφαλοφόρος άξονας. 14) Το ωστήριο της βαλβίδας. 15) Ο διωστήρας. 16) Το νερό ψύξεως σε κυκλοφορία γύρω από τον κύλινδρο και στο εσωτερικό του πόματος. 17) Η βαλβίδα εξαγωγής. 18) Η εξαγωγή των καυσαερίων στην ατμόσφαιρα. 19) Ο οδηγός της βαλβίδας. 20) Το ελατήριο επαναφοράς της βαλβίδας. 21) Ο σπινθηριστής. 22) Ο αγωγιστός μοχλός κινήσεως της βαλβίδας ή ζυγότροχο.



ψύξεως.

η) Η **αντλία κυκλοφορίας** του ύδατος ψύξεως της μηχανής.

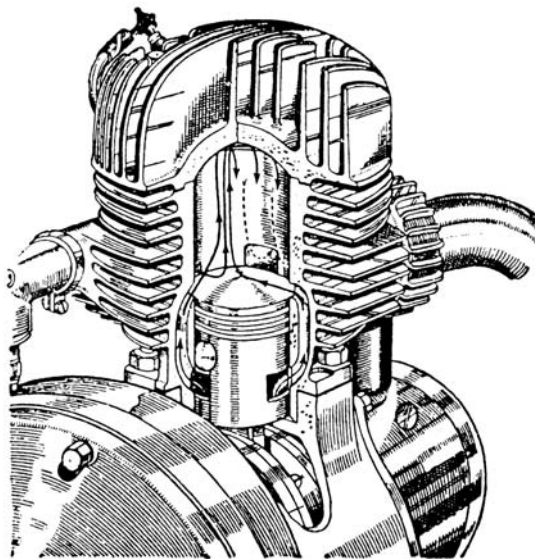
Το σχήμα 2.1γ παρέχει γενική εικόνα μιας τετράχρονης βενζινομηχανής, όπου διακρίνονται τα περισσότερα από τα μέρη και τα εξαρτήματα, που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Το σχήμα 2.1δ παριστάνει μονοκύλινδρο δίχρονη βενζινομηχανή από αυτές που χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την κίνηση μοτοσυκλετών.

Διακρίνουμε σε αυτόν τον περυσωτό αερόψυκτο κύλινδρο και το έμβολό του, τις θυρίδες εισαγωγής του μίγματος και την πορεία του μέσα στον κύλινδρο. Επίσης τη θυρίδα εξαγωγής των καυσαερίων που οδηγεί προς τον αγωγό εξαγωγής. Επί του κυλίνδρου τέλος διακρίνεται ο σπινθηριστής για την ανάφλεξη του μίγματος.

## 2.2 Η λειτουργία της βενζινομηχανής.

Με τον όρο λειτουργία εννοούμε το σύνολο των μεταβολών της εργαζόμενης ουσίας που πραγματοποιούνται μέσα στον κύλινδρο της μηχανής κατά τη διάρκεια ενός πλήρους



Σχ. 2.1δ.

κυκλώματος. Τις μεταβολές αυτές τις λέμε ειδικότερα και **φάσεις** της λειτουργίας.

Τη λειτουργία της μηχανής τη διακρίνουμε σε **θεωρητική** και **πραγματική**. Εξετάζουμε χωριστά τη λειτουργία (θεωρητική - πραγματική) της τετράχρονης και χωριστά της δίχρονης μηχανής.

## 2.3 Θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής.

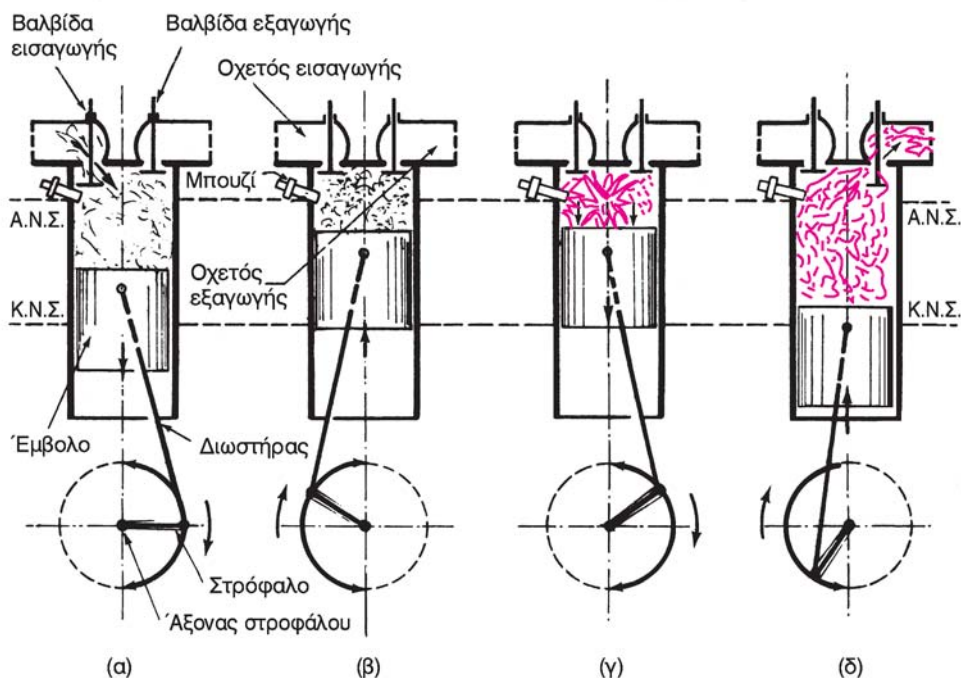
Αναλύουμε τι ακριβώς πρέπει να συμβαίνει θεωρητικά μέσα στον κύλινδρο σε κάθε έναν

από τους 4 «χρόνους» ή «διαδρομές» του εμβόλου της μηχανής. Ταυτόχρονα μελετάμε τις κινήσεις του εμβόλου και του στροφάλου της με τη βοήθεια του σχήματος 2.3.

Έτσι έχουμε:

### Πρώτος χρόνος - Αναρρόφηση ή εισαγωγή.

Στη θέση (α) του σχήματος η βαλβίδα εισαγωγής του μίγματος είναι ανοικτή και η βαλβίδα



Σχ. 2.3.

εξαγωγής των καυσαερίων κλειστή. Το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. και, όπως και σε μια αντλία, δημιουργεί μέσα στον κύλινδρο κενό, με τη δύναμη του οποίου το μίγμα αέρα - καυσίμου εισέρχεται στον κύλινδρο και καταλαμβάνει τον απογεννώμενο όγκο. Έτσι πραγματοποιείται η φάση της αναρρόφησης ή εισαγωγής με θερμοκρασία 15° - 20°C περίπου και πίεση ατμοσφαιρική.

### Δεύτερος χρόνος - Συμπίεση.

Στη θέση (β) του σχήματος το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. Οι δύο βαλβίδες είναι κλειστές. Το έμβολο συμπιέζει τώρα το μίγμα καυσίμου - αέρα και πραγματοποιείται η φάση της συμπίεσης. Στο τέλος της δηλαδή όταν το έμβολο φθάσει περίπου στον Α.Ν.Σ., το μίγμα θα έχει αποκτήσει πίεση 8 - 15 bar ανάλογα με τον τύπο της μηχανής και θερμοκρασία 270° - 380°C περίπου.

Μεγαλύτερη συμπίεση αποφεύγεται, γιατί μπορεί να προκαλέσει μεγάλες θερμοκρασίες

από τις οποίες υπάρχει κίνδυνος **πρόωρης αναφλέξεως** του μίγματος η οποία, όπως θα δούμε, είναι πολλαπλά επιζήμια για τη μηχανή.

### **Τρίτος χρόνος - Καύση (ή έκρηξη) και εκτόνωση.**

Στη θέση (γ) το έμβολο κινείται από το Α.Ν.Σ., ενώ οι βαλβίδες στο πώμα εξακολουθούν να είναι κλειστές. Τη στιγμή, κατά την οποία το έμβολο βρίσκεται στο Α.Ν.Σ. δίνεται ηλεκτρικός σπινθήρας από το σπινθηριστή μέσα στο θάλαμο καύσεως του κυλίνδρου. Το μίγμα καίγεται τότε πάρα πολύ γρήγορα, δηλαδή σε ελάχιστο χρόνο, ώστε η καύση του να μοιάζει με έκρηξη. Από την καύση αυτή δημιουργούνται τα καυσαέρια. Κατά την καύση αναπτύσσεται θερμοκρασία 1500° - 2200°C περίπου και πίεση 25 - 50 bar. Τα καυσαέρια στη συνέχεια εκτονώνονται, ωθούν το έμβολο με δύναμη προς τα κάτω και παράγουν έτσι το κινητήριο έργο. Όπως τώρα το έμβολο κατέρχεται, η πίεση των καυσαερίων ελαττώνεται βαθμηδόν και φθάνει περίπου σε 2,5 - 4,5 bar, όταν το έμβολο βρεθεί στο Κ.Ν.Σ., ενώ η θερμοκρασία τους πέφτει στους 400° - 500°C.

Έτσι πραγματοποιείται ο τρίτος χρόνος, ο οποίος περιέχει τις φάσεις **καύσεως και εκτονώσεως**.

Ο τρίτος αυτός χρόνος της μηχανής είναι ο μόνος **κινητήριος** από τους τέσσερεις, γιατί κατά τη διάρκεια αυτού μόνο, η μηχανή αποδίδει έργο. Οι υπόλοιποι τρεις είναι βοηθητικοί και απορροφούν έργο από αυτό που δίνει ο κινητήριος χρόνος. Είναι όμως και αυτοί απαραίτητοι για την πραγματοποίηση της λειτουργίας της μηχανής.

### **Τέταρτος χρόνος - Εξαγωγή.**

Στη θέση (δ) το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. Η βαλβίδα της εισαγωγής παραμένει κλειστή, ενώ ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής. Τα καυσαέρια, τα οποία στο τέλος του τρίτου χρόνου έχουν, όπως είπαμε πίεση 2,5 - 4,5 bar και θερμοκρασία 400° - 500°C, εξέρχονται με την πίεσή τους και την ώθηση, που ασκεί σε αυτά το ανερχόμενο έμβολο προς την ατμόσφαιρα.

Όταν το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ., τελειώνει ο τέταρτος χρόνος, που περιλαμβάνει τη φάση της **εξαγωγής**, και κλείνει το κύκλωμα λειτουργίας της μηχανής, οπότε αρχίζουν από την αρχή οι ίδιες φάσεις, για να συνεχισθεί η λειτουργία της.

Στο κάτω μέρος του σχήματος εικονίζονται οι κινήσεις του στροφάλου, που αντιστοιχούν στις προηγούμενες κινήσεις του εμβόλου.

Από την όλη περιγραφή της λειτουργίας της τετράχρονης μηχανής συμπεραίνουμε ότι στο όλο κύκλωμα λειτουργίας της έχουμε τέσσερεις διαδρομές του εμβόλου, δηλαδή δύο προς τα κάτω και δύο προς τα επάνω. Από αυτούς **μόνο ο τρίτος χρόνος ή η τρίτη διαδρομή είναι ωφέλιμος**, γιατί μόνο κατά τη διάρκειά του παράγεται έργο, ενώ οι υπόλοιποι είναι βοηθητικοί.

## **2.4 Το θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης βενζινομηχανής.**

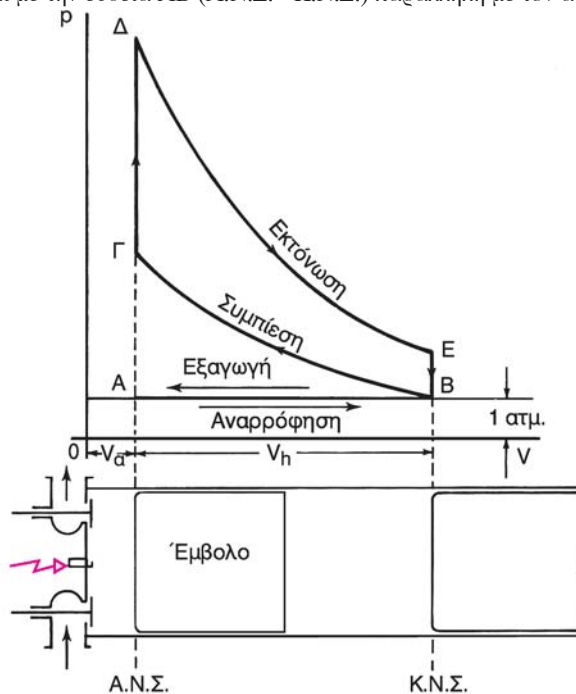
Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής παριστάνεται γραφικά σε διάγραμμα p - V, δηλαδή σε άξονες πίεσεως - όγκου (σχ. 2.4).

Σε αυτό τοποθετούμε τον κύλινδρο με τον άξονά του παράλληλο προς τον άξονα των όγκων, και διακρίνουμε το έμβολο που παλινδρομεί τις βαλβίδες εισαγωγής του μίγματος και εξαγωγής των καυσαερίων καθώς και το σπινθηριστή.

Έτσι έχουμε:

### 1ος Χρόνος - Αναρρόφηση.

Παριστάνεται με την ευθεία AB (Α.Ν.Σ. - Κ.Ν.Σ.) παράλληλη με τον άξονα των όγκων και



Σχ. 2.4.

σε σταθερή απόσταση από αυτόν όση η ατμοσφαιρική πίεση. Η AB λέγεται και **ατμοσφαιρική γραμμή**.

### 2ος Χρόνος - Συμπίεση.

Παριστάνεται με την καμπύλη ΒΓ (Κ.Ν.Σ. - Α.Ν.Σ.) και είναι μια αδιαβατική συμπίεση του μίγματος.

### 3ος Χρόνος - Καύση - Εκτόνωση.

Η καύση (που λέγεται και έκρηξη) παριστάνεται από την ισόογκο αλλαγή ΓΔ η οποία πραγματοποιείται όταν το έμβολο είναι στο Α.Ν.Σ.

Η εκτόνωση στη συνέχεια παριστάνεται από την καμπύλη ΔΕ (Α.Ν.Σ. - Κ.Ν.Σ) και είναι μια αδιαβατική εκτόνωση.

### 4ος Χρόνος - Εξαγωγή.

Αυτή παριστάνεται από την ισόογκο ΕΒ που πραγματοποιείται όσο το έμβολο είναι στο Κ.Ν.Σ. στο τέλος της οποίας η πίεση εξισώνεται με την ατμοσφαιρική και την ισόθλιβο ΒΑ κατά τη διαδρομή Κ.Ν.Σ. - Α.Ν.Σ. που τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα ωθούμενα

από το έμβολο με πίεση 1 ατμόσφαιρας.

Για όλες αυτές τις φάσεις ισχύουν οι πιέσεις και θερμοκρασίες που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο 2.3.

Από το σημείο (Α) αρχίζει ξανά η ίδια θεωρητική λειτουργία της μηχανής. Το διάγραμμα ΑΒΓΔΕΒΑ, που προκύπτει, ονομάζεται **θεωρητικό διάγραμμα** της λειτουργίας της μηχανής.

Αυτό αποτελείται με βάση τα παραπάνω από τις εξής αλλαγές για κάθε χρόνο λειτουργίας:

**1ος χρόνος:** (ΑΒ) **αναρρόφηση** του μίγματος υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση.

**2ος χρόνος:** (ΒΓ) αδιαβατική **συμπίεση**.

**3ος χρόνος:** (ΓΔ) **καύση** του μίγματος υπό σταθερό όγκο και ΔΕ αδιαβατική **εκτόνωση** των αερίων.

**4ος χρόνος:** (ΕΒ) **εξαγωγή** υπό σταθερό όγκο και (ΒΑ) **εξαγωγή** υπό σταθερή πίεση των καυσαερίων στην ατμόσφαιρα.

Στο διάγραμμα σημειώνουμε τα ακόλουθα στοιχεία:

$V_a$  τον **όγκο του θαλάμου καύσεως**.

$V_h$  τον από το έμβολο απογεννώμενο **όγκο** κατά τη διαδρομή του.

$V$  τον **ολικό όγκο** του κυλίνδρου, ο οποίος είναι άθροισμα των δύο προηγούμενων, δηλαδή  $V = V_a + V_h$ .

Από αυτά προκύπτει ο βαθμός συμπίεσης της μηχανής ( $r$ ), ίσος με:

Αυτός αποτελεί σημαντικό στοιχείο για το χαρακτηρισμό των ικανοτήτων της μηχανής, την ποιότητα της βενζίνης, που μπορεί να χρησιμοποιήσει η μηχανή και την απόδοσή της.

Το εμβαδόν του κλειστού αυτού διαγράμματος ΒΓΔΕΒ, σύμφωνα με τα γνωστά από τη Θερμοδυναμική, μας δίνει το έργο, που παράγεται στον κύλινδρο στους 4 χρόνους της λειτουργίας. Και επειδή η λειτουργία, που περιγράφηκε είναι η θεωρητική λειτουργία, γι' αυτό και το έργο αυτό ονομάζεται **θεωρητικό έργο**. Από αυτό, όπως γνωρίζουμε και από τις

$$r = 1 + \frac{V_h}{V_a}$$

$$r = 1 + \frac{V_h}{V_a}$$

ατμομηχανές, μπορούμε να υπολογίσουμε τη θεωρητική ισχύ ή **θεωρητική ιπποδύναμη** της μηχανής.

## 2.5 Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής και η ρύθμισή της. Γραφική παράστασή της στο σπειροειδές διάγραμμα.

Στη θεωρητική λειτουργία προϋποθέτουμε ότι το άνοιγμα ή το κλείσιμο των βαλβίδων και η σπινθηροδότηση γίνονται, όταν το έμβολο βρίσκεται στα νεκρά σημεία.

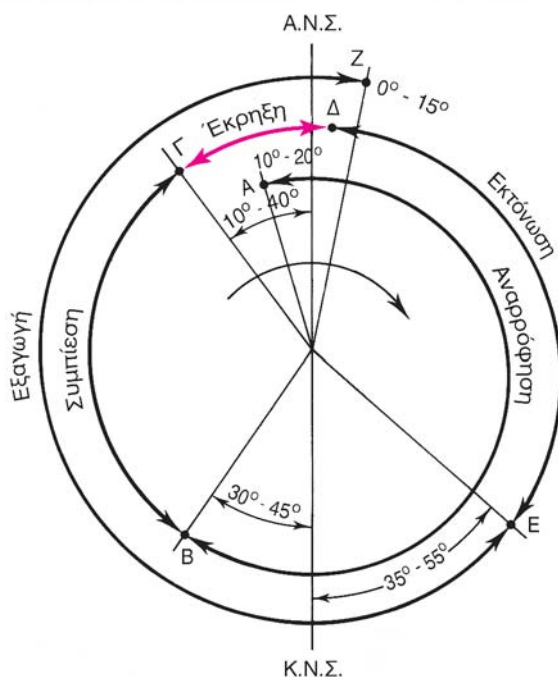
Στην πραγματικότητα όμως για να επιτύχουμε καλύτερη λειτουργία ρυθμίζουμε το άνοιγμα ή το κλείσιμο των βαλβίδων και τη σπινθηροδότηση πριν ή μετά τα νεκρά σημεία ανάλογα.

Ο καλύτερος τρόπος για να παραστήσουμε γραφικά τη στιγμή, κατά την οποία πραγματοποιούνται τα διάφορα ανοίγματα ή κλεισίματα των βαλβίδων και η σπινθηροδότηση, είναι με χαρακτηριστικά σημεία, τα οποία τοποθετούμε επάνω στο κυκλικό ή στο σπειροειδές διάγραμμα (παράρτ. 1.7).

Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε το σπειροειδές διάγραμμα του σχήματος 2.5, που παριστάνει δύο πλήρεις στροφές του στροφάλου.

Έτσι θα έχουμε ότι:

Το **άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής** πραγματοποιείται στο σημείο A, δηλαδή όταν ο στροφάλος βρίσκεται  $10^\circ - 20^\circ$  πριν από το A.N.Σ. Αυτό γίνεται με σκοπό να ανοίξει βαθμηδόν η βαλβίδα της εισαγωγής και να εισαχθεί το νέο μίγμα, πριν τελειώσει η εξαγωγή των καυσαερίων από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας. Έτσι επιτυγχάνεται ένας σύντομος **καθαρισμός** του κυλίνδρου από τα καυσαέρια, τα οποία στο μεταξύ εξέρχονται από τη βαλβίδα της εξαγωγής, η οποία εξακολουθεί να παραμένει ανοικτή μέχρι και  $15^\circ$  μερικώς φορές μετά το A.N.Σ.



Σχ. 2.5.

Το **κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής**, πραγματοποιείται στο σημείο B, δηλαδή  $30^\circ - 40^\circ$  μετά το K.N.Σ., ώστε ο κύλινδρος να γεμίσει εντελώς με μίγμα αέρα - βενζίνης. Αυτό γίνεται, γιατί ενώ σε όλη τη διαδρομή του εμβόλου η ταχύτητα εισόδου του μίγματος είναι μικρότερη από την ταχύτητα του εμβόλου, στο τέλος της διαδρομής περίπου η ταχύτητα του εμβόλου ελαττώνεται και μηδενίζεται στο K.N.Σ., ενώ το μίγμα εξακολουθεί να εισέρχεται με ορμή. Έτσι με την καθυστέρηση στο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής λίγο μετά το K.N.Σ. εξασφαλίζουμε το ολοκληρωτικό γέμισμα του κυλίνδρου με αεριούχο μίγμα. Από το σημείο B αρχίζει η συμπίεση.

Η **σπινθηροδότηση** και η έναυση ή ανάφλεξη του καυσίμου γίνεται στο σημείο Γ, δηλαδή

από  $10^\circ - 40^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ. έτσι, ώστε το μίγμα να έχει καεί σχεδόν τελείως όταν το έμβολο φθάσει λίγο μετά το Α.Ν.Σ., δηλαδή στο σημείο Δ του διαγράμματος, και τα καυσαέρια να έχουν τότε τη μεγαλύτερη εκτονωτική δύναμή τους και να ωθήσουν το έμβολο όσο το δυνατόν ισχυρότερα προς τα κάτω κατά την ακολουθούσα εκτόνωση.

Το **άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής** πραγματοποιείται στο σημείο Ε, δηλαδή από  $35^\circ - 55^\circ$  πριν από το Κ.Ν.Σ. έτσι, ώστε τα καυσαέρια να αρχίσουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα ενωρίτερα, με σκοπό να ελαττωθεί έγκαιρα η αντίθλιψη πάνω στο έμβολο, όταν αυτό θα αρχίσει να ανέρχεται προς το Α.Ν.Σ.

Το **κλείσιμο της εξαγωγής** πραγματοποιείται στο σημείο Ζ, δηλαδή  $0^\circ - 15^\circ$  μετά το Α.Ν.Σ. Αυτό γίνεται, για να δοθεί περισσότερος χρόνος εξόδου στα καυσαέρια και να καθαρισθεί ο κύλινδρος τελείως από αυτά, όταν μάλιστα θα έχει αρχίσει να εισέρχεται στον κύλινδρο το νέο μίγμα.

Από την ανάλυση αυτή της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης μηχανής συμπεραίνουμε ότι έχουμε:

- α) **Προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής.**
- β) **Αργοπορία στο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής.**
- γ) **Προπορεία στη σπινθηροδότηση**, η οποία λέγεται **προανάφλεξη** (αβάνς).
- δ) **Προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής.**
- ε) **Αργοπορία στο κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής.**

Ακόμη από το σπειροειδές διάγραμμα συνάγουμε και τη διάρκειά της κάθε φάσεως λειτουργίας με τα αντίστοιχα τόξα ως εξής:

Τόξο (ΑΒ) **αναρρόφηση** ή εισαγωγή του μίγματος.

Τόξο (ΒΓ) **συμπύεση** του μίγματος.

Τόξο (ΓΔ) **καύση** του μίγματος (έκρηξη).

Τόξο (ΔΕ) **εκτόνωση** των καυσαερίων.

Τόξο (ΕΖ) **εξαγωγή** των καυσαερίων.

Είναι φανερό ότι τα προηγούμενα χαρακτηριστικά σημεία θα μπορούσαμε να τα σημειώσουμε πάνω σε δυο χωριστούς κύκλους και να είχαμε έτσι το κυκλικό διάγραμμα. Η μέθοδος του σπειροειδούς διαγράμματος όμως είναι καλύτερη για την τετράχρονη μηχανή.

Με βάση τώρα τα στοιχεία, τα οποία μας δίνει το κυκλικό ή το σπειροειδές διάγραμμα αδιάφορα, μπορούμε να ρυθμίσουμε ανάλογα τα ανοίγματα και τα κλεισίματα των βαλβίδων και τη σπινθηροδότηση, ώστε η μηχανή μας να εργάζεται κανονικά με τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση.

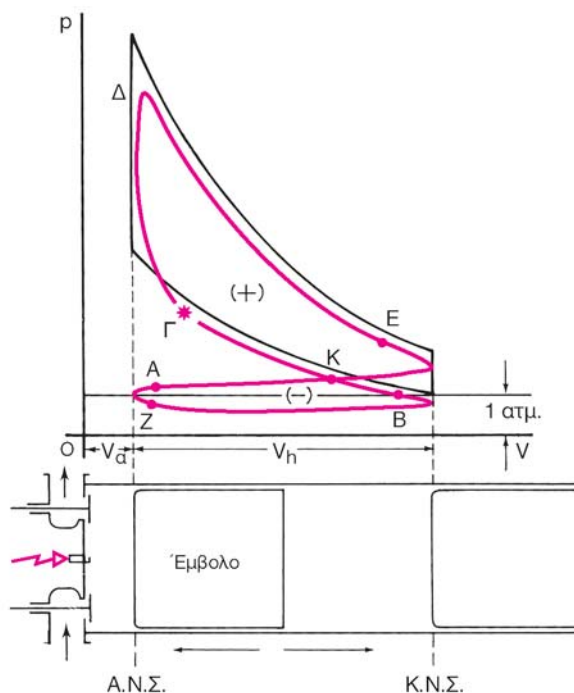
## 2.6 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης βενζινομηχανής.

Με τη μέθοδο της χαράξεως του θεωρητικού διαγράμματος χαράζουμε και το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας σε άξονες  $p - V$  (σχ. 2.6). Το διάγραμμα αυτό δείχνει τι συμβαίνει πραγματικά μέσα στον κύλινδρο για κάθε θέση του εμβόλου.

Χαράζουμε πρώτα την ατμοσφαιρική γραμμή και την κάθετη γραμμή του θαλάμου συμπίεσεως ή διακένου. Επίσης χαράζουμε πρώτα το θεωρητικό διάγραμμα, ώστε να το έχουμε ως βάση για τη σύγκριση και στη συνέχεια τοποθετούμε διαδοχικά κάθε μια από τις φάσεις της πραγματικής λειτουργίας της μηχανής ως εξής:



α) Η **εισαγωγή** αρχίζει από  $10^\circ - 20^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ. που αντιστοιχεί στο σημείο Α του διαγράμματος. Από το Α και αφού το έμβολο περάσει το Α.Ν.Σ. και προχωρήσει προς το Κ.Ν.Σ. εξαιτίας του κενού που δημιουργεί, η πίεση πέφτει αρχικά μέχρι την ατμοσφαιρική και στη συνέχεια διατηρείται χαμηλότερα από αυτή λόγω της ταχύτητας κινήσεως του εμβόλου, η οποία



Σχ. 2.6.

είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα εισόδου του μίγματος. Στο Κ.Ν.Σ. η πίεση ανέρχεται λόγω της επιβραδύνσεως του εμβόλου και της κεκτημένης ορμής εισόδου του μίγματος και εξισώνεται με την ατμοσφαιρική, όταν κλείσει η βαλβίδα της εισαγωγής, δηλαδή στο σημείο Β, το οποίο αντιστοιχεί σε  $30^\circ - 45^\circ$  μετά το Κ.Ν.Σ. Έτσι η φάση της εισαγωγής έχει τη διάρκεια Α - Α.Ν.Σ. - Κ.Ν.Σ. - Β.

β) Η **συμπίεση** αρχίζει στο σημείο Β και όχι στο Κ.Ν.Σ. και γι' αυτό είναι χαμηλότερη από τη θεωρητική συμπίεση. Παριστάνεται από τη γραμμή ΒΓ, η οποία δεν είναι καθαρά αδιαβατική, αλλά μια **πολυτροπική** αλλαγή καταστάσεως. Γενικά πρέπει να παρατηρήσουμε εδώ ότι η συμπίεση και η εκτόνωση στις εμβολοφόρες Μ.Ε.Κ. ποτέ δεν είναι αδιαβατικές όπως τις παίρνομε θεωρητικά, αλλά πολυτροπικές. Αυτό, γιατί η θερμότητα μεταδίδεται από την εργαζόμενη ουσία, διαμέσου του τοιχώματος των κυλίνδρων προς το ύδωρ της ψύξεως κατά το τέλος της συμπίεσεως κατά την καύση και την αρχή της εκτονώσεως ενώ αντιστρόφως όταν τα τοιχώματα είναι θερμότερα από το περιεχόμενο του κυλίνδρου, η θερμότητα μεταδίδεται από αυτά προς την εργαζόμενη ουσία, όπως συμβαίνει κατά το τέλος της εκτονώσεως και την αρχή



της συμπίεσεως.

γ) Η **καύση και η εκτόνωση**. Η καύση παριστάνεται από τη γραμμή ΓΔ. Στο σημείο Γ, το οποίο βρίσκεται  $10^\circ - 40^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ., δίνεται ο σπινθήρας και η πίεση ανυψώνεται απότομα. Το έμβολο περνά από το Α.Ν.Σ. και στο σημείο Δ τελειώνει η καύση του μίγματος. Το σημείο Δ προφανώς βρίσκεται χαμηλότερα από το αντίστοιχο θεωρητικό, πρώτα γιατί η καύση αρχίζει και αυτή χαμηλότερα από την αντίστοιχη θεωρητική, και ύστερα γιατί κατά τη διάρκειά της ένα μέρος της θερμότητας μεταδίδεται από το θάλαμο καύσεως προς το ύδωρ ψύξεως της μηχανής. Έτσι από το σημείο Δ αρχίζει η πολυτροπική εκτόνωση, χαμηλότερα και αυτή από τη θεωρητική, και τελειώνει στο σημείο Ε, δηλαδή  $35^\circ - 55^\circ$  πριν από το Κ.Ν.Σ., οπότε ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής.

Έτσι η καύση παριστάνεται από τη γραμμή Γ – Α.Ν.Σ. – Δ και η εκτόνωση από τη γραμμή ΔΕ.

δ) Η **εξαγωγή** αρχίζει στο σημείο Ε, ενώ η πίεση εξακολουθεί να πέφτει βαθμίδον μέχρι το Κ.Ν.Σ. Όταν το έμβολο στη συνέχεια κινείται προς το Α.Ν.Σ., τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα με πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, η οποία ελαττώνεται συνεχώς, μέχρι το έμβολο να περάσει το Α.Ν.Σ. και να φθάσει στο σημείο Ζ, δηλαδή  $0^\circ - 15^\circ$  μετά το Α.Ν.Σ., όπου κλείνει η βαλβίδα της εξαγωγής.

Έτσι η εξαγωγή παριστάνεται από τη γραμμή Ε – Κ.Ν.Σ. – Α.Ν.Σ. – Ζ.

Ανακεφαλαιώνοντας διακρίνουμε τις φάσεις της πραγματικής λειτουργίας της 4χρονης βενζινομηχανής ως εξής:

Α – Α.Ν.Σ. – Κ.Ν.Σ. – Β = **αναρρόφηση**.

ΒΓ = **συμπίεση**.

ΓΔ = **καύση** (έκρηξη) και ΔΕ = **εκτόνωση**.

Ε – Κ.Ν.Σ. – Α.Ν.Σ. – Ζ = **εξαγωγή**.

Και στο διάγραμμα αυτό έχουμε τα ίδια στοιχεία:

$V_\alpha$  = όγκος θαλάμου καύσεως.

$V_h$  = **απογεννώμενος** όγκος από το έμβολο.

V = ολικός όγκος του κυλίνδρου.

Από αυτά προκύπτει ότι  $V = V_\alpha + V_h$ , και ακόμη βαθμός συμπίεσεως r ίσος με:

ο οποίος κυμαίνεται από 7 ως 10 περίπου.

Τέλος παρατηρούμε ότι το διάγραμμα αποτελείται από δύο εμβαδά, το μεγάλο επάνω και το μικρό κάτω. Το επάνω ΚΓΔΕΚ μας δίνει το θετικό έργο της μηχανής, δηλαδή αυτό που μας παρέχει η μηχανή, ενώ το κάτω ΚΑΖΒΚ το αρνητικό, αυτό δηλαδή που απορροφά η μηχανή από τους άλλους κυλίνδρους, ή από το σφόνδυλο, για να πραγματοποιήσει τη λειτουργία της. Έτσι η διαφορά των δύο εμβαδών μας δίνει το πραγματικό ωφέλιμο έργο, που αποδίδει η μηχανή σε έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας της, δηλαδή στους τέσσερις χρόνους ή διαδρομές του εμβόλου της (σε δύο πλήρεις στροφές της).

## 2.7 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης

$$r = 1 + \frac{V_h}{V_\alpha}$$

**βενζινομηχανής.**

Όπως στις ατμομηχανές έτσι και στις Μ.Ε.Κ. χρησιμοποιείται ένα ειδικό όργανο, ο **δυναμοδείκτης** (βλ. παράγρ. 16.1) ο οποίος χαράζει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής το πραγματικό της διάγραμμα. Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται τότε **δυναμοδεικτικό**.

Η διαφορά του από το πραγματικό είναι ότι το πραγματικό είναι εκείνο, που πρέπει να μας δώσει ο δυναμοδείκτης, αν η μηχανή μας είναι απόλυτα ρυθμισμένη και εργάζεται κάτω από ιδανικές συνθήκες, ενώ το δυναμοδεικτικό παριστάνει την πραγματική λειτουργία της μηχανής για τη στιγμή ακριβώς εκείνη, που το χαράζει ο δυναμοδείκτης.

Το πραγματικό διάγραμμα της μηχανής είναι με άλλα λόγια το **τέλειο δυναμοδεικτικό**. Με το δυναμοδεικτικό τώρα, αν το συγκρίνομε με το πραγματικό, μπορούμε να εξακριβώσουμε την πραγματική κατάσταση λειτουργίας της μηχανής μας και να διαγνώσουμε τυχόν ανωμαλίες λειτουργίας ή σφάλματα στη ρύθμισή της.

Μπορούμε ακόμη να μετρήσουμε κατάλληλα το εμβαδόν του διαγράμματος και να υπολογίσουμε από αυτό το δυναμοδεικτικό ή ενδεικτικό έργο της μηχανής και από αυτό (αν το διαρέσουμε με τον όγκο του εμβολισμού  $V_h$ ) τη μέση ενδεικτική πίεση με την οποία υπολογίζομε την ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής μας.

## 2.8 Αντιστοιχία πραγματικού και σπειροειδούς διαγράμματος.

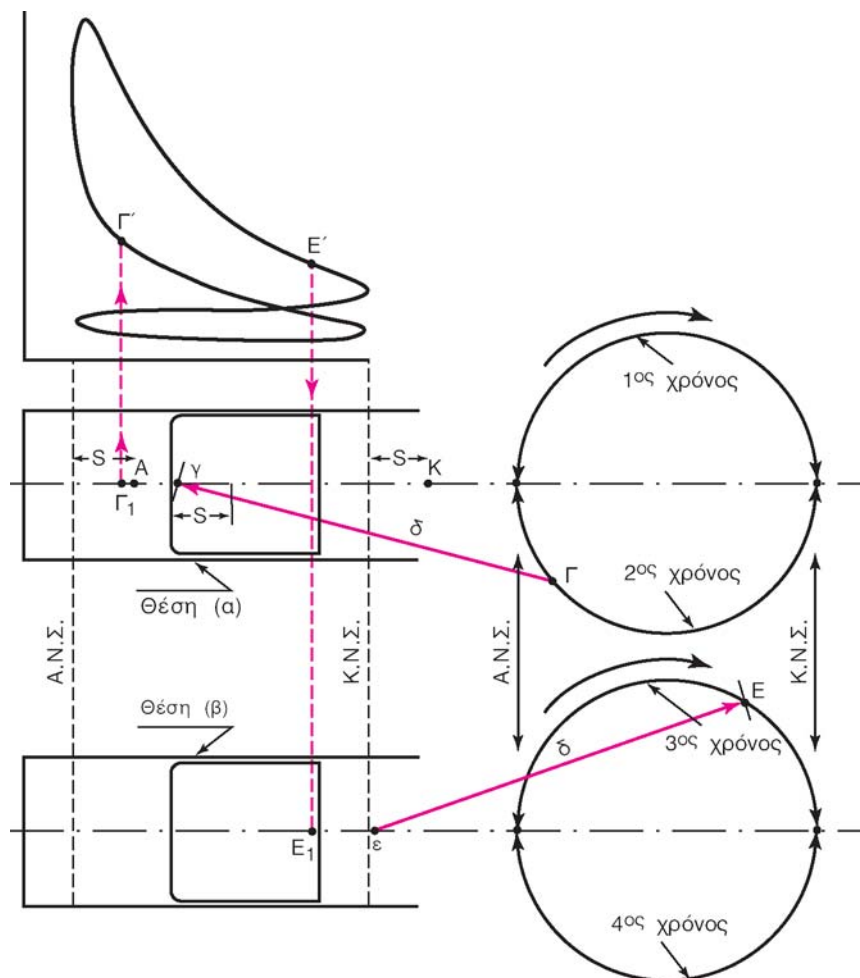
Εύκολα καταλαβαίνουμε ότι τα σημεία ΑΒΓΔΕΖ του πραγματικού ή του δυναμοδεικτικού διαγράμματος αντιστοιχούν προς τα ΑΒΓΔΕΖ του σπειροειδούς. Η ακριβής αντιστοιχία βρίσκεται με την ακόλουθη γραφική μέθοδο (σχ. 2.8) όπου η σχεδίαση γίνεται με την ίδια κλίμακα για όλα τα γραμμικά μεγέθη. Λαμβάνεται πάντοτε υπ' όψη το μήκος του διωστήρα  $\delta$  και η σταθερή απόσταση  $S$  του πείρου από την επάνω όψη του εμβόλου.

Στο σχήμα 2.8 κάτω από το πραγματικό διάγραμμα σχεδιάζομε οριζόντιο τον κύλινδρο με τη δεδομένη κλίμακα και σημειώνομε τα Α.Ν.Σ. και Κ.Ν.Σ. της πάνω όψεως του εμβόλου. Με δεδομένη τη σταθερή απόσταση του  $S$  του πείρου από την άνω όψη του εμβόλου βρίσκομε τα σημεία Α και Κ (νεκρά σημεία του πείρου) στον άξονα του κυλίνδρου. Με κέντρα τα Α και Κ και ακτίνα το μήκος  $\delta$  του διωστήρα με την ίδια κλίμακα βρίσκομε τα Α.Ν.Σ. και Κ.Ν.Σ. του κύκλου του στροφάλου στην προέκταση του άξονα του κυλίνδρου. Έτσι χαράζομε τον κύκλο του στροφάλου της θέσεως (α), ο οποίος με την ίδια κλίμακα περιλαμβάνει τον πρώτο χρόνο από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. κατά τη φορά περιστροφής που δείχνει το βέλος και το δεύτερο χρόνο από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ.

Ίδια εργαζόμασθε και για τη θέση β του κυλίνδρου και έχομε τον κύκλο του στροφάλου για τον τρίτο χρόνο Α.Ν.Σ. → Κ.Ν.Σ. και τον τέταρτο Κ.Ν.Σ. → Α.Ν.Σ. κατά την ίδια φορά περιστροφής.

Επάνω στους 2 αυτούς κύκλους μεταφέρομε τα σημεία ΑΒΓΔΕΖ από το σπειροειδές διάγραμμα (σχ. 2.5) που έχομε χαραγμένο. Η μεταφορά αυτή γίνεται αφού τοποθετήσομε το κάθε χαρακτηριστικό σημείο του σπειροειδούς στον κύκλο του στροφάλου και στον αντίστοιχο «χρόνο» που ανήκει, και αφού μετρήσομε με μοιρογνωμόνιο τη γωνία στην οποία βρίσκεται το κάθε σημείο από τον άξονα των νεκρών σημείων με αρχή το νεκρό σημείο από το οποίο δίνεται η γωνία σε μοίρες πάνω στο σπειροειδές διάγραμμα. Έστω τώρα ότι, από το σημείο Γ του κύκλου της θέσεως (α), το οποίο παριστάνει την αρχή της εκρήξεως στο 2ο χρόνο, θέλομε να βρούμε το αντίστοιχο Γ' επάνω στο πραγματικό διάγραμμα.

Με κέντρο το Γ και ακτίνα το μήκος του διωστήρα  $\delta$ , προσδιορίζομε το σημείο γ στον άξονα,



Σχ. 2.8.

δηλαδή προσδιορίζουμε τη θέση του πείρου. Μεταφέρουμε αυτή κατά την απόσταση  $S$  και έχουμε τη θέση  $\Gamma_1$  της επάνω όψευς του εμβόλου. Ανεβάζουμε κατακόρυφα το  $\Gamma_1$  και βρίσκουμε το σημείο  $\Gamma'$  του πραγματικού διαγράμματος το οποίο αντιστοιχεί στο  $\Gamma$  του κυκλικού ή του σπειροειδούς.

Αντίθετα αν θέλουμε να βρούμε από το σημείο  $E'$  του πραγματικού διαγράμματος που παριστάνει την αρχή της εξαγωγής στον 3ο χρόνο το αντίστοιχο  $E$  πάνω στο σπειροειδές, κατεβάζουμε το  $E$  του πραγματικού κατακόρυφα μέχρι το  $E_1$  της θέσεως  $\beta$ . Από αυτό βρίσκουμε τη θέση  $\varepsilon$  του πείρου και με κέντρο το  $\varepsilon$  και ακτίνα το διωστήρα βρίσκουμε τη θέση  $E$  στον κύκλο της  $\beta$  θέσεως στον 3ο χρόνο. Με τη γωνία στην οποία βρίσκεται το  $E$  πριν από το Κ.Ν.Σ. το μεταφέρουμε εύκολα στο σπειροειδές διάγραμμα.

Η εργασία είναι η ίδια αν αντί για σπειροειδές διάγραμμα έχουμε κατευθείαν το κυκλικό με

τους δύο κύκλους (παράγρ. 1.7).

Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να έχουμε εύκολα την αρχή και το τέλος της κάθε φάσεως σε ποσοστά της διαδρομής του εμβόλου από το Α.Ν.Σ. ή το Κ.Ν.Σ., δεδομένου ότι ορισμένες φορές η αρχή και το τέλος κάθε μιας φάσεως δίνονται με ποσοστό της διαδρομής από τα νεκρά σημεία. Συνηθέστερα όμως δίνονται με γωνίες στον κυκλικό ή κατά προτίμηση στο σπειροειδές διάγραμμα. Άλλωστε και στην πράξη όταν θέλομε να τοποθετήσομε τη μηχανή σε μια ορισμένη φάση, εργαζόμαστε κυρίως με τις γωνίες στροφάλου. Στρέφομε δηλαδή τη μηχανή με το **σφόνδυλο** (βολάν) στις ορισμένες μοίρες της φάσεως αυτής, φέροντας την αντίστοιχη ένδειξη μοιρών του σφονδύλου που είναι χαραγμένες πάνω σε αυτόν απέναντι σε σταθερό **δείκτη** ή **σημάδι** που είναι χαραγμένο πάνω στο σώμα της μηχανής.

Η ίδια μέθοδος που περιγράψαμε εφαρμόζεται και μάλιστα ευκολότερα για τη δίχρονη μηχανή στην οποία έχουμε απευθείας το κυκλικό διάγραμμα με ένα μόνο κύκλο.

Τέλος σημειώνομε ότι η μέθοδος είναι η ίδια και για τις μηχανές Diesel χωρίς βάκτρο.

Για μηχανές Diesel με βάκτρο (απλής ή διπλής ενέργειας) διαφέρει μόνο στο ότι η σταθερή απόσταση S λαμβάνεται από το κέντρο του πείρου του ζυγώματος μέχρι την πάνω ή κάτω όψη του εμβόλου (ανάλογα με το ποια από τις δυο μας ενδιαφέρει), ενώ στις υπόλοιπες εργασίες η μέθοδος είναι ακριβώς ίδια.

## 2.9 Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής.

Στη δίχρονη βενζινομηχανή ο κύκλος λειτουργίας πραγματοποιείται σε δύο χρόνους (δύο απλές διαδρομές του εμβόλου), δηλαδή σε μια πλήρη στροφή της μηχανής. Περιλαμβάνει βασικά δύο φάσεις, τη **συμπίεση** του μίγματος και την **καύση - εκτόνωση** των αερίων της καύσεως.

Τόσο η εισαγωγή του μίγματος, η οποία **συντελεί ταυτόχρονα και στην απόπλυση ή σάρωση** του κυλίνδρου, όσο και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνονται πάρα πολύ γρήγορα και αρχίζουν σχεδόν ταυτόχρονα, όταν το έμβολο πλησιάζει το Κ.Ν.Σ., οπότε και αποκαλύπτει τις θυρίδες σαρώσεως και εξαγωγής, οι οποίες βρίσκονται στην επιφάνεια του κυλίνδρου και πολύ κοντά στο Κ.Ν.Σ. Οι δύο φάσεις περατώνονται πάλι, αφού το έμβολο περάσει το Κ.Ν.Σ. και αρχίσει να κλείνει τις θυρίδες αυτές λίγο μετά από το Κ.Ν.Σ., δηλαδή κατά την έναρξη σχεδόν της προς το Α.Ν.Σ. διαδρομής του.

Με τη βοήθεια των τεσσάρων θέσεων (α), (β), (γ) και (δ) του σχήματος 2.9 θα μελετήσομε τους δύο χρόνους λειτουργίας της δίχρονης βενζινομηχανής.

### Πρώτος χρόνος.

Αυτό αντιστοιχεί στην κάθοδο του εμβόλου από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ., θέσεις (α), (β).

Όταν το έμβολο ανερχόμενο βρεθεί στο Α.Ν.Σ., δίνεται ο σπινθήρας και το συμπιεσμένο μίγμα αέρα-βενζίνης αναφλέγεται και πραγματοποιείται η ακαριαία καύση (έκρηξη) της βενζίνης.

Τα καυσαέρια που δημιουργούνται ωθούν το έμβολο προς τα κάτω (θέση α).

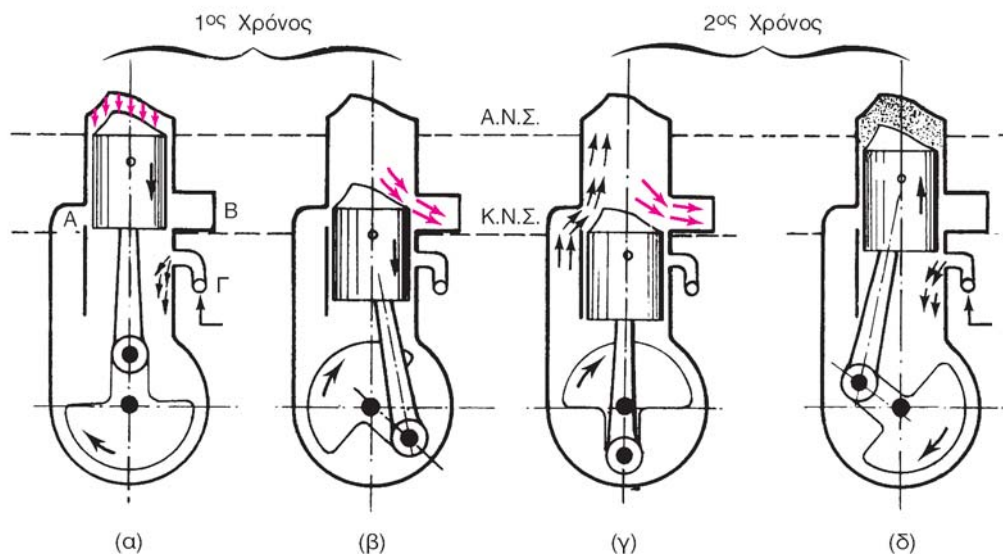
Κατά την κάθοδό του και περίπου στα 8/10 της προς τα κάτω διαδρομής, το έμβολο αρχίζει να αποκαλύπτει τη θυρίδα εξαγωγής Β (θέση β) και έτσι αρχίζει η εξαγωγή των καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

Ταυτόχρονα όμως και όπως κατέρχεται το έμβολο έχει κλείσει τη θυρίδα εισαγωγής Γ και

έτσι συμπιέζει το μίγμα καυσίμου-αέρα, που εισήλθε προηγουμένως μέσα στο στροφαλοθάλαμο, ενώ πάλι έχει αποκαλύψει τη θυρίδα Α, από την οποία το μίγμα από το στροφαλοθάλαμο θα εισέλθει στον κύλινδρο.

Έτσι το μίγμα συμπιέζομενο από το έμβολο μέσα στο στροφαλοθάλαμο και βρίσκοντας τη θυρίδα Α ανοικτή εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο από τον πλευρικό οχετό και τη θυρίδα Α. Το μίγμα, όταν βρεθεί μέσα στον κύλινδρο (θέση γ) κατευθύνεται προς τα άνω λόγω της ειδικής διαμορφώσεως της κεφαλής του εμβόλου.

Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιούνται σχεδόν ταυτόχρονα η εισαγωγή του μίγματος, η εξαγωγή των καυσαερίων και η απόπλυση του κυλίνδρου.



Σχ. 2.9.

### Δεύτερος χρόνος.

Αυτός αντιστοιχεί στην άνοδο του εμβόλου από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ., θέσεις γ και δ.

Στη θέση γ το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. και συμπιέζει το αεριούχο μίγμα μέσα στο θάλαμο καύσεως, δεδομένου ότι οι θυρίδες Α της εισαγωγής και Β της εξαγωγής, οι οποίες βρίσκονται στην επιφάνεια του κυλίνδρου και κοντά στο Κ.Ν.Σ., κλείνουν καλυπτόμενες προοδευτικά από το ανερχόμενο έμβολο. Όταν το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ. τελειώνει ο δεύτερος χρόνος. Τότε δίνεται ο σπινθήρας και αρχίζει ο πρώτος χρόνος του επόμενου κύκλου λειτουργίας.

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου χρόνου και εκτός από τη συμπίεση του μίγματος, το έμβολο ανερχόμενο δημιουργεί από την κάτω όψη του ένα κενό μέσα στο στροφαλοθάλαμο, ώστε, όταν θα αποκαλύψει τη θυρίδα Γ, η οποία συγκοινωνεί μέσω ενός οχετού με τον αναμίκτη, το αεριούχο μίγμα θα εισρεύσει με ορμή μέσα στο στροφαλοθάλαμο και θα καταλάβει ολόκληρο τον από το έμβολο απογεννώμενο όγκο κατά την άνοδόν του. Το μίγμα αυτό προορίζεται για να χρησιμοποιηθεί για τον επόμενο κύκλο λειτουργίας της μηχανής.

Από τη στιγμή που θα φθάσει το έμβολο στο Α.Ν.Σ. και θα αρχίσει να κατέρχεται αρχίζει πάλι η ίδια λειτουργία.

Ως χαρακτηριστικά στοιχεία της λειτουργίας της δίχρονης μηχανής θεωρούμε τα εξής:

α) Το μίγμα καυσίμου-αέρα δεν εισέρχεται αμέσως στον κύλινδρο αλλά πρώτα στο στροφαλοθάλαμο από τον οποίο και οδηγείται με πίεση μέσα στον κύλινδρο την κατάλληλη στιγμή.

β) Τα καυσαέρια εξέρχονται από τον κύλινδρο αρχικά λόγω της πύεσέως τους, δηλαδή μόλις ανοίξει η θυρίδα Β της εξαγωγής και στη συνέχεια διώχνονται από το εισερχόμενο αεριούχο μίγμα, το οποίο λόγω της συμπίεσέως του μέσα στο στροφαλοθάλαμο εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο με πίεση 20% περίπου μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική και πραγματοποιεί έτσι και την απόπλυση του κυλίνδρου.

## 2.10 Το θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.

Παριστάνεται στο σχήμα 2.10 σε άξονες  $p - V$ .

### 1ος χρόνος.

Περιλαμβάνει την καύση ή έκρηξη ΑΒ στο Α.Ν.Σ. υπό σταθερό όγκο και την αδιαβατική εκτόνωση των αερίων από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. κατά τη ΒΓ. Στο σημείο Γ το κατερχόμενο έμβολο αποκαλύπτει τη θυρίδα εξαγωγής, αρχίζει η προεξαγωγή και η πίεση πέφτει απότομα κατά τη ΓΔ. Στο σημείο Δ εξ' άλλου που αντιστοιχεί στη θυρίδα σαρώσεως αρχίζει η **προσάρωση** και λόγω του εισερχόμενου μίγματος η πίεση διατηρείται περίπου σταθερή, 10% - 20% περίπου ψηλότερη από την ατμοσφαιρική κατά τη ΔΕ, δηλαδή μέχρι το τέλος του α' χρόνου στο Κ.Ν.Σ.

### 2ος χρόνος.

Στο Κ.Ν.Σ. το έμβολο αλλάζει φορά και ανέρχεται προς το Α.Ν.Σ. Η θυρίδα της εξαγωγής είναι τελείως ανοικτή και η πίεση έχει εξισωθεί με την ατμοσφαιρική. Έτσι από το σημείο Ε μέχρι το Ζ, όπου το έμβολο κλείνει την εισαγωγή του μίγματος και συνέχεια μέχρι το Η, όπου αυτό κλείνει και τη θυρίδα της εξαγωγής, γίνεται η υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση αποπεράτωση σαρώσεως και εξαγωγής κατά την ΕΖΗ. Στη συνέχεια κατά το υπόλοιπο της διαδρομής μέχρι το Α.Ν.Σ. πραγματοποιείται η συμπίεση του μίγματος κατά την αδιαβατική συμπίεση ΗΑ.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το θεωρητικό διάγραμμα ΑΒΓΔΕΖΗΑ της δίχρονης βενζινομηχανής περιλαμβάνει τα εξής:

**1ος χρόνος:** ΑΒΓΔΕ.

ΑΒ: **καύση** (έκρηξη).

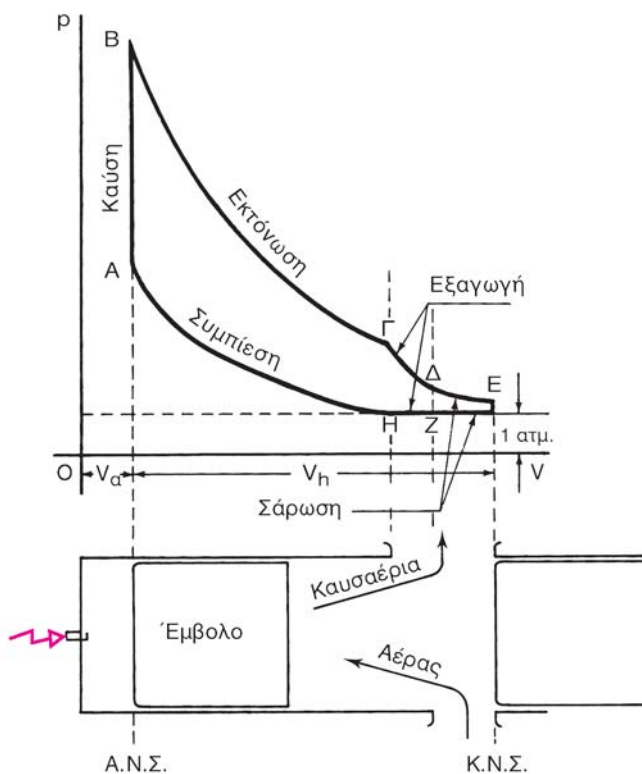
ΒΓ: **εκτόνωση** καυσαερίων.

ΓΔ: **προεξαγωγή** καυσαερίων.

ΔΕ: **συνέχεια εξαγωγής, προεισαγωγή ή προσάρωση** του κυλίνδρου.

**2ος χρόνος:** ΕΖΗΑ.

ΕΖ: **συνέχεια εξαγωγής και αποπεράτωση της εισαγωγής ή σαρώσεως** του



Σχ. 2.10.

κυλίνδρου.

ZH: **αποπεράτωση εξαγωγής** καυσαερίων.

HA: **συμπύεση** του μίγματος.

Και στο διάγραμμα αυτό τα χαρακτηριστικά δεδομένα είναι όμοια με τα της τετράχρονης (παράγρ. 2.4) και ο βαθμός συμπίεσεως είναι ίσος περίπου με:

Ο παράγοντας 0,8 προκύπτει ακριβώς από το γεγονός ότι η συμπίεση στη δίχρονη μηχανή δεν πραγματοποιείται σε όλη τη διάρκεια του εμβόλου, αλλά λόγω των θυρίδων, σε ένα τμήμα αυτής μόνο, ίσο με 0,7 ως 0,8 της διαδρομής, δηλαδή από το σημείο, όπου το ανερχόμενο έμβολο έχει κλείσει τις θυρίδες, μέχρι το A.N.Σ.

Τέλος, όπως και στην τετράχρονη μηχανή, το εμβαδόν του θεωρητικού διαγράμματος μας δίνει το θεωρητικό έργο του κυλίνδρου στους δύο χρόνους του κυκλώματος λειτουργίας.

## 2.11 Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής. Γραφική παράστασή της στο κυκλικό διάγραμμα.

Αυτή παριστάνεται σύμφωνα με τα γνωστά στο κυκλικό διάγραμμα του σχήματος 2.11, όπου έχουμε:

Στο σημείο A τη **σπινθηροδότηση** σε  $10^\circ$  ως  $40^\circ$  πριν από A.N.Σ. με την οποία αρχίζει η έκρηξη, η οποία πρακτικά περατώνεται  $5^\circ - 8^\circ$  μετά το A.N.Σ.



Στο σημείο Γ, 60° ως 80° πριν από Κ.Ν.Σ., **άνοιγμα της θυρίδας εξαγωγής.**  
 Στο σημείο Δ, 50° ως 70° πριν από το Κ.Ν.Σ., **άνοιγμα της θυρίδας σαρώσεως.**  
 Στο σημείο Ζ, 50° ως 70° μετά το Κ.Ν.Σ., **κλείσιμο της θυρίδας σαρώσεως.**  
 Στο σημείο Η, 60° ως 80° μετά το Κ.Ν.Σ., **κλείσιμο της θυρίδας εξαγωγής.**  
 Από αυτά προκύπτει η διάρκεια κάθε μιας φάσεως ως εξής:  
 Τόξο (ΑΒ) = **σπινθηροδότηση – καύση.**  
 Τόξο (ΒΓ) = **εκτόνωση.**  
 Τόξο (ΓΗ) = **εξαγωγή.**  
 Τόξο (ΔΖ) = **σάρωση – (εισαγωγή).**

$$r = 0,8 \left[ 1 + \frac{V_h}{V_{\square}} \right]$$

Τόξο (ΗΑ) = **συμπίεση.**

Οι παραπάνω φάσεις κατανέμονται όπως παρακάτω στους 2 χρόνους λειτουργίας.

**Πρώτος χρόνος: Πέρασ καύσεως – εκτόνωση – προ-εξαγωγή και προ-σάρωση.**

**Δεύτερος χρόνος: Πέρασ σαρώσεως – πέρασ εξαγωγής – συμπίεση – καύση.**

Συμπληρωματικά μπορούμε να σημειώσουμε επάνω στο κυκλικό διάγραμμα και τη διάρκεια των βοηθητικών λειτουργιών που γίνονται κάτω από το έμβολο στο στροφαλοθάλαμο οι οποίες είναι:

- Τόξο (ΖΘ) 75° ως 80° δημιουργία **υποπίεσεως** στο στροφαλοθάλαμο από του τέλους της εισαγωγής μέχρις ότου το έμβολο να αποκαλύψει τη θυρίδα εισαγωγής του μίγματος από τον εξαεριοτή.
- Τόξο (ΘΙ) 90° ως 95° **συγκοινωνία** στροφαλοθαλάμου με τον εξαεριοτή, **είσοδος μίγματος** στο στροφαλοθάλαμο μέχρις ότου το έμβολο κατά την άθροδο του να κλείσει τη θυρίδα εισαγωγής του μίγματος.
- Τόξο (ΙΑ) 75° ως 80° **συμπίεση του μίγματος μέσα στο στροφαλοθάλαμο** μέχρις ότου το έμβολο κατερχόμενο να ανοίξει τη θυρίδα εισαγωγής στον κύλινδρο.

Το διάγραμμα της δίχρονης διαφέρει από το σπειροειδές της τετράχρονης από ότι ενώ της τετράχρονης μας οδηγεί στην ορθή ρύθμιση της στιγμής της σπινθηροδοτήσεως και του ανοίγματος και του κλεισίματος των βαλβίδων, τα οποία μπορούμε να επηρεάσουμε, στη δίχρονη μας επιτρέπει τη ρύθμιση μόνο της στιγμής σπινθηροδοτήσεως (αβάνς), ενώ το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων είναι αμετάβλητα και προκαθορισμένα από την κατασκευή της μηχανής και δεν μπορούμε να τα μεταβάλλουμε εύκολα.

## 2.12 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης βενζινομηχανής.

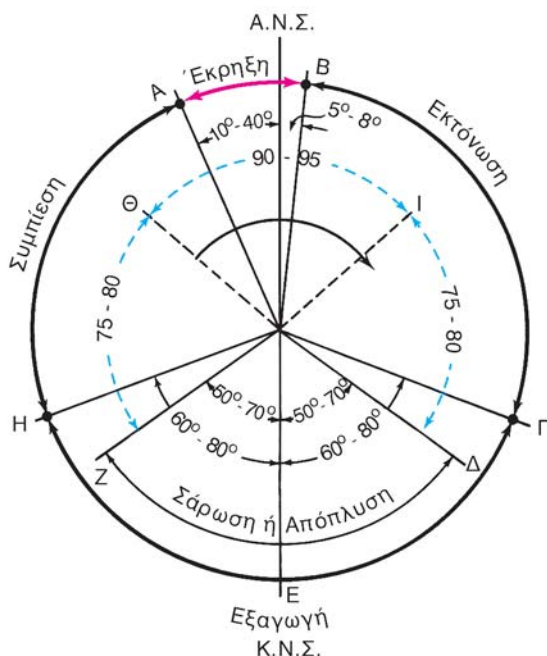
Αυτό χαράζεται πάνω σε άξονες p - V, όπως και της τετράχρονης και αφού πρώτα χαραχθεί το αντίστοιχο θεωρητικό για τη σύγκριση.

Έτσι στο σχήμα 2.12 έχουμε τις φάσεις της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης ως εξής:

Α - Α.Ν.Σ. - Β = **καύση** υπό σταθερό περίπου όγκο.

ΒΓ = πολυτροπική **εκτόνωση** χαμηλότερη από την αδιαβατική.





Σχ. 2.11.

ΓΔΕΖΗ = **εξαγωγή.**

ΔΕΖ = **απόπλυση - εισαγωγή.**

ΗΑ = πολυτροπική **συμπίεση** χαμηλότερη από την αδιαβατική.

Τα χαρακτηριστικά σημεία Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η αντιστοιχούν με τα χαρακτηριστικά σημεία του κυκλικού διαγράμματος της προηγούμενης παραγράφου και από αυτά τα ΓΔΕΖΗ αντιστοιχούν στις κόψεις των θυρίδων πάνω στον κύλινδρο. Όλα προσδιορίζονται με τη μέθοδο που περιγράψαμε στην παράγραφο 2.8.

Και στο διάγραμμα αυτό έχουμε τα ίδια χαρακτηριστικά δεδομένα (παράγρ. 2.6) και βαθμό συμπίεσης ( $\tau$ ) ίσο με:

κυμαινόμενο σε τιμές μεταξύ 6 ως 8,5 περίπου.

Το εμβαδόν του πραγματικού διαγράμματος ΑΒΓΔΕΖΗΑ παριστάνει σύμφωνα με τα γνωστά, το πραγματικό ωφέλιμο έργο, που αποδίδει η μηχανή σε έναν πλήρη κύκλο, δηλαδή στους δύο χρόνους λειτουργίας της.

### 2.13 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.

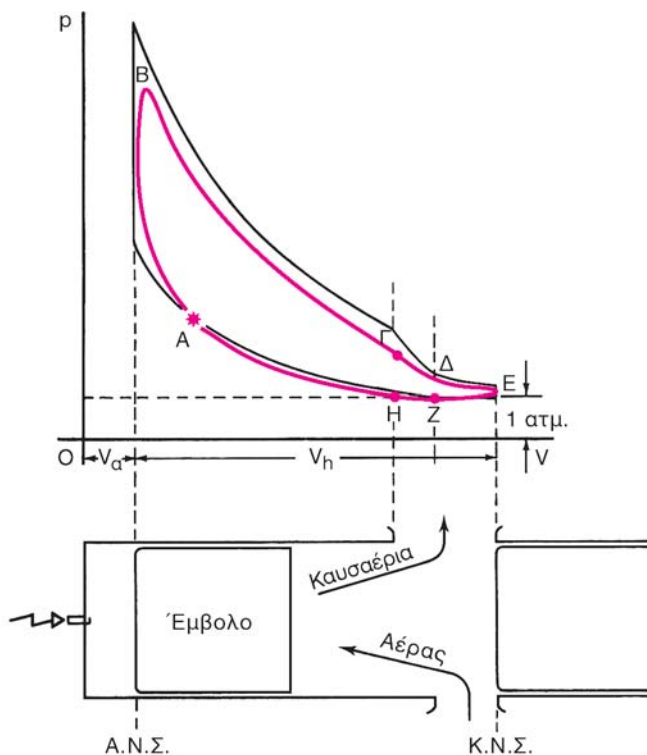
Αυτό κατ' αντιστοιχία προς το διάγραμμα της τετράχρονης είναι το διάγραμμα της στιγμιαίας πραγματικής λειτουργίας της μηχανής, που μας δίνει ο δυναμοδείκτης. Χρησιμοποιεί (παράγρ. 2.7) για τη σύγκριση της στιγμιαίας λειτουργίας της μηχανής με την ιδανική πραγματική λειτουργία της και τον υπολογισμό του ενδεικτικού ή δυναμοδεικτικού έργου του κυλίνδρου και της ιπποδυνάμews της μηχανής.

### 2.14 Σύγκριση τετραχρόνων και δίχρονων βενζινομηχανών.

Οι δύο τύποι των βενζινομηχανών παρουσιάζουν ορισμένες διαφορές μεταξύ τους, που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη, όταν πρόκειται να γίνει επιλογή του ενός ή του άλλου τύπου ανάλογα με την κάθε περίπτωση.

Η βασική διαφορά μεταξύ τους έγκειται στον αριθμό των χρόνων ή απλών διαδρομών (4 ή 2), ο οποίος απαιτείται για ένα πλήρες κύκλωμα λειτουργίας.

Οι 4 χρόνοι αποτελούν πλεονέκτημα των τετραχρόνων μηχανών, γιατί για τον ίδιο αριθμό στροφών παρέχεται περισσότερος χρόνος, για να πραγματοποιηθεί η καύση, να εξαχθούν τα



Σχ. 2.12.

καυσαέρια και να καθαρισθεί από αυτά ο κύλινδρος καλύτερα. Το αποτέλεσμα είναι ότι από την άποψη της λειτουργίας οι τετράχρονοι μηχανές παρουσιάζουν καλύτερη **ποιότητα καύσεως** και ψηλότερη **απόδοση**, δηλαδή μικρότερη κατανάλωση καυσίμου από τις δίχρονες.

Στις δίχρονες μηχανές όταν κατά τη σάρωση είναι ταυτόχρονα ανοικτές οι θυρίδες

$$r = 0,8 \left[ 1 + \frac{V_h}{V_\alpha} \right]$$

εισαγωγής και εξαγωγής, ένα μέρος των καυσαερίων του προηγούμενου κύκλου παραμένει μέσα στο καύσιμο μίγμα, ενώ ταυτόχρονα ένα μέρος καθαρού μίγματος χάνεται στην ατμόσφαιρα μαζί με τα εξερχόμενα καυσαέρια. Επίσης η εκτόνωση των καυσαερίων μέσα στον

κύλινδρο τους είναι ατελέστερη από την εκτόνωση, που γίνεται μέσα στις τετράχρονες, λόγω της υπέρξεως των θυρίδων.

Αντίθετα όμως, επειδή στον τετράχρονο κινητήρα η μια καύση πραγματοποιείται σε δύο πλήρεις στροφές, ενώ σε δύο πλήρεις στροφές του δίχρονου πραγματοποιούνται δύο καύσεις, συμπεραίνουμε ότι από δύο κινητήρες με τις ίδιες διαστάσεις και τον ίδιο αριθμό στροφών ο δίχρονος θα έχει φαινομενικά τουλάχιστο διπλάσια ιπποδύναμη. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτα ορθό, γιατί ο πραγματικός όγκος του εισερχόμενου μίγματος και από αυτόν το βάρος του καιόμενου καυσίμου στον κύλινδρο του δίχρονου δεν είναι όσος ο όγκος του μίγματος και το βάρος του καυσίμου που εισέρχεται στον τετράχρονο. Αυτό, γιατί στο δίχρονο κινητήρα υπάρχουν οι θυρίδες, και ο όγκος του εισερχόμενου μίγματος είναι ελαττωμένος και όσος προσδιορίζεται από το σημείο, όπου κλείνουν οι θυρίδες εξαγωγής μέχρι το Α.Ν.Σ. του εμβόλου. Αντιστοιχεί ουσιαστικά στα 8/10 περίπου εκείνου, ο οποίος εισέρχεται στον τετράχρονο για τις ίδιες διαστάσεις κυλίνδρου. Έτσι τελικά η δίχρονη μηχανή για τις ίδιες διαστάσεις κυλίνδρου (δηλαδή διάμετρο και διαδρομή του εμβόλου) και για τον ίδιο αριθμό στροφών αποδίδει μόνο 1,4 ως 1,5 φορές μεγαλύτερη ισχύ από αυτήν της αντίστοιχης τετράχρονης. Αν μάλιστα ληφθεί υπ' όψη ότι η καύση της είναι ατελέστερη από την καύση της τετράχρονης συμπεραίνουμε ότι κάτω από τις ίδιες όπως παραπάνω προϋποθέσεις η ισχύς της δεν υπερβαίνει περισσότερο από 40% περίπου την ισχύ της τετράχρονης.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε επίσης ότι και το **ειδικό βάρος** της δίχρονης μηχανής, δηλαδή **το βάρος της για κάθε ίππο ισχύος** είναι μικρότερο από το αντίστοιχο της τετράχρονης. Είναι δηλαδή ελαφρότερη μηχανή και επομένως φθηνότερη και προτιμάται γι' αυτό σε εγκαταστάσεις μικρών πλοιαρίων, βενζινακάτων κλπ., όπου επιζητείται ανάλογη οικονομία βάρους.

Αντίθετα η ειδική κατανάλωση καυσίμου, δηλαδή η **κατανάλωση καυσίμου ανά kWh ή ανά ίππο και ώρα**, είναι, λόγω καλύτερης ποιότητας καύσεως στην τετράχρονη κατά 10 ως 20% μικρότερη από την κατανάλωση της δίχρονης. Το ίδιο συμβαίνει και με την ειδική κατανάλωση ελαίου λιπάνσεως.

Από κατασκευαστική άποψη παρατηρούμε ότι η τετράχρονη έχει περισσότερα κινητά μέρη, όπως βαλβίδες, ωστήρια, εκκεντροφόρο άξονα κλπ., τα οποία βέβαια με την πάροδο του χρόνου φθείρονται. Αντίθετα στη δίχρονη, δεδομένου ότι το έμβολό της, τα ελατήρια και ο κύλινδρος με το πώμα υποβάλλονται συχνότερα στις υψηλές θερμοκρασίες της καύσεως, παρουσιάζεται μεγαλύτερη φθορά και ανάγκη συχνότερης αντικαταστάσεώς τους.

Από την άποψη της ομαλότητας στρέψεως, η δίχρονη έχει κανονικότερο ζεύγος στρέψεως και επομένως παρουσιάζει μικρότερους κραδασμούς και χρειάζεται μικρότερο σφόνδυλο.

Η λειτουργία της δίχρονης τέλος, επειδή οι καύσεις γίνονται συχνότερα, είναι περισσότερο θορυβώδης από τη λειτουργία της τετράχρονης.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι και ο ένας τύπος και ο άλλος παρουσιάζουν και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αν όμως πάρομο ως σοβαρότερο τον παράγοντα της κατανάλωσης σε καύσιμο και λιπαντικό, είναι αναντίρρητα προτιμότερος ο τετράχρονος κινητήρας από το δίχρονο. Γι' αυτό άλλωστε οι δίχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως ως μηχανές με πολύ μικρές ιπποδυνάμεις, όπως σε μοτοσυκλέτες, μοτοποδήλατα, μικρά αυτοκίνητα, όπου η κατανάλωση δεν αποτελεί τόσο σπουδαίο παράγοντα σχετικά με την απλότητα και ελαφρότητα που παρουσιάζουν. Αντίθετα σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις με υπολογίσιμη ιπποδύναμη και κατανάλωση χρησιμοποιούνται οι τετράχρονοι κινητήρες.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΚΑΥΣΗ ΤΗΣ BENZINΗΣ

#### 3.1 Εξαερίωση και καύση της βενζίνης.

Για να πραγματοποιηθεί η τέλεια καύση της βενζίνης είναι απαραίτητο να αεριοποιηθεί αυτή και να αναμιχθεί ομοιομερώς και σε προκαθορισμένη αναλογία με τον καυσιγόνο αέρα, ώστε να σχηματισθεί το μίγμα βενζίνης - αέρα, το οποίο στη συνηθισμένη του κατά βάρος σύνθεση αποτελείται από 1 μέρος βενζίνης και 15 μέρη αέρα.

Η αναλογία αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής ή και σε ειδικές περιπτώσεις, όπως π.χ. κατά την εκκίνηση ή επιτάχυνση, οπότε και το μίγμα γίνεται πλουσιότερο σε βενζίνη, ώστε η μηχανή να μπορεί να αποδώσει για λίγο την πρόσθετη ισχύ, που απαιτείται.

Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας της μηχανής το μίγμα δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ πλούσιο ούτε πολύ πτωχό, γιατί τότε θα έχουμε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου, σε περίπτωση πολύ πλουσίου μίγματος λόγω ατελούς καύσεως ενώ σε περίπτωση πολύ πτωχού λόγω μεγάλης περισσειας αέρα, η οποία απάγει θερμότητα στην ατμόσφαιρα.

Στις περισσότερες από τις βενζινομηχανές την εξαερίωση της βενζίνης και την ανάμιξή της με τον ατμοσφαιρικό αέρα εκτελεί ο **εξαεριωτής** ή **αναμίκτης** (καρμπυρατέρ - carburateur).

Με τον αναμίκτη επιτυγχάνεται η ορθή και σταθερή κατά το δυνατόν αναλογία καυσίμου - αέρα σε όλα τα φορτία και επιπλέον η αυτόματη ρύθμιση πλουσιότερου μίγματος κατά την εκκίνηση ή και την επιτάχυνση της μηχανής με αναλογία μέχρι 1:13,5 περίπου και πτωχότερου πάλι σε περιπτώσεις επιβραδύνσεως με αναλογία μέχρι 1:16,5 αντιστοίχως.

Σε ορισμένους τύπους συγχρόνων μηχανών, όπως οι μηχανές Peugeot, Mercedes - Benz κλπ. εφαρμόζεται η μέθοδος καύσεως της βενζίνης με έγχυση και με τη βοήθεια εγχυτήρα και αντλίας μηχανικής εγχύσεως, που αναφέρθηκε στην παράγραφο 1.10.1.

#### 3.2 Κρουστική καύση, εκρηκτικότητα και βαθμός οκτανίου της βενζίνης.

##### 3.2.1 Κρουστική καύση.

Η απόδοση μιας βενζινομηχανής, όπως γνωρίζουμε, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπίεσεως  $r$ , από τον οποίο εξαρτάται η τελική πίεση συμπίεσεως του μίγματος, όταν το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ.

Τη συμπίεση όμως αυτή στους βενζινοκινητήρες Otto αναγκαζόμαστε να περιορίζουμε σε χαμηλά όρια εξ αιτίας του φαινομένου της **κρουστικής καύσεως**, που εμφανίζεται σε αυτούς, όταν η πίεση συμπίεσεως υπερβεί μια ορισμένη τιμή, η οποία

εξαρτάται από τη διαμόρφωση του κινητήρα και ακόμη περισσότερο από το ίδιο το καύσιμο.

Για να γίνει αντιληπτή η έννοια της κρουστικής καύσεως, ας δούμε πρώτα πώς γίνεται η κανονική καύση μέσα στον κύλινδρο. Τη στιγμή της σπινθηροδοτήσεως αναφλέγονται αρχικά τα πρώτα μόρια του μίγματος, που περιβάλλουν το σπινθηριστή. Με την καύση τους παράγεται θερμότητα με υψηλή θερμοκρασία, η οποία προκαλεί την ανάφλεξη, των μορίων των επομένων στρωμάτων του μίγματος διαδοχικά. Έτσι η καύση προχωρεί προς όλες τις κατευθύνσεις με πολύ γοργό ρυθμό από το σπινθηριστή μέχρι τα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως.

Το μέτωπο της φλόγας προχωρεί με μία ταχύτητα η οποία αυξάνει με την ταχύτητα της μηχανής και η οποία μπορεί να φθάσει από 10 έως 20 m/sec. Έτσι, η κανονική καύση, ενώ γίνεται πολύ γρήγορα, ώστε να θεωρείται ως έκρηξη, δεν παίρνει ποτέ τη μορφή της πραγματικής εκρήξεως.

Όταν όμως η βενζίνη δεν είναι η κατάλληλη για τον κινητήρα, εμφανίζεται η λεγόμενη κρουστική καύση. Ενώ δηλαδή η καύση αρχίζει με το σπινθηριστή και εξαπλώνεται μέχρι ενός σημείου κανονικά, σε μια στιγμή παίρνει τη μορφή της εκρήξεως, δηλαδή της ακαριαίας καύσεως όλου του καυσίμου, το οποίο ως τώρα είχε παραμείνει άκαυστο.

Η έκρηξη αυτή συνοδεύεται από κτύπους (knocks) οι οποίοι ακούονται καθαρά έξω από τη μηχανή και μοιάζουν με μεταλλικούς κτύπους, τους οποίους οι χειριστές χαρακτηριστικά προσδιορίζουν με τη φράση: «κτυπούν τα πειράκια».

Η φυσική ερμηνεία του φαινομένου της κρουστικής καύσεως είναι η ακόλουθη: Με την πρώτη ανάφλεξη, που προκαλεί ο σπινθήρας, αναπτύσσεται μια πρώτη πίεση, η οποία και συμπιέζει το υπόλοιπο αεριούχο μίγμα προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Αυτό τότε **αυταναφλέγεται**, αν η ποιότητα της βενζίνης δεν αντέχει στην υψηλότερη συμπίεση και την αντίστοιχη θερμοκρασία, και δημιουργείται έτσι ένα δεύτερο κύμα καύσεως, το μέτωπο του οποίου προχωρεί από τα τοιχώματα του κυλίνδρου προς το κέντρο.

Τα δύο αυτά μέτωπα της φλόγας, δηλαδή το ένα από το σπινθηριστή προς τα τοιχώματα και το άλλο από τα τοιχώματα προς το σπινθηριστή, τα οποία προχωρούν με ταχύτητα, συγκρούονται και προκαλούν την ακαριαία έκρηξη του καυσίμου, η οποία γίνεται αντιληπτή με τους κτύπους.

Συνέπεια του φαινομένου αυτού είναι η **υπερθέρμανση** της μηχανής, η **πτώση της αποδόσεώς** της, η **υπερκόπωση** των εργαζομένων μερών της και η μερική ή ολική **καταστροφή** της.

### 3.2.2 Εκρηκτικότητα - Βαθμός οκτανίων.

Το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Έτσι π.χ. η αύξηση των στροφών ή του αριθμού των σπινθηριστών ανά κύλινδρο και η αποφυγή κακής ψύξεως μέσα στο θάλαμο καύσεως ελαττώνει τον κίνδυνο εμφανίσεώς της. Αντίθετα η **αύξηση του φορτίου**, η **αύξηση της προαναφλέξεως**, η **ελάττωση των στροφών** και κυρίως η **αύξηση της συμπίεσεως** μπορεί να προκαλέσουν ή να υποβοηθήσουν την εμφάνισή της. Κυρίως όμως οφείλεται στο ίδιο το καύσιμο και συγκεκριμένα στη λεγόμενη **εκρηκτικότητά** του.

Εκρηκτικότητα της βενζίνης είναι ακριβώς η τάση αυτή της βενζίνης να αυταναφλέγεται πρόωρα και εκδηλώνεται με την κρουστική καύση. Η αντοχή της

βενζίνης, δηλαδή η αντίσταση, που παρουσιάζει στη συμπίεση και την κρουστική καύση, λέγεται **αντικρηκτικότητα** και προσδιορίζεται με το λεγόμενο **βαθμό οκτανίου**.

Πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι κάθε κινητήρας είναι κατασκευασμένος, για να εργάζεται με βενζίνη μιας ορισμένης αντοχής στην κρουστική καύση, γι' αυτό και οι βενζίνες διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με την αντοχή τους και φέρονται στο εμπόριο με διαφορετικό βαθμό οκτανίου.

Η βαθμολόγηση των διαφόρων βενζινών και ο προσδιορισμός του βαθμού οκτανίου τους γίνεται με σύγκριση με πρότυπα μίγματα, που αποτελούνται από μια ουσία (υδρογονάνθρακες) πολύ μικρής αντοχής στην κρουστική καύση, η οποία λέγεται στη Χημεία **κανονικό επτάνιο** και άλλη μία πολύ ανθεκτική, η οποία λέγεται **ισοοκτάνιο**.

Η σύγκριση γίνεται με τη βοήθεια ενός ειδικού δοκιμαστικού κινητήρα, ο οποίος λέγεται **μηχανή C.F.R.** (Cooperative Fuel Research). Στον κινητήρα αυτόν μπορούμε κατά τη λειτουργία του να μεταβάλλουμε τη συμπίεση, μέχρι να εμφανισθεί η κρουστική καύση. Έτσι λέμε π.χ. ότι μια βενζίνη έχει βαθμό οκτανίου 72%, όταν κατά τη δοκιμασία της με τη μηχανή C.F.R. παρουσιάζει την ίδια εκρηκτικότητα με μίγμα κανονικού επτανίου και ισοοκτανίου, που περιέχει 72% κατ' όγκο ισοοκτάνιο. Αυτό σημαίνει ότι και το πρότυπο αυτό μίγμα και η υπό βαθμολόγηση βενζίνη εμφανίζουν το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως μέσα στο δοκιμαστικό κινητήρα στον ίδιο ακριβώς βαθμό συμπίεσεως.

Άλλη βενζίνη μπορεί να έχει 87% βαθμό οκτανίου, άλλη 100% και ορισμένες, που χρησιμοποιούνται στην αεροπορία ή στα αυτοκίνητα αγώνων, φθάνουν σε 130%. Οι τελευταίες δηλαδή επιτρέπουν πολύ αυξημένη συμπίεση με αποτέλεσμα την αύξηση της αποδόσεως και της ισχύος της μηχανής.

Από αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι όσο μεγαλύτερο βαθμό οκτανίου έχει μια βενζίνη τόσο καλύτερης ποιότητας είναι.

Για να αυξήσουμε το βαθμό οκτανίου μιας βενζίνης χρησιμοποιούμε ορισμένες προσθήκες, δηλαδή ουσίες όπως **τετρααιθυλικό** ή **τετραμεθυλικό μόλυβδο** ή **αιθυλική αλκοόλη**, τις οποίες αναμιγνύουμε μέσα στη βενζίνη σε πολύ μικρές αναλογίες μέχρις 1‰ κατά μέγιστο.

Οι κοινές βενζίνες, που είναι συνήθως και αυτές ενισχυμένες με τετρααιθυλικό μόλυβδο, έχουν βαθμό οκτανίου 85% ως 87% και είναι κατάλληλες για κινητήρες αυτοκινήτων με βαθμό συμπίεσεως ίσο με 7,5 περίπου. Για μεγαλύτερες συμπίεσεις χρησιμοποιείται βενζίνη ανώτερης ποιότητας, η βενζίνη «Super» με βαθμό οκτανίου πάνω από το 95%, η οποία είναι κατάλληλη για βαθμούς συμπίεσεως μέχρι και 9 ως 9,5 περίπου.

### 3.2.3 Πυρανάφλεξη.

Για να ολοκληρώσουμε ό,τι αφορά την κρουστική καύση πρέπει να αναφέρουμε και για το φαινόμενο της πυραναφλέξεως και να διευκρινίσουμε ότι αυτό είναι τελείως διαφορετικό από το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως και δεν πρέπει να συγχέεται με αυτό.

Πυρανάφλεξη καλείται μια τοπική ανάφλεξη καυσίμου, που λαμβάνει χώρα σε ακατάλληλη στιγμή λόγω τοπικής υπερθερμάνσεως των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσεως ή υπολειμμάτων της καύσεως (καρβουνιδίων), που παραμένουν μέσα σε

αυτόν και πυρακτώνονται.

Οι πυραναφλέξεις προκαλούνται συχνά από την κρουστική καύση λόγω υπερθερμάνσεως όπως πάλι μπορούν και οι ίδιες να την προκαλέσουν ή να συντελέσουν αισθητά στην εμφάνισή της.

### 3.3 Η τροφοδότηση σε βενζινομηχανές με εξαεριωτή.

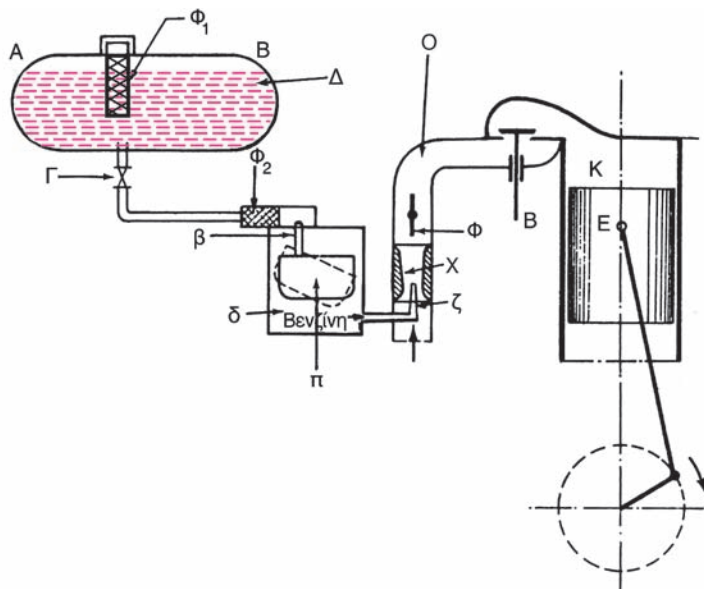
Αυτή πραγματοποιείται με δύο τρόπους: ή από **δεξαμενή** στάθμης ή με τη βοήθεια **αντλίας παροχής της βενζίνης**.

### 3.4 Η τροφοδότηση του εξαεριωτή από δεξαμενή στάθμης.

Το σύστημα τροφοδοτήσεως αυτό παριστάνεται διαγραμματικά στο σχήμα 3.4α και περιλαμβάνει τη **βενζινοδεξαμενή**, το **διακόπτη** Γ, τα **φίλτρα**  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  για τη διήθηση της βενζίνης, τον **εξαεριωτή** ή **αναμίκτη**, τον **κύλινδρο** Κ και το **έμβολο** Ε του βενζινοκινητήρα και τον οχετό προσαγωγής του παρασκευασμένου μίγματος από τον εξαεριωτή προς τη μηχανή.

Στοιχειωδώς η διαδικασία τροφοδοτήσεως του κυλίνδρου είναι ως εξής:

Η βενζίνη διηθείται κατά την πλήρωση της δεξαμενής μέσω του φίλτρου  $\Phi_1$ .



Σχ. 3.4α.



Κατά τη λειτουργία της μηχανής εισρέει, λόγω στάθμης, στο δοχείο δ του εξαεριωτή, αφού πρώτα περάσει από το διακόπτη Γ και το φίλτρο Φ<sub>2</sub>.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι το δοχείο δ είναι γεμάτο με βενζίνη σε μία στάθμη περίπου στο μέσον του ύψους του. Λόγω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων η βενζίνη εισρέει μέσα στον αναβρυτήρα (ζικλέρ) μέχρι την ίδια στάθμη, δηλαδή λίγο χαμηλότερα από το στόμιό του.

Όταν η μηχανή αρχίσει να κινείται, το έμβολο δημιουργεί ένα κενό, το οποίο, δεδομένου ότι η βαλβίδα εισαγωγής Β είναι ανοικτή, επεκτείνεται και μέσα στον οχετό της αναρροφήσεως, όπου βρίσκεται τοποθετημένος ο εξαεριωτής. Έτσι ο ατμοσφαιρικός αέρας αρχίζει να εισέρχεται με ταχύτητα στον οχετό της εισαγωγής του αεριούχου μίγματος για να καλύψει το κενό που δημιουργείται από το έμβολο. Η ταχύτητα που έχει ο εισερχόμενος αέρας στη θέση του αναβρυτήρα δημιουργεί υποπίεση στην επιφάνεια της βενζίνης που βρίσκεται μέσα σε αυτό και προκαλεί την αναπήδησή της μέσα στο χώρο του διαχυτήρα Χ, όπου δημιουργείται το μίγμα αέρα - βενζίνης που στη συνέχεια οδεύει προς τον κύλινδρο.

Η στάθμη στο δοχείο δ διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια ενός πλωτήρα. Στο σχήμα διακρίνουμε τον πλωτήρα π, ο οποίος ανεβοκατεβαίνει ανάλογα με τη στάθμη της βενζίνης, περιστρεφόμενος γύρω από ένα σταθερό σημείο. Στο επάνω μέρος του ο πλωτήρας φέρει μια βελονοειδή βαλβίδα β, η οποία επιτρέπει τη ροή της βενζίνης από τη δεξαμενή Δ προς το δοχείο δ του εξαεριωτή.

Με αυτό τον τρόπο όταν η στάθμη μέσα στο δοχείο δ κατέλθει κάτω από την κανονική, ο πλωτήρας κατέρχεται και ανοίγει τη βελονοειδή βαλβίδα β, οπότε νέα βενζίνη εισέρχεται μέσα στο δοχείο δ του εξαεριωτή. Η στάθμη τότε ανεβαίνει πάλι και παρασύρει τον πλωτήρα προς τα πάνω, ενώ ταυτόχρονα, η βελονοειδής βαλβίδα κλείνει και διακόπτει την εισροή της βενζίνης από τη δεξαμενή Δ προς το δοχείο δ. Όταν κατέλθει η στάθμη της βενζίνης πάλι, ο πλωτήρας ενεργεί όπως και προηγουμένως, ώστε αυτή να ανέλθει πάλι και να διατηρείται έτσι περίπου σταθερή. Έτσι εξασφαλίζεται και η αναπήδηση σταθερής κάθε φορά ποσότητας βενζίνης από τον αναβρυτήρα ανάλογα με τη στιγμιαία ταχύτητα του αέρα, η οποία όμως εξαρτάται από το άνοιγμα του **αεριοφράκτη** Φ (πεταλούδα). Αυτό πάλι ρυθμίζεται είτε από το χειριστή της μηχανής είτε από τον αυτόματο ρυθμιστή της αναλόγως, και με βάση πάντοτε την επιθυμητή ιπποδύναμη που πρέπει να αναπτύξει η μηχανή.

Το σχήμα 3.4β παριστάνει τη δεξαμενή βενζίνης, η οποία βρίσκεται ψηλότερα από το εξαεριωτή.

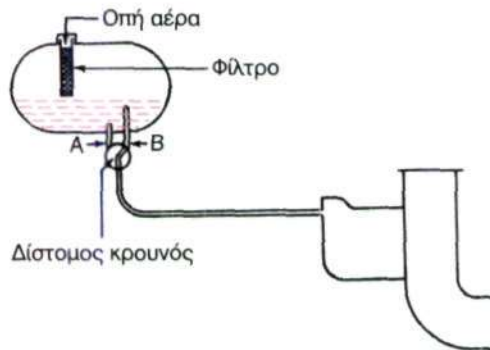
Διακρίνεται το πληρωτικό της στόμιο εφοδιασμένο με φίλτρο και πώμα με οπή συγκοινωνίας με την ατμόσφαιρα για την είσοδο του αέρα, όταν εκκενώνεται η δεξαμενή.

Ο δίστομος κρουνός Α - Β ελέγχει τη ροή της βενζίνης από τη δεξαμενή προς τον εξαεριωτή.

Όταν υπάρχει επάρκεια βενζίνης στη δεξαμενή, ο κρουνός είναι στραμμένος όπως στο σχήμα, και επιτρέπει τη ροή της βενζίνης από την οπή Β. Αν όμως η παροχή σταματήσει, λόγω πτώσεως της στάθμης μέσα στη δεξαμενή, τότε ο κρουνός στρέφεται προς τα αριστερά, ώστε να επιτρέψει τη ροή της βενζίνης από την οπή Α. Τότε ακριβώς πρέπει να φροντίσουμε να γεμίσομε τη δεξαμενή με βενζίνη πολύ γρήγορα για να μη διακοπεί η λειτουργία της μηχανής.

Οι δεξαμενές βενζίνης γενικά κατασκευάζονται από λαμαρίνα, η οποία εσωτερικά είναι επικασπιτερωμένη ή επενδύεται με μόλυβδο.

Οι δεξαμενές βενζίνης γενικά κατασκευάζονται από λαμαρίνα, η οποία εσωτερικά είναι επικασσιτερωμένη ή επενδύεται με μόλυβδο.



Σχ. 3.4β.

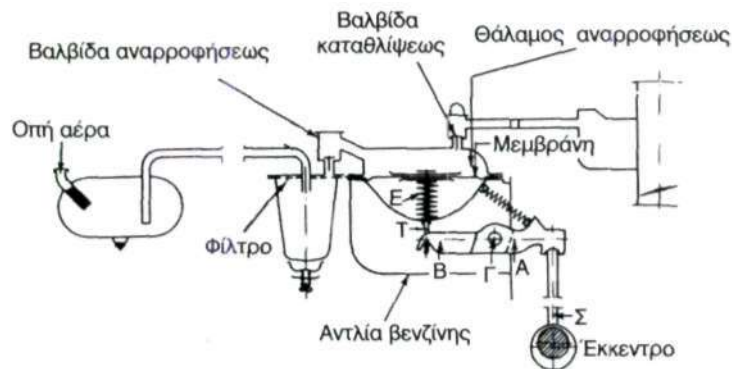
### 3.5 Η τροφοδότηση του εξαεριωτή με αντλία βενζίνης.

Στις περισσότερες εγκαταστάσεις, ιδίως όταν η δεξαμενή αποθηκείσεως βρίσκεται χαμηλότερα από τη μηχανή ή όταν γενικότερα επιθυμούμε να έχουμε εξασφαλισμένη και ελεγχόμενη τη ροή βενζίνης προς τον εξαεριωτή, η διακίνηση της βενζίνης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ιδιαίτερης αντλίας, η οποία ονομάζεται **αντλία παροχής βενζίνης** ή και απλώς **αντλία βενζίνης**.

Σε άλλες πάλι περιπτώσεις για την άντληση και διακίνηση της βενζίνης χρησιμοποιείται το κενό της μηχανής και ανάλογη αντλία, η οποία καλείται **αυτόκενο** (Autovac).

### 3.5. Τ Το σύστημα τροφοδοτήσεως με αντλία βενζίνης.

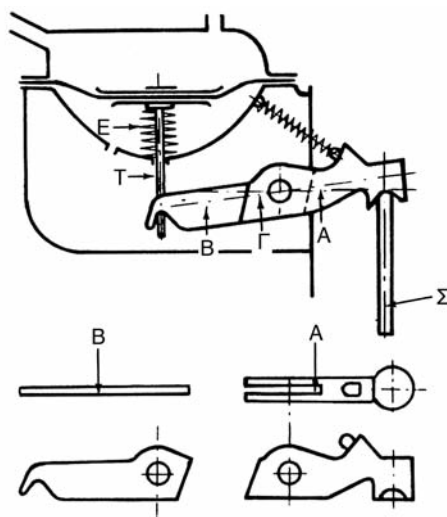
Φαίνεται στο σχήμα 3.5α όπου διακρίνομε κατά σειρά τη δεξαμενή βενζίνης, το φίλτρο της βενζίνης, την αντλία βενζίνης και τον εξαεριωτή.



Σχ. 3.5α.

Η πορεία της βενζίνης είναι από τη δεξαμενή μέσω του φίλτρου στη βαλβίδα αναρροφήσεως της αντλίας, και από την αντλία μέσω της βαλβίδας καταθλίψεως προς τον εξαεριωτή.

Η αντλία βενζίνης ειδικότερα φαίνεται με τις λεπτομέρειές της στο σχήμα 3.5β.



Σχ. 3.5β.

Αυτή δεν είναι εμβολοφόρος, αλλά η λειτουργία της βασίζεται στο διάφραγμα ή μεμβράνη, που διακρίνεται στο σχήμα.

Ένα έκκεντρο προσαρμοσμένο στον εκκεντροφόρο άξονα μετακινεί προς τα πάνω το βάκτρο Σ και συνεπώς το μοχλό Α - Β, ο οποίος περιστρέφεται γύρω από το σημείο Γ.

Όταν το τμήμα Α ανυψώνεται, το τμήμα Β αντίστοιχα κατέρχεται και έλκει τη μεμβράνη προς τα κάτω μέσω της σιδερένιας ράβδου Τ.

Μόλις το έκκεντρο περάσει το σημείο της μεγαλύτερης υψώσεως του Σ, το ελατήριο Ε ωθεί ξανά τη μεμβράνη προς τα πάνω και το μοχλό Α προς τα κάτω.

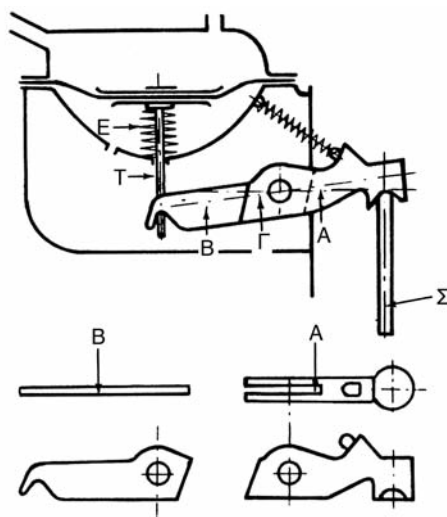
Έτσι όταν η μεμβράνη κατεβαίνει με την επίδραση του εκκέντρου, δημιουργείται πάνω από αυτή μια υποπίεση, ώστε η βενζίνη να εισρέει στην αντλία, διερχόμενη από το φίλτρο και τη βαλβίδα αναρροφήσεως.

Όταν το ελατήριο Ε ωθεί τη μεμβράνη προς τα πάνω, η βενζίνη καταθλίβεται με πίεση προς τον εξαεριωτή, διερχόμενη από τη βαλβίδα καταθλίψεως.

Όταν το δοχείο του πλωτήρα του εξαεριωτή είναι γεμάτο μέχρι την κανονική στάθμη, η βελόνα του πλωτήρα κλείνει την εισαγωγή της βενζίνης προς αυτόν. Τότε η μεμβράνη δεν μπορεί να κινηθεί προς τα πάνω και το τμήμα του μοχλού Α αποχωρίζεται από το τμήμα Β, το οποίο συγκρατείται ακίνητο από το μικρό βάκτρο Τ. Έτσι το τμήμα Α θα εκτελεί μια παλινδρομική κίνηση χωρίς καμιά επίδραση πάνω στη μεμβράνη. Όταν όμως η βελόνα του πλωτήρα θα επιτρέψει πάλι την είσοδο της βενζίνης στο δοχείο του, η μεμβράνη θα μπορέσει να ανυψωθεί ξανά και το τμήμα Α του μοχλού θα ωθήσει το Β προς τα κάτω και η αντλία θα αρχίσει να λειτουργεί πάλι.

Η πορεία της βενζίνης είναι από τη δεξαμενή μέσω του φίλτρου στη βαλβίδα αναρροφήσεως της αντλίας, και από την αντλία μέσω της βαλβίδας καταθλίψεως προς τον εξαεριωτή.

Η αντλία βενζίνης ειδικότερα φαίνεται με τις λεπτομέρειές της στο σχήμα 3.5β.



Σχ. 3.5β.

Αυτή δεν είναι εμβολοφόρος, αλλά η λειτουργία της βασίζεται στο διάφραγμα ή μεμβράνη, που διακρίνεται στο σχήμα.

Ένα έκκεντρο προσαρμοσμένο στον εκκεντροφόρο άξονα μετακινεί προς τα πάνω το βάκτρο Σ και συνεπώς το μοχλό Α - Β, ο οποίος περιστρέφεται γύρω από το σημείο Γ.

Όταν το τμήμα Α ανυψώνεται, το τμήμα Β αντίστοιχα κατέρχεται και έλκει τη μεμβράνη προς τα κάτω μέσω της σιδερένιας ράβδου Τ.

Μόλις το έκκεντρο περάσει το σημείο της μεγαλύτερης υψώσεως του Σ, το ελατήριο Ε ωθεί ξανά τη μεμβράνη προς τα πάνω και το μοχλό Α προς τα κάτω.

Έτσι όταν η μεμβράνη κατεβαίνει με την επίδραση του εκκέντρου, δημιουργείται πάνω από αυτή μια υποπίεση, ώστε η βενζίνη να εισρέει στην αντλία, διερχόμενη από το φίλτρο και τη βαλβίδα αναρροφήσεως.

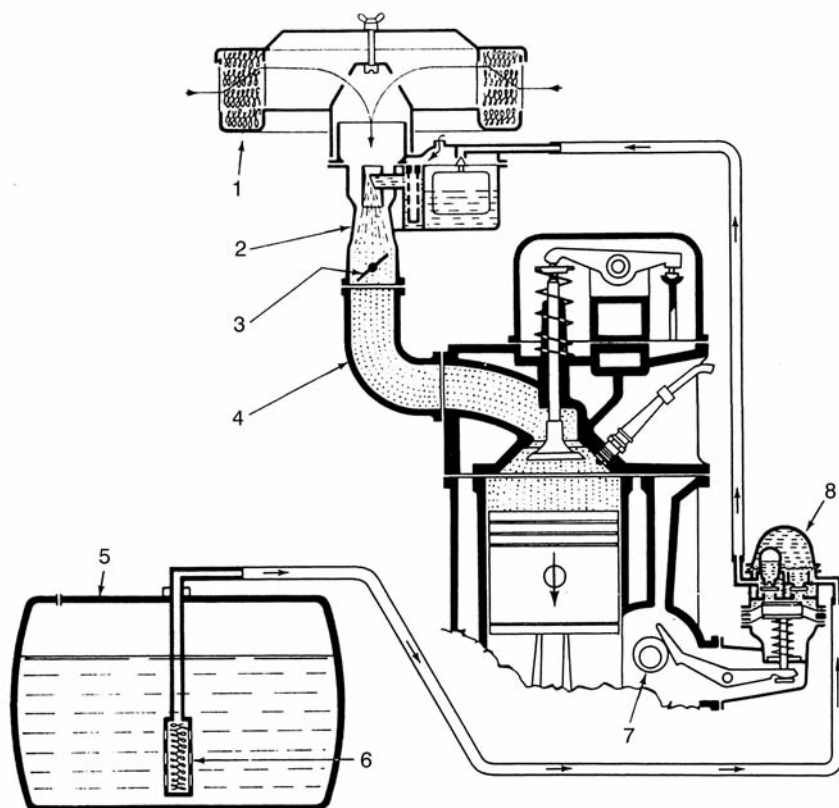
Όταν το ελατήριο Ε ωθεί τη μεμβράνη προς τα πάνω, η βενζίνη καταθλίβεται με πίεση προς τον εξαεριωτή, διερχόμενη από τη βαλβίδα καταθλίψεως.

Όταν το δοχείο του πλωτήρα του εξαεριωτή είναι γεμάτο μέχρι την κανονική στάθμη, η βελόνα του πλωτήρα κλείνει την εισαγωγή της βενζίνης προς αυτόν. Τότε η μεμβράνη δεν μπορεί να κινηθεί προς τα πάνω και το τμήμα του μοχλού Α αποχωρίζεται από το τμήμα Β, το οποίο συγκρατείται ακίνητο από το μικρό βάκτρο Τ. Έτσι το τμήμα Α θα εκτελεί μια παλινδρομική κίνηση χωρίς καμιά επίδραση πάνω στη μεμβράνη. Όταν όμως η βελόνα του πλωτήρα θα επιτρέψει πάλι την είσοδο της βενζίνης στο δοχείο του, η μεμβράνη θα μπορέσει να ανυψωθεί ξανά και το τμήμα Α του μοχλού θα ωθήσει το Β προς τα κάτω και η αντλία θα αρχίσει να λειτουργεί πάλι.

Το σχήμα 3.5γ δείχνει λεπτομερέστερα τη διάταξη τροφοδοτήσεως σε ένα βενζινοκινητήρα, το δε σχήμα 3.5δ αντίστοιχα την αντλία βενζίνης.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι οι αντλίες βενζίνης με διάφραγμα ή μεμβράνη μπορεί να έχουν τη μεμβράνη κατασκευασμένη από ειδικό πλέγμα ή και διμεταλλική, και διακρίνονται σε **μηχανικές** ή **ηλεκτρικές**.

Η διάκριση αφορά την ανάλογη κίνηση του διαφράγματός τους. Έτσι στις



Σχ. 3.5γ.

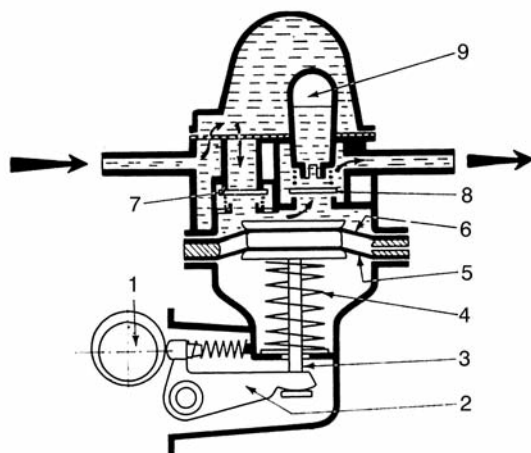
1) Φίλτρο αέρα. 2) Εξαεριωτής. 3) Αεριοφράκτης ή δικλείδα του εξαεριωτή. 4) Αγωγός εισαγωγής. 5) Δεξαμενή βενζίνης. 6) Φίλτρο βενζίνης. 7) Έκκεντρο κινήσεως της αντλίας. 8) Αντλία βενζίνης.

μηχανικές, όπως είδαμε, η κίνηση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια μοχλού που κινείται από έκκεντρο σφηνωμένο στον εκκεντροφόρο της μηχανής. Στις ηλεκτρικές πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός σωληνοειδούς, το οποίο τροφοδοτείται από την ηλεκτρική εγκατάσταση της μηχανής μέσω ζεύγους επαφών (πλατίνες), και διαδοχικά έλκει ή ελευθερώνει το επαγωγίμο του το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο διάφραγμα της αντλίας. Έτσι αυτό εκτελεί διαδοχικά τις κινήσεις αντλήσεως και καταθλίψεως της βενζίνης.

Η χρήση των ηλεκτρικών αντλιών είναι πάντως περιορισμένη.

Αντλίες βενζίνης περρυγιοφόρες **περιστροφικού τύπου** χρησιμοποιούνται ειδικά σε μηχανές αεροπλάνων.

Τέλος υπάρχει και ο τύπος της αντλίας βενζίνης που λειτουργεί με το κενό της μηχανής. Αυτή ειδικότερα καλείται **αυτόκενο** (Autovac). Η χρήση όμως και αυτής είναι πολύ περιορισμένη.



Σχ. 3.5δ.

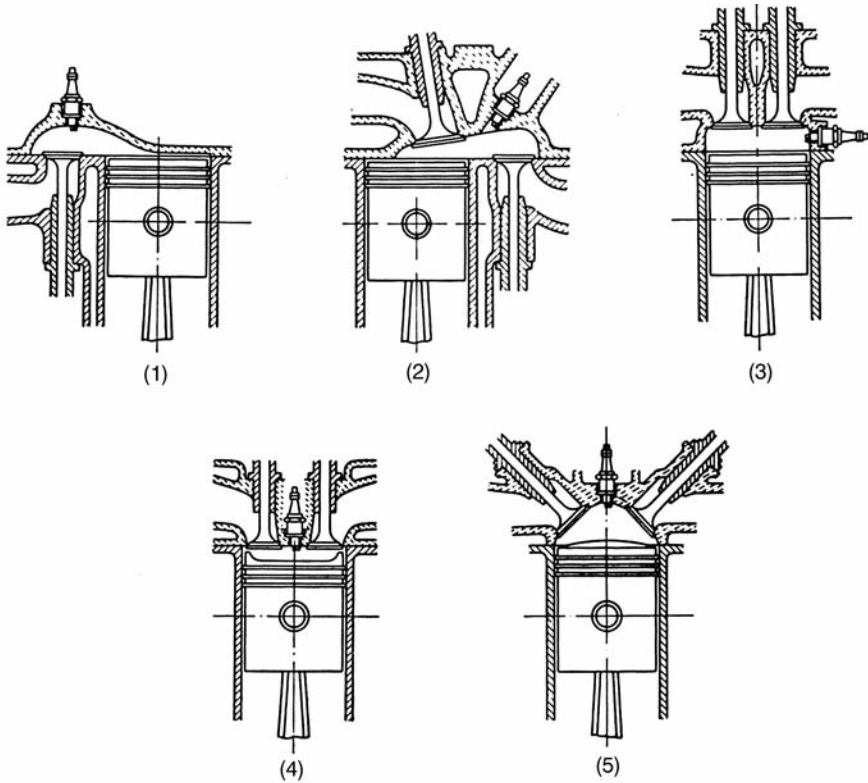
1) Έκκεντρο κινήσεως της αντλίας. 2) Ενδιάμεσος μοχλός. 3) Βάκτρο. 4) Ρυθμιστικό ελατήριο της πίεσεως καταθλίψεως της αντλίας. 5) Μembrάνη στεγανότητας. 6) Μembrάνη αντήψεως της βενζίνης. 7) Βαλβίδα αναρροφήσεως. 8) Βαλβίδα καταθλίψεως. 9) Αεροκώδωνας για την ομαλή ροή της βενζίνης προς τον εξαερωτή.

### 3.6 Θάλαμοι καύσεως.

Ιδιαίτερη σημασία για την καλή καύση στις βενζινομηχανές έχει η διαμόρφωση του θαλάμου καύσεως μέσα στον οποίο πρέπει να γίνεται τέλειος ο στροβιλισμός του μίγματος βενζίνης - αέρα για να μην υπάρχουν χώροι ατελούς καύσεως και να μην ευνοείται η κρουστική καύση. Στη διαμόρφωση του θαλάμου καύσεως συντελεί και το κατάλληλο σχήμα του επάνω μέρους ή της κεφαλής του εμβόλου, το οποίο και αντιστοιχεί συνήθως στη μορφή του πώματος του κυλίνδρου. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα στις δίχρονες μηχανές όπου το μίγμα και τα αέρια πρέπει να διευκολύνονται στην πορεία τους από τη θυρίδα σαρώσεως προς το θάλαμο καύσεως και από εκεί προς τη θυρίδα εξαγωγής.

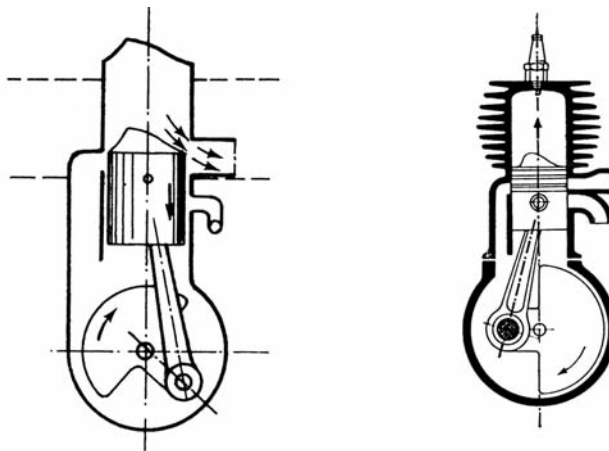
Στο σχήμα 3.6α φαίνονται πέντε διαφορετικοί τύποι θαλάμων καύσεως 4χρονης μηχανής και στο σχήμα 3.6β δύο διαμορφώσεις θαλάμου καύσεως 2χρονης μηχανής με τη χαρακτηριστική προεξοχή του εμβόλου και την πορεία των καυσαερίων.

Η περρυγική κατασκευή του θαλάμου καύσεως και του σώματος του κυλίνδρου είναι χαρακτηριστική των αερόψυκτων μηχανών.



Σχ. 3.6α.

1) Θάλαμος με πλευρικές βαλβίδες. 2) Θάλαμος με μικτή διάταξη πλευρικών και ανεστραμμένων βαλβίδων. 3) Δισκοειδής θάλαμος. 4) Θάλαμος που σχηματίζεται στην κεφαλή του εμβόλου. 5) Ημισφαιρικός θάλαμος.



Σχ. 3.6β.

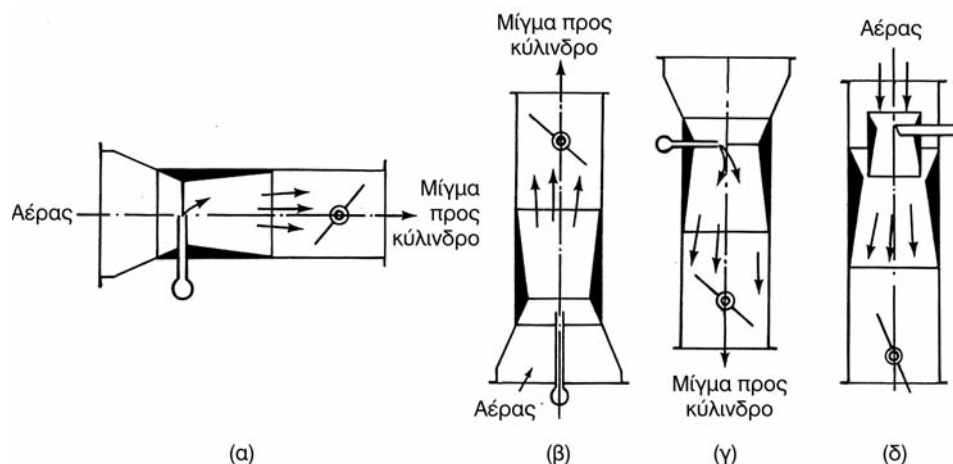
Θάλαμοι καύσεως διχρόνων μηχανών.



Οι εξαεριωτές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις διάφορες βενζινομηχανές, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία· βασίζονται βέβαια στις ίδιες γενικές αρχές λειτουργίας, όμως ο καθένας από αυτούς έχει δική του κατασκευαστική μορφή ανάλογη με τη μηχανή, στην οποία προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί. Κατά κανόνα οι περισσότεροι φέρονται στη βιομηχανία με το όνομα του κατασκευαστή τους.

Μια βασική διάκριση γίνεται ανάλογα με τη θέση του διαχυτήρα τους και την πορεία του ρεύματος του αεριούχου μίγματος σε τέσσερις τύπους, οι οποίοι παριστάνονται στο σχήμα 3.7.

Από αυτούς ο πρώτος τύπος α λέγεται εξαεριωτής με **οριζόντιο ρεύμα** του αεριούχου μίγματος, ο δεύτερος β με **ανοδικό ρεύμα**, ο τρίτος γ με **καθοδικό** και ο



Σχ. 3.7.

τέταρτος δ με **διπλό** (ή και **πολλαπλό** μερικές φορές) **διαχυτήρα**.

Ο καθένας τύπος χρησιμοποιείται ανάλογα με τον τύπο και τις ειδικές συνθήκες λειτουργίας των διαφόρων μηχανών. Ειδικότερα ο τύπος με διπλό ή πολλαπλό διαχυτήρα επιτυγχάνει την τελειότερη ανάμιξη του καυσίμου με τον καυσιγόνο αέρα.

Παρακάτω θα περιγράψουμε τους πιο αντιπροσωπευτικούς τύπους.

### 3.8 Ο στοιχειώδης εξαεριωτής.

Αυτός φαίνεται στο σχήμα 3.8 κατακόρυφα τοποθετημένος μέσα στον οχετό της εισαγωγής του αεριούχου μίγματος στον κύλινδρο. Αποτελείται από το **δοχείο βενζίνης Δ**, μέσα στο οποίο η στάθμη Α - Β διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια **πλωτήρα**, τον **αναβρυστήρα ζ** ή **ζικλέρ**, το **διαχυτήρα Χ** και τη ρυθμιστική δικλείδα Φ, η οποία ονομάζεται και **αεριοφράκτης** ή κοινώς **πεταλούδα**.

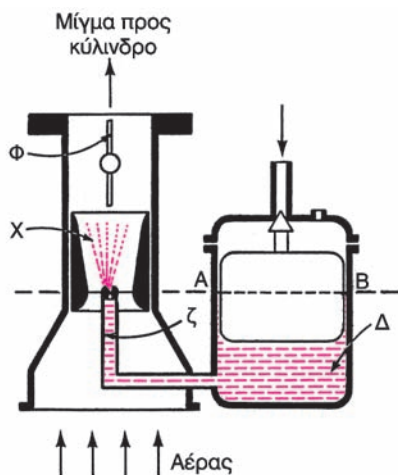
Η λειτουργία του βασίζεται στην ταχύτητα που αποκτά ο αέρας λόγω του κενού που δημιουργεί κατά τη διάρκεια της αναρροφήσεως, το έμβολο της μηχανής.

Η ταχύτητα αυτή του αέρα επαυξάνεται μέσα στον εξαεριωτή λόγω της ειδικής διαμορφώσεως του διαχυτήρα Χ σε σχήμα συγκλίνοντος - αποκλίνοντος ακροφυσίου. Έτσι πάνω στην επιφάνεια της βενζίνης που βρίσκεται μέσα στον αναβρυτήρα ζ η πίεση γίνεται μικρότερη από την ατμοσφαιρική και φθάνει περίπου 560 mmHg, ενώ η



πίεση πάνω στην επιφάνεια της βενζίνης, που βρίσκεται μέσα στο δοχείο Δ είναι η ατμοσφαιρική, δηλαδή 760 mmHg.

Η διαφορά των 200 mmHg περίπου (ή το κενό των 200 mmHg), είναι εκείνη που αναγκάζει τη βενζίνη να αεριοποιηθεί και να αναπηδήσει από τον αναβρυτήρα ζ μέσα



Σχ. 3.8.

στο χώρο του διαχυτήρα X και να αναμιχθεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος περιβάλλει τον αναβρυτήρα και ο οποίος οδεύει προς τον κύλινδρο με μεγάλη ταχύτητα. Έτσι παράγεται το μίγμα καυσίμου - αέρα, το οποίο και γεμίζει τον οχετό αναρροφήσεως και κινείται με ορμή από το διαχυτήρα μέχρι το εσωτερικό του κυλίνδρου.

Η ρυθμιστική δικλείδα Φ ανοιγοκλείνει και ρυθμίζει ανάλογα τη διατομή διόδου του μίγματος. Έτσι επιτυγχάνεται η παροχή της αναγκαίας ποσότητας μίγματος προς τον κύλινδρο ανάλογα με το κάθε φορτίο και την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής. Με άλλους λόγους χειριζόμενοι αυτή τη δικλείδα επιτυγχάνομε τη ρύθμιση της καύσεως των στροφών και της ιπποδυνάμεως της μηχανής μας.

### 3.9 Ο σύγχρονος εξαεριωτής.

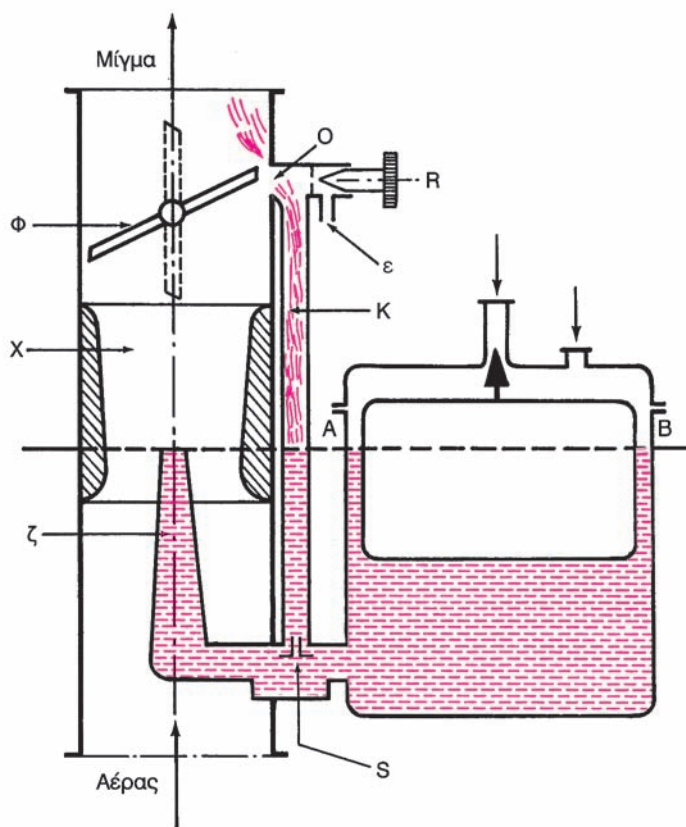
Ο εξαεριωτής που περιγράψαμε προηγουμένως είναι η απλούστερη δυνατή μορφή εξαεριωτή. Με αυτόν όμως δεν είναι δυνατό να εξασφαλίσουμε την κανονική τροφοδότηση των μηχανών αυτοκινήτων, βενζινακάτων, γεννητριών κλπ. σε περιπτώσεις, όπου επιβάλλεται η ταχεία μεταβολή του φορτίου και των στροφών τους. Αυτό γιατί δεν μπορεί να διατηρήσει σταθερή αναλογία μίγματος.

Ο σύγχρονος αναμίκτης ή εξαεριωτής σχεδιάστηκε ακριβώς για να ικανοποιεί αυτές τις απαιτήσεις. Για αυτό εφοδιάστηκε με ένα δεύτερο αναβρυτήρα (ζικλέρ), τον **αναβρυτήρα βραδυπορείας** (ζικλέρ του ρελαντί) ή αναβρυτήρα της **άφορτης** λειτουργίας της μηχανής. Βασικός σκοπός αυτού του αναβρυτήρα είναι να παρέχει

πρόσθετη ποσότητα βενζίνης για τη λειτουργία της μηχανής, όταν αυτή εργάζεται άφορτη (στο ρελαντί).

Ο σύγχρονος αυτός εξαεριστής παριστάνεται στο σχήμα 3.9α. Διακρίνονται και σε αυτόν τα βασικά μέρη και επί πλέον ο βοηθητικός αναβρυτήρας S, που είναι τοποθετημένος μέσα στον αγωγό, ο οποίος οδηγεί τη βενζίνη από το δοχείο προς τον κυρίως αναβρυτήρα. Ο βοηθητικός αναβρυτήρας στέλνει βενζίνη μέσα στον αγωγό K, ο οποίος καταλήγει ακριβώς μετά το σημείο, όπου κλείνει η ρυθμιστική δικλείδα Φ (πεταλούδα). Μέσα στον οχετό K η βενζίνη φθάνει μέχρι τη στάθμη AB.

Όταν εκκινήσει η μηχανή, ο αεριοφράκτης Φ είναι λίγο μόνο ανοικτός, ώστε μέσα στο διαχυτήρα να μη δημιουργείται αρκετό κενό, για να αρχίσει η λειτουργία του κύριου αναβρυτήρα και να απορροφηθεί η βενζίνη. Για να αντιμετωπισθεί η δυσκολία



Σχ. 3.9α.

αυτή ακριβώς τοποθετήθηκε ο βοηθητικός αναβρυτήρας, ώστε η βενζίνη να απορροφείται ευκολότερα από τον οχετό K και να ανεβαίνει μέχρι το σημείο O, όπου επικρατεί ισχυρό κενό, δεδομένου ότι το σημείο αυτό βρίσκεται ακριβώς πίσω από τη δικλείδα Φ. Η βενζίνη αναμιγνύεται με το λίγο αέρα, ο οποίος διαφεύγει από το περιμετρικό διάκενο της πεταλούδας. Έτσι σχηματίζεται μικρή ποσότητα μίγματος με κανονική ή και πλουσιότερη από την κανονική αναλογία σε βενζίνη, ικανού να

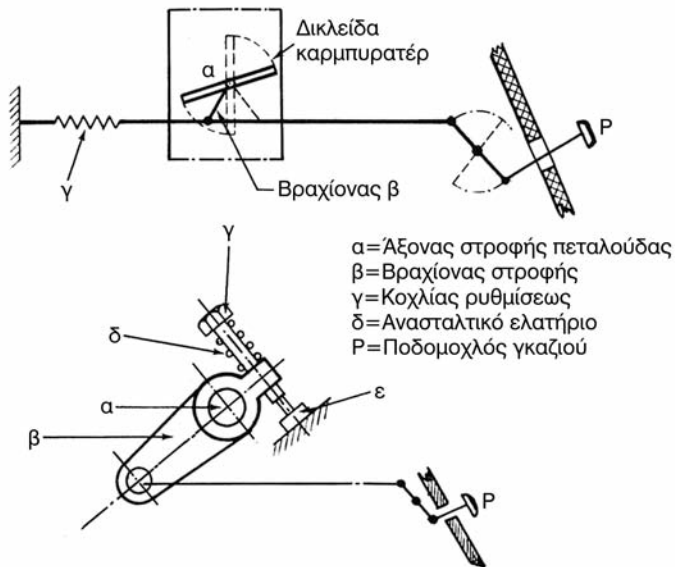
εκκινήσει τη μηχανή. Η σύνθεση του μίγματος ρυθμίζεται από το ρυθμιστικό κοχλία R. (Όταν τον αποκοχλιώνουμε επιτρέπομε να περάσει περισσότερος αέρας από τη βοηθητική είσοδο ε και όταν τον κοχλιώνουμε συμβαίνει το αντίθετο).

Έτσι με τον απλό αυτό τρόπο ρυθμίζεται η λειτουργία της μηχανής κατά τη βραδυπορία ή άεργη λειτουργία της (ρελαντί). Η ρύθμιση αυτή πρέπει να γίνεται μόνο όταν η μηχανή είναι ήδη ζεστή.

Το σχήμα 3.9β παριστάνει τη σύνδεση του ποδομοχλού ή «πεντάλ του γκαζιού» Ρ ενός αυτοκινήτου με την πεταλούδα του εξαερωτή μέσω του βραχίονα β, με τον οποίο επιτυγχάνομε τις μεταβολές της ισχύος της μηχανής. Η δικλείδα α κανονικά περιστρέφεται από την ενέργεια που ασκεί το πόδι του οδηγού επάνω στον ποδομοχλό Ρ, αλλά το ελατήριο Υ την επαναφέρει στην κλειστή θέση όταν ο οδηγός παύσει να πιέζει τον ποδομοχλό, δηλαδή όταν παύσει να «πατά το γκάζι».

Στο δεύτερο λεπτομερειακό διάγραμμα του σχήματος φαίνεται πώς ακριβώς είναι προσαρμοσμένος ο βραχίονας β με τον άξονα α περιστροφής της δικλείδας.

Ο βραχίονας β στο άλλο άκρο του φέρει ένα ρυθμιστικό κοχλία γ, ο οποίος μπορεί να κοχλιωθεί περισσότερο ή λιγότερο με τρόπο ώστε να «πατά» στο σημείο ε, προτού κλείσει τελείως η δικλείδα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ρυθμίσουμε τη μηχανή



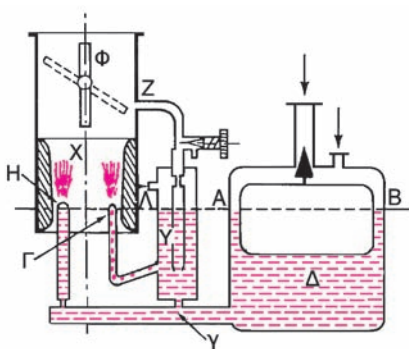
Σχ. 3.9β.

να λειτουργεί κανονικά και με ελάχιστο αριθμό στροφών, ρυθμίζοντας για το σκοπό αυτό το άνοιγμα της δικλείδας, όταν δεν έχουμε πίεση καθόλου τον ποδομοχλό Ρ με το πόδι μας. Είναι φανερό τέλος ότι, για να σταματήσουμε τη μηχανή, πρέπει απαραίτητα να διακόψουμε τη σπινθηροδότηση στους σπινθηριστές με τον ηλεκτρικό διακόπτη.

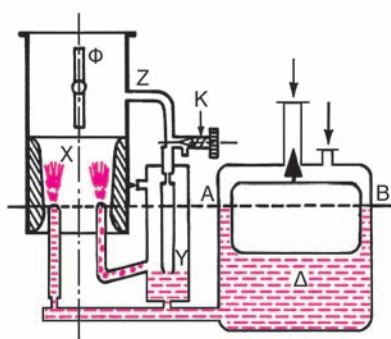
### 3.10 Ο εξαεριωτής Zenith (Ζενίθ).

Τα σχήματα 3.10α και 3.10β παριστάνουν εξαεριωτή τύπου Zenith, ο οποίος είναι ένας από τους σύγχρονους τύπους και ικανοποιεί τις ανάγκες κανονικής αναλογίας του μίγματος σε συνθήκες σταθερού φορτίου καθώς επίσης και σε συνθήκες άεργης λειτουργίας της μηχανής (ρελαντί), επιταχύνσεως της κλπ. και γενικά μεταβολής της αποδιδόμενης ιπποδυνάμεως.

Ο εξαεριωτής Zenith είναι εφοδιασμένος με δύο κυρίους αναβρυτήρες (ζικλέρ): τον κύριο Η και το βοηθητικό ή αντισταθμιστικό Γ. Και οι δύο παρέχουν βενζίνη στον κοινό διαχυτήρα Χ και έχουν προορισμό τη δημιουργία σταθερής αναλογίας μίγματος. Η διατομή του κύριου αναβρυτήρα Η είναι επαρκής, για να δώσει στον



Σχ. 3.10α.



Σχ. 3.10β.

κινητήρα την απαιτούμενη βενζίνη για την περίπτωση συνήθους λειτουργίας του. Είναι όμως μικρή, για να καλύψει τις απαιτήσεις του κινητήρα σε περίπτωση υπερταχύνσεως ή αυξήσεως του φορτίου του. Το απαιτούμενο συμπλήρωμα βενζίνης παρέχεται στην περίπτωση αυτή από το βοηθητικό αναβρυτήρα.

Η όλη λειτουργία του εξαεριωτή Zenith έχει ως εξής:

Όταν η μηχανή εργάζεται άφορτη στο ρελαντί, τροφοδοτείται από τον αναβρυτήρα της άφορτης λειτουργίας Ζ, ενώ οι αναβρυτήρες Η και Γ και το φρεάτιο Υ είναι πλήρεις μέχρι τη στάθμη ΑΒ. Το δε φρεάτιο Υ συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα μέσω της οπής Λ.

Αν ανοίξουμε τον αεριοφράκτη Φ, τότε οι αναβρυτήρες Η και Γ θα χορηγήσουν βενζίνη, με τη διαφορά ότι η βενζίνη στον αναβρυτήρα Η έρχεται απευθείας από το δοχείο Δ, ενώ στον αντισταθμιστικό αναβρυτήρα Γ έρχεται από το φρεάτιο Υ σε περιορισμένη ποσότητα. Επομένως μόλις ανοίξουμε τη δικλείδα Φ, ο αντισταθμιστικός αναβρυτήρας θα χορηγήσει τη βενζίνη από το φρεάτιο Υ, μέχρις ότου η στάθμη σε αυτό να κατέλθει στο κατώτατο σημείο, όπως παριστάνεται στο σχήμα 3.10β. Έτσι βαθμηδόν ο αντισταθμιστικός αναβρυτήρας παύει να δίνει βενζίνη, μέχρι να εκκενωθεί το φρεάτιο Υ, οπότε και αρχίζει να παρέχει αέρα, ο οποίος εισέρχεται από την οπή Λ, για να μη γίνεται τελικά το μίγμα πολύ πλούσιο.

Αν κλείσουμε τώρα την «πεταλούδα» Φ, τότε η αναρρόφηση του κυλίνδρου γίνεται μικρότερη και η στάθμη στο φρεάτιο Υ αρχίζει βαθμηδόν να ανέρχεται μέσω της οπής γ, ώστε να υπάρχει σε αυτό απόθεμα βενζίνης διαθέσιμο για μία απότομη αύξηση του

φορτίου ή της ταχύτητας της μηχανής.

Στα σχήματα 3.10α και 3.10β βλέπουμε επίσης ότι ο αναβρυτήρας του ρελαντί Ζ αναρροφά βενζίνη από το βοηθητικό φρεάτιο Υ και η ρύθμιση της ποσότητας βενζίνης, την οποία παρέχει κατά την άφορτη λειτουργία, δηλαδή η ρύθμιση του ελάχιστου αριθμού στροφών της μηχανής, γίνεται με τη βοήθεια του ρυθμιστικού κοχλία Κ.

### 3.11 Άλλοι τύποι εξαεριωτών.

Εκτός από τον εξαεριωτή Zenith πολλοί άλλοι τύποι κατασκευάστηκαν και βρίσκονται σε χρήση χωρίς να διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους στις γενικές αρχές λειτουργίας τους. Ο καθένας από αυτούς παρουσιάζει μόνο ορισμένες μικροδιαφορές από τους άλλους, ανάλογα με τη χρήση και τον προορισμό, που έχει.

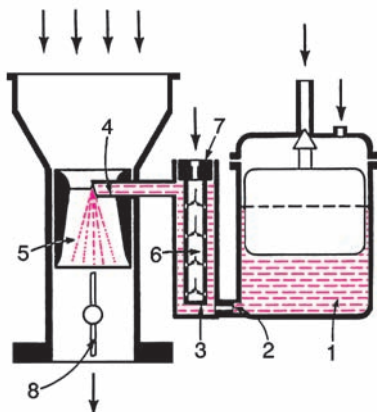
Από αυτούς οι πιο γνωστοί είναι οι εξαεριωτές τύπου Solex, Stromberg, Weber κλπ., καθώς επίσης ο εξαεριωτής Dell'Orto, ο οποίος χρησιμοποιείται ευρύτατα στις μοτοσυκλέτες.

Εκτός από αυτούς ειδικοί τύποι εξαεριωτών με ορισμένες παραλλαγές από τους εξαεριωτές βενζίνης χρησιμοποιούνται για κινητήρες, οι οποίοι λειτουργούν με **μεθάνιο** ή **φυσικό αέριο**, **αέριο υψικαμίνων**, **υγροποιημένα αέρια**, **αέριο αεριογόνων** κλπ., τους οποίους ονομάζουμε **αεριοκινητήρες** ή **αεριομηχανές**.

### 3.12 Εξαεριωτής Weber.

Αυτός εικονίζεται στο σχήμα 3.12. Η δεξαμενή σταθερής στάθμης 1 συγκοινωνεί με το φρεάτιο 3 μέσω του ακροφυσίου 2. Το φρεάτιο συγκοινωνεί μέσω του ακροφυσίου εκροής 4 προς το διαχυτήρα 5 και προς την ατμόσφαιρα μέσω του σωλήνα αναμίξεως 6 και της οπής διαπνοής 7.

Όταν η ταχύτητα της μηχανής είναι μικρή, η ταχύτητα του αέρα στο διαχυτήρα και η αναρρόφηση βενζίνης είναι μικρή. Η βενζίνη που περνά από το ακροφύσιο 2 προλαβαίνει την απαίτηση βενζίνης ώστε και το φρεάτιο 3 και ο σωλήνας αναμίξεως 6 να είναι συνεχώς γεμάτα και έτσι πραγματοποιείται η επιθυμητή αναλογία του



Σχ. 3.12.

μίγματος αέρα - βενζίνης.

Όταν όμως αυξηθεί η ταχύτητα του κινητήρα με χειρισμό της δικλίδας 8, τότε η βενζίνη που διέρχεται από το ακροφύσιο 2 δεν επαρκεί να γεμίζει συνεχώς το φρεάτιο 3 και το σωλήνα 6, οπότε αέρας ατμοσφαιρικός εισέρχεται από την οπή διαπνοής 7 και αναμιγνύεται με τη βενζίνη, ώστε πλέον από το ακροφύσιο 4 δεν ρέει αμιγής βενζίνη, αλλά μίγμα βενζίνης - αέρα.

Όσο μεγαλύτερη είναι η αναρρόφηση βενζίνης στο διαχυτήρα 5, τόσο περισσότερες οπές του σωλήνα αναμίξεως 6 αποκαλύπτονται και τόσο περισσότερο αυξάνει η ποσότητα αέρα που αναμιγνύεται στο σημείο αυτό με τη βενζίνη.

Έτσι με κατάλληλες διατομές της οπής διαπνοής 7 και των οπών του σωλήνα αναμίξεως 6 επιτυγχάνεται κάθε φορά η σωστή αναλογία του μίγματος.

Ο εξαιρειωτής Weber τον οποίο περιγράψαμε στην απλή του μορφή για την κανονική πορεία του κινητήρα με πλήρη ή μερική ισχύ, εφοδιάζεται ακόμη με πρόσθετες διατάξεις για: α) την εν ψυχρώ εκκίνηση, β) τη βραδυπορεία και γ) τη στιγμιαία επιτάχυνση.

### 3.13 Εξαεριωτής Dell' Orto.

Εικονίζεται στο σχήμα 3.13. Δίνονται με υπόμνημα τα μέρη από τα οποία αποτελείται. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις μοτοσυκλέτες.

### 3.14 Εξαεριωτές αεροπλάνων.

#### 3.14.1 Συνθήκες και ιδιότητες εξαεριωτών αεροπλάνων.

Στην αεροπορία ο εξαεριωτής κοινού τύπου χρησιμοποιείται πάντοτε σε κινητήρες μικρού κυλινδρισμού, όπως π.χ. σε αεροσκάφη τουρισμού, ψεκασμού κλπ., επειδή οι επιδόσεις των αεροσκαφών αυτών δεν απαιτούν ειδικούς εξαεριωτές με πολλαπλές ικανότητες.

Σε κινητήρες όμως μεγάλων διαστάσεων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση βαρύτερου έργου και σοβαρότερων αποστολών, χρησιμοποιούνται οι εξαεριωτές με εγχυτήρα βενζίνης, και η καθαρά μηχανική έγχυση της βενζίνης.

Ένας εξαεριωτής αεροπλάνου πρέπει:

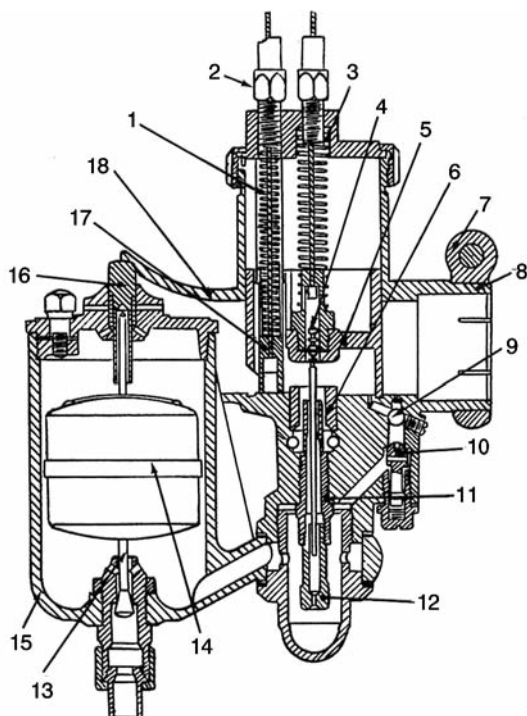
α) Να εξασφαλίζει την ομαλή παροχή του καυσίμου, ανεξάρτητα από τις δυναμικές συνθήκες, στις οποίες το αεροσκάφος υπόκειται κατά την πτήση. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχουν ειδικές διατάξεις για τη διατήρηση σταθερής στάθμης βενζίνης, ακόμη και για την περίπτωση της ανεστραμμένης πτήσεως του αεροσκάφους.

β) Να εξασφαλίζει ανεξάρτητα από τις παραπάνω δυναμικές συνθήκες την ομοιογένεια του μίγματος που παρέχει.

γ) Να εξασφαλίζει τη σταθερή αναλογία του μίγματος με τρόπο αυτόματο, ανεξάρτητα από θερμοκρασία και πίεση, οι οποίες επηρεάζονται αισθητά από το υψόμετρο της πτήσεως του αεροσκάφους με τη βοήθεια του καλούμενου **υψομετρικού διορθωτή**.

δ) Να επιτυγχάνει αυτόματο εμπλουτισμό του μίγματος σε περιπτώσεις απαιτήσεων πλήρους ισχύος από τον κινητήρα.





Σχ. 3.13.

1) Ελατήριο ελέγχου εισόδου αέρα. 2) Κοχλίας ελέγχου εισερχόμενου αέρα. 3) Ελατήριο ελέγχου επιταχύνσεως. 4) Βάκτρο επιταχυντή. 5) Βαλβίδα επιταχυντή με κιβώτιο. 6) Διαχυτήρας. 7) Λαϊμός προσαρμογής του εξαεριωτή στον κινητήρα. 8) Σύνδεσμος προσαρμογής του εξαεριωτή στον κινητήρα. 9) Παροχή αέρα άφορτης λειτουργίας (ρελαντί). 10) Αναβρυτήρας (ζικλέρ) άφορτης λειτουργίας. 11) Διαχυτήρας μέγιστης παροχής. 12) Αναβρυτήρας μέγιστης παροχής. 13) Βαλβίδα πλωτήρα. 14) Πλωτήρας. 15) Δοχείο βενζίνης. 16) Κομβίο ενεργοποιήσεως του πλωτήρα. 17) Βαλβίδα αέρα με κιβώτιο. 18) Σάλπιγγα αναρροφήσεως αέρα.

ε) Να περιορίζει αυτόματα σε κινητήρες με συμπιεστή υπερτροφοδοτήσεως την πίεση τροφοδοτήσεως στις περιπτώσεις ελαττωμένης ιπποδυνάμεως του κινητήρα.

στ) Να επιτρέπει την ταχύτατη διακοπή της τροφοδοτήσεως του κινητήρα με χειροκίνητη διάταξη σε περιπτώσεις κινδύνου πυρκαϊάς.

ζ) Να επιτυγχάνει επαρκή θέρμανση του ίδιου του εξαεριωτή και των αγωγών που συνδέονται με αυτόν ειδικά σε αεροσκάφη ιπτάμενα σε μεγάλα ύψη, όπου λόγω και του μεγάλου ποσού θερμότητας, το οποίο απορροφάται κατά την εξάτμιση της βενζίνης, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να σχηματισθεί πάγος από την υγρασία της ατμόσφαιρας.

Αυτό αντιμετωπίζεται είτε με προθέρμανση του αέρα με τα θερμά καυσαέρια της εξαγωγής είτε με θέρμανση των μερών για τα οποία υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού πάγου, με το θερμό ύδωρ της κυκλοφορίας ή με το θερμό έλαιο λιπάνσεως ή με τα καυσαέρια της εξαγωγής είτε τέλος με εισαγωγή αντιψυκτικών μιγμάτων (γενικά με βάση την άνυδρη αλκοόλη), τα οποία όταν αναμιγνύονται με την υγρασία του

αέρα, χαμηλώνουν το σημείο πήξεώς της.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω απαιτήσεων η Τεχνική στράφηκε προς τη γενική κατεύθυνση της υπό πίεση εγχύσεως της βενζίνης. Εδημιουργήθηκαν έτσι δύο Σχολές από τις οποίες η μία, η Γερμανική, επιδίωξε την επίλυση του προβλήματος με ριζικό τρόπο με μηχανική έγχυση της βενζίνης, όπως περίπου γίνεται στους κινητήρες Diesel. Η άλλη σχολή, η Αγγλοαμερικανική, απέβλεψε στην τροποποίηση και την τελειοποίηση του κλασσικού εξαεριωτή και κατέληξε στη διαμόρφωση του εξαεριωτή με εγχυτήρα βενζίνης, στον οποίο η βενζίνη εγχέεται συνεχώς μέσα στον οχετό του αέρα με τη βοήθεια εγχυτήρα υπό πολύ χαμηλή πίεση 1,3 - 1,4 bar και με τη μορφή ομίχλης. Έτσι επιτυγχάνεται η τέλεια ανάμιξή της με τον καυσιγόνο αέρα και σχηματίζεται το ομοιογενές μίγμα καυσίμου - αέρα το οποίο θα συμπιεσθεί στη συνέχεια μέσα στον κύλινδρο, για να αναφλεγεί σύμφωνα με τα γνωστά, την κατάλληλη στιγμή με τη βοήθεια του σπινθηριστή. Το τελευταίο σύστημα ονομάζεται και σύστημα **συνεχούς εγχύσεως** ή σύστημα εγχύσεως υπό **χαμηλή πίεση**.

Στην περίπτωση κινητήρων με αεροσυμπιεστή υπετροφοδοτήσεως, η έγχυση της βενζίνης πραγματοποιείται μέσα στον οχετό του αέρα μετά τη δικλείδα και λίγο πριν από τον αεροσυμπιεστή.

### **3.14.2 Εξαεριωτής με εγχυτήρα τύπου Bendix - Stromberg.**

Για την εφαρμογή των όσων προηγουμένως αναφέρθηκαν χρησιμοποιείται ευρέως ο εξαεριωτής Bendix - Stromberg (σχ. 3.14).

Η λειτουργία του γίνεται ως εξής:

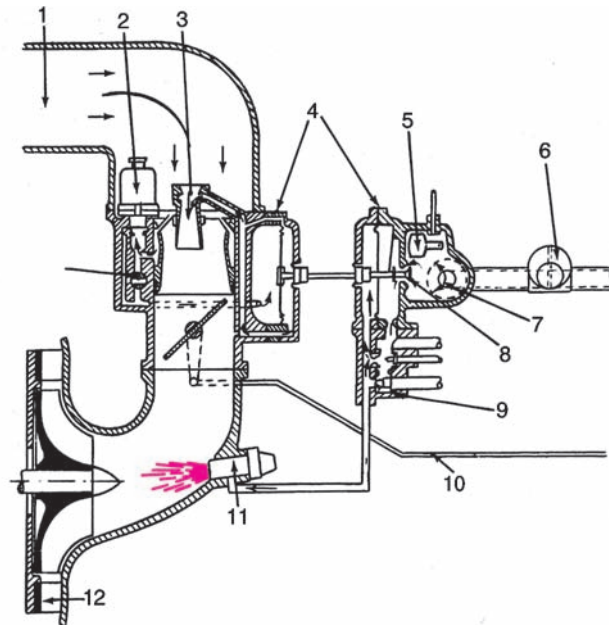
Στην αρχή το καύσιμο εγχέεται υπό πίεση στην είσοδο του συμπιεστή 12. Η ρύθμιση της ποσότητας του καυσίμου γίνεται αυτόματα με τη βοήθεια μιας ρυθμιστικής διατάξεως 4 ευαίσθητης στην πίεση του αέρα, που περνά από το διαχυτήρα, ώστε η ποσότητα του καυσίμου, το οποίο εγχέεται, να είναι ανάλογη με την ποσότητα του αέρα, ο οποίος διέρχεται προς τον κύλινδρο. Η τελευταία εξαρτάται από το άνοιγμα διόδου, που αφήνει κάθε φορά η θέση της ρυθμιστικής δικλείδας (πεταλούδας) 10. Η σωστή αναλογία του μίγματος επιτυγχάνεται τελικά μετά από κατάλληλη διόρθωσή της από ειδική για το σκοπό αυτό διάταξη, που ελέγχεται από τη βαρομετρική «κάψουλα» 2.

Εκτός από την αυτόματη αυτή ρύθμιση υπάρχουν επίσης και ορισμένα χειριστήρια με τα οποία μέσω βαλβίδων μπορεί να αλλάξει η αναλογία του μίγματος, ώστε αυτό να είναι κατάλληλο για τις διάφορες κάθε φορά συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, δηλαδή για την άφορτη λειτουργία του, τη λειτουργία του σε συνηθισμένη πορεία, τις συνθήκες λειτουργίας του σε υπερφόρτωση και τη λειτουργία του σε κίνδυνο.

Ο τύπος αυτός του εξαεριωτή με έγχυση της βενζίνης επιτυγχάνει την ασφαλέστερη λειτουργία για τα αεροσκάφη, γιατί αποτρέπει το σχηματισμό πάγου στο διαχυτήρα και εγγυάται την κανονική παροχή του καυσίμου ακόμη και στις πιο δύσκολες συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα, όπως η περίπτωση των ακροβατικών πτήσεων.

Εκτός από αυτά επιτυγχάνει ακριβώς τη ρύθμιση της ορθής κάθε φορά αναλογίας του μίγματος με αποτέλεσμα και τη βελτίωση της ειδικής καταναλώσεως του καυσίμου και της μέσης πραγματικής πιέσεως συγκριτικά με το συνηθισμένο κλασσικό τύπο εξαεριωτή.





Σχ. 3.14.

1) Εισαγωγή αέρα. 2) Βαρομετρική «κάψουλα». 3) Ρυθμιστικός διαχυτήρας. 4) Ρυθμιστικό συγκρότημα. 5) Αποχωριστής ατμών βενζίνης. 6) Αντλία καυσίμου. 7) Φίλτρο καυσίμου. 8) Βαλβίδα εισαγωγής της βενζίνης. 9) Κιβώτιο βαλβίδων. 10) Μοχλός χειρισμού της δικλείδας (πεταλούδας). 11) Εγχυτήρας βενζίνης. 12) Συμπιεστής υπερτροφοδότησης. 13) Βαλβίδα απομονώσεως της βαρομετρικής κάψουλας.

### 3.15 Η μηχανική έγχυση της βενζίνης.

#### 3.15.1 Γενικά.

Η μηχανική έγχυση, της οποίας τα πλεονεκτήματα αναφέραμε στην παράγραφο 3.14.1, εφαρμόζεται και σε βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων, όπως π.χ. των εργοστασίων Peugeot (Πεζώ), Mercedes - Benz (Μερσεντές Μπενζ) κ.ά.

Οι κινητήρες, στους οποίους χρησιμοποιείται η μηχανική έγχυση, είναι συνηθισμένοι κινητήρες με ηλεκτρική ανάφλεξη με τη βοήθεια σπινθηριστή, στους οποίους το μίγμα καυσίμου - αέρα σχηματίζεται κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο ή στον αγωγό εισαγωγής του κυλίνδρου πριν από τη βαλβίδα εισαγωγής με τμηματικές κάθε φορά εγχύσεις βενζίνης, τις οποίες παρέχει ο εγχυτήρας.

Οι κινητήρες αυτοί δεν πρέπει να συγχέονται με τους κινητήρες Diesel, παρ' όλο ότι μοιάζουν πολύ με αυτούς, δεδομένου ότι και η ανάφλεξη και η καύση γίνονται με όμοιο ακριβώς τρόπο όπως στους κινητήρες με εξαεριοτή.

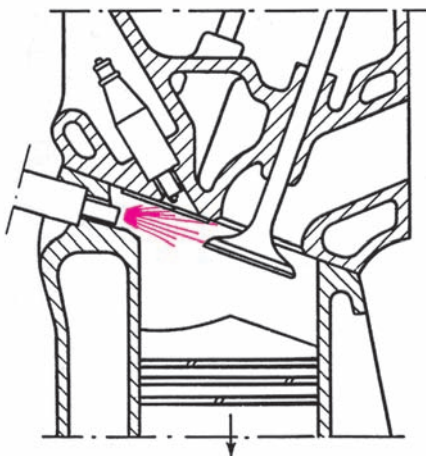
Ένα πλεονέκτημα των κινητήρων με μηχανική έγχυση βενζίνης είναι ότι, επειδή με τη μέθοδο της εγχύσεως η βενζίνη παραμένει μέσα στον κύλινδρο λιγότερο χρόνο, μέχρι να αναφλεγεί από το σπινθηριστή υπόκειται λιγότερο στους παράγοντες

εκείνους, οι οποίοι προκαλούν την κρουστική καύση, και επιτρέπει έτσι μεγαλύτερο βαθμό συμπίεσης του κυλίνδρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επαύξηση της μέσης ενδεικτικής πίεσεως του κινητήρα, δηλαδή της ενδεικτικής ιπποδυναμείας του.

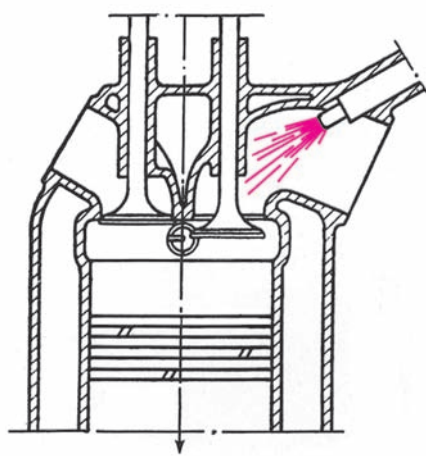
Σε **κινητήρες 4 χρόνων** η μηχανική έγχυση πραγματοποιείται κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο (σχ. 3.15α) ή μέσα στον αγωγό αναρροφήσεως του κυλίνδρου ακριβώς πριν από τη βαλβίδα αναρροφήσεως (σχ. 3.15β).

Η έγχυση στον αγωγό γίνεται γενικά κατά τη διάρκεια της φάσεως αναρροφήσεως ή και νωρίτερα, όταν δηλαδή η βαλβίδα αναρροφήσεως είναι ακόμα κλειστή. Όταν πάλι γίνεται κατευθείαν μέσα στον κύλινδρο, μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια της συμπίεσεως, οπότε και η εξάτμιση της βενζίνης είναι πιο εύκολη. Αυτό πάντως γίνεται απαραίτητα σε κινητήρες που είναι εφοδιασμένοι με συμπιεστή υπερτροφοδοτήσεως.

Η διάρκεια της εγχύσεως ποικίλλει ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα, δηλαδή ανάλογα με την ποσότητα του καυσίμου, που πρέπει να εισαχθεί στον κύλινδρο ανά κύκλωμα. Συνήθως διαρκεί για τις συνθήκες πλήρους φορτίου, από 20° ως 100° μετά το Α.Ν.Σ. κατά τη φάση της εισαγωγής του αέρα, δηλαδή περίπου 80° γωνίας



Σχ. 3.15α.



Σχ. 3.15β.

περιστροφής του στροφάλου.

Οι συνθήκες τετράχρονοι κινητήρες με μηχανική έγχυση παρουσιάζουν κατά 10% - 15% μικρότερη κατανάλωση καυσίμου συγκριτικά με τους κινητήρες με εξαεριωτή. Επίσης και μικρή αύξηση της ιπποδυναμείας τους.

Το σχήμα 3.15γ παριστάνει ένα τυπικό σπειροειδές διάγραμμα ρυθμίσεως ενός τετράχρονου βενζινοκινητήρα με μηχανική έγχυση για το πλήρες φορτίο του όπου είναι:

ΑΒ: **αναρρόφηση** αέρα.

ΗΘ: **έγχυση βενζίνης** κατά τη διάρκεια της αναρροφήσεως.

ΒΓ: **συμπίεση** του μίγματος.

ΓΔ: **ανάφλεξη - καύση**.

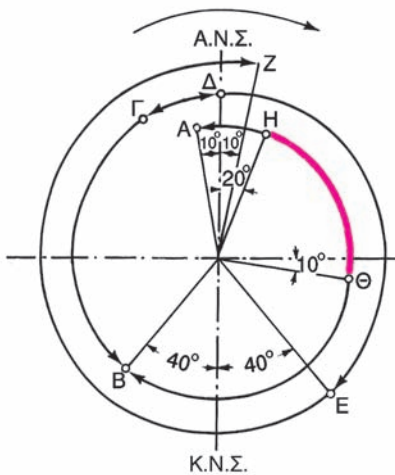
ΔΕ: **εκτόνωση**.

ΕΖ: **εξαγωγή**.

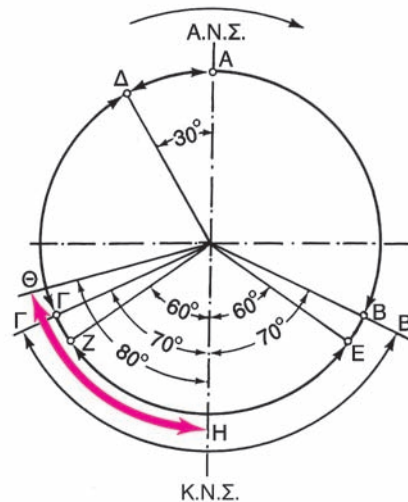
Η πίεση της εγχύσεως κυμαίνεται από 30 - 50 bar και μερικές φορές σε μεγαλύτερες τιμές.

Σε **κινητήρες 2 χρόνων**, η μηχανική έγχυση έχει μικρότερη εφαρμογή. Και σε αυτούς πάντως παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τους κινητήρες 2 χρόνων με εξαεριωτή, όπως βασικά μικρότερη κατανάλωση και αυξημένη ιπποδύναμη.

Η πίεση της εγχύσεως είναι και στην περίπτωση των δίχρονων κινητήρων περίπου 30 - 50 bar. Η ευνοϊκότερη στιγμή ενάρξεως της εγχύσεως είναι, όταν το έμβολο βρίσκεται περίπου στο Κ.Ν.Σ., οπότε γίνεται και καλή εκμετάλλευση του στροβιλισμού



Σχ. 3.15γ.



Σχ. 3.15δ.

του αέρα κατά τη διάρκεια της σαρώσεως του κυλίνδρου για το σχηματισμό ομοιομερούς μίγματος. Η διάρκεια της εγχύσεως εξαρτάται και εδώ από το φορτίο.

Το σχήμα 3.15δ παριστάνει ένα τυπικό διάγραμμα ρυθμίσεως της λειτουργίας ενός συνηθισμένου δίχρονου κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης, για πλήρες φορτίο όπου βλέπομε ότι είναι:

ΑΒ: **εκτόνωση**.

ΒΓ: **εξαγωγή** καυσαερίων.

ΕΖ: **εισαγωγή** αέρα ή σάρωση.

ΗΘ: **έγχυση** βενζίνης.

ΓΔ: **συμπίεση** του μίγματος.

ΔΑ: **ανάφλεξη, καύση**.

### 3.15.2 Το δίκτυο τροφοδοτήσεως του κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης.

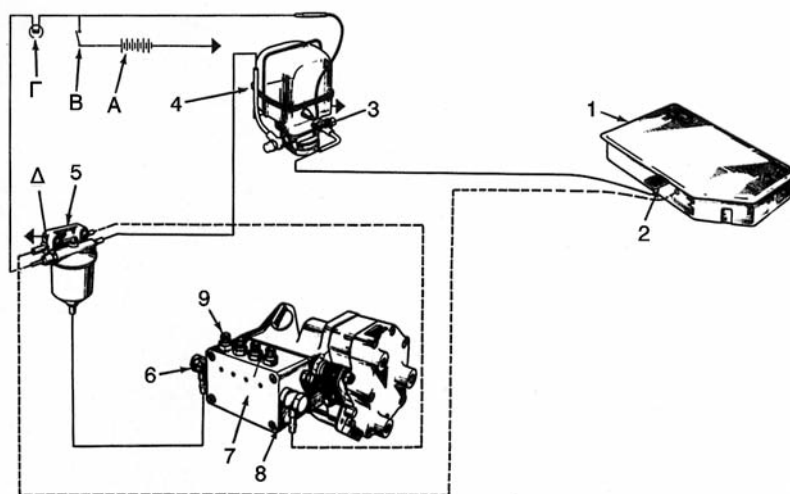
Το σχήμα 3.15ε παριστάνει ένα τυπικό διάγραμμα του δικτύου τροφοδοτήσεως

του κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης, όπως ακριβώς χρησιμοποιείται σε ορισμένη κατηγορία αυτοκινήτων των εργοστασίων Peugeot.

Με την πλήρη γραμμή στο διάγραμμα αυτό παριστάνεται η κυκλοφορία της παροχής της βενζίνης και με την εστιγμένη η κυκλοφορία των επιστροφών.

Η λειτουργία του όλου συστήματος έχει ως εξής:

Η ηλεκτρική αντλία παροχής βενζίνης 4 ενεργεί μόλις κλείσει κύκλωμα ο ηλεκτρικός διακόπτης Β, αναρροφεί τη βενζίνη από το δοχείο 1 μέσω του φίλτρου 2, την καταθλίβει προς το κυρίως φίλτρο 5 και στη συνέχεια μέσω του φίλτρου 6 προς την αντλία μηχανικής εγχύσεως 7. Η αντλία μηχανικής εγχύσεως καταθλίβει την απαιτούμενη στιγμή την καθορισμένη ανάλογα με το φορτίο ποσότητα βενζίνης προς κάθε ένα από τους κυλίνδρους με τους σωληνίσκους, οι οποίοι προσαρμίζονται



Σχ. 3.15ε.

1) Δοχείο βενζίνης. 2) Φίλτρο αναρροφήσεως βενζίνης. 3) Προ-φίλτρο αντλίας παροχής βενζίνης. 4) Ηλεκτρική αντλία παροχής βενζίνης. 5) Κύριο φίλτρο. 6) Προ-φίλτρο αντλίας μηχανικής εγχύσεως. 7) Σώμα αντλίας. 8) Επιστροφές βενζίνης προς το κύριο φίλτρο. 9) Σύνδεσμος σωληνώσεων καταθλίψεως προς καυστήρες.

Α) Συσσωρευτές. Β) Ηλεκτρικός διακόπτης. Γ) Ενδεικτική λυχνία βενζίνης σε πίνακα οργάνων. Δ) Πιεζοστατικός διακόπτης βενζίνης ρυθμισμένος σε 0,5 bar.

στους συνδέσμους 9 και υπό υψηλή πίεση, 30 bar περίπου. Η πλεονάζουσα ποσότητα βενζίνης επιστρέφει από την αντλία μηχανικής εγχύσεως στο κυρίως φίλτρο 5 και από εκεί στο δοχείο βενζίνης 1.

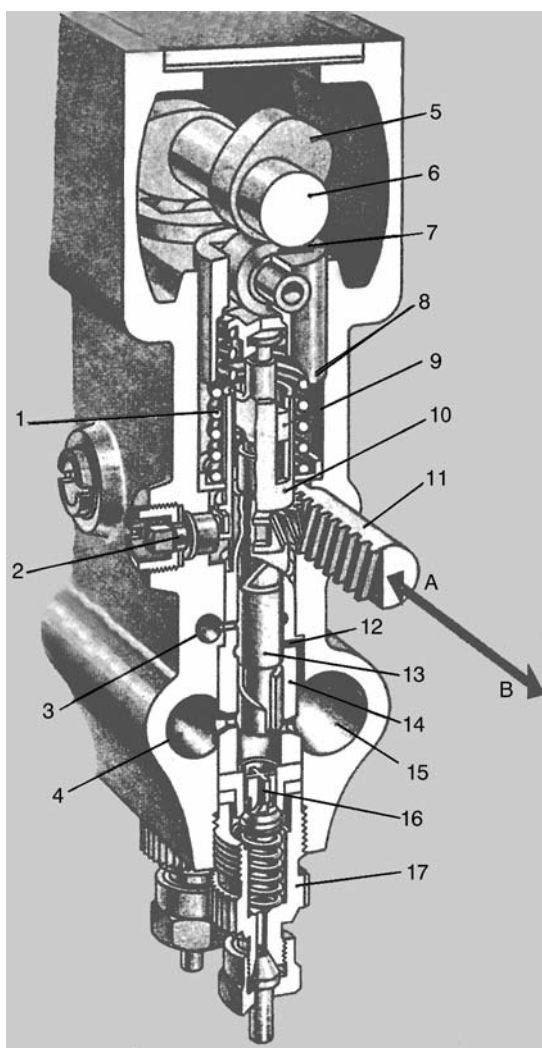
### 3.15.3 Αντλία βενζίνης μηχανικής εγχύσεως.

Έργο της αντλίας μηχανικής εγχύσεως της βενζίνης (σχ. 3.15στ) είναι η κατάθλιψη προς κάθε ένα από τους κυλίνδρους της αναγκαίας ποσότητας καυσίμου τη δεδομένη στιγμή και η διακοπή της, η οποία εξαρτάται και από το στιγμιαίο φορτίο της μηχανής.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι η ταχύτητα περιστροφής (στρ/λεπτό) του εκκεντροφόρου άξονα 6 των αντλιών μηχανικής εγχύσεως, στις τετράχρονες μηχανές, όπου έχουμε σε κάθε 2 στροφές μία έγχυση, είναι ίση με το 1/2 του αριθμού στροφών του κινητήρα, στις δίχρονες όμως όπου έχουμε σε κάθε 1 στροφή και μία έγχυση, είναι ίση ακριβώς με τον αριθμό του κινητήρα. Το ίδιο άλλωστε συμβαίνει όπως θα δούμε και στις αντλίες μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου στις μηχανές Diesel.

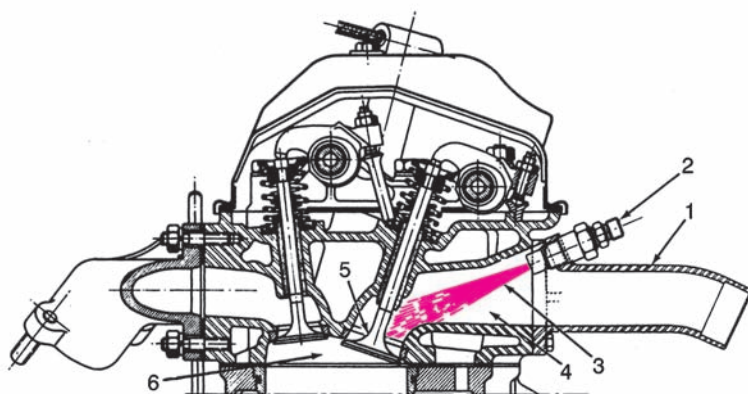
### 3.15.4 Εγχυτήρας μηχανικής εγχύσεως της βενζίνης.

Η βαλβίδα του εγχυτήρα αυτού ανοίγει με την πίεση, την οποία δημιουργεί η αντλία μηχανικής εγχύσεως, και επιτρέπει την έγχυση της βενζίνης τη δεδομένη στιγμή. Κλείνει επίσης σε δεδομένη στιγμή, όταν παύσει να ενεργεί η πίεση της



μηχανικής εγχύσεως από την αντλία με τη βοήθεια του επανατακτικού ελατηρίου της βαλβίδας.

Το σχήμα 3.15ζ παριστάνει κυρίως τον κώνο εγχύσεως της βενζίνης πριν από τη βαλβίδα από τον εγχυτήρα σε ένα κινητήρα τύπου Peugeot.



Σχ. 3.15ζ.

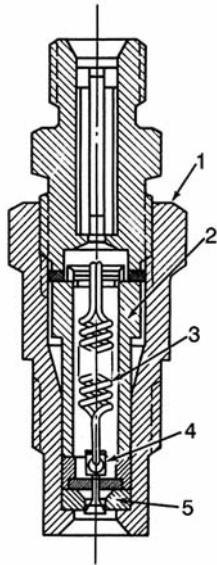
- 1) Οχετός εισαγωγής αέρα. 2) Εγχυτήρας μηχανικής εγχύσεως. 3) Κώνος εγχύσεως βενζίνης.
- 4) Θάλαμος αναρροφήσεως. 5) Βαλβίδα εισαγωγής. 6) Θάλαμος καύσεως.



Σχ. 3.15στ.

- 1) Ελατήριο επαναφοράς. 2) Ρύθμιση του στοιχείου της αντλίας. 3) Συλλέκτης διαφυγών βενζίνης. 4) Συλλέκτης επιστροφής βενζίνης. 5) Έκκεντρο. 6) Εκκεντροφόρος άξονας. 7) Τρόχιλος κινήσεως του εμβόλου της αντλίας (ράουλο). 8) Ωστήριο. 9) Πτερύγιο περιστροφής του εμβολίσκου της αντλίας. 10) Χιτώνιο ρυθμίσεως της περιφερειακής θέσεως του εμβολίσκου της αντλίας. 11) Οδοντωτός κανόνας μεταβολής της θέσεως του ρυθμιστικού χιτωνίου. 12) Λαιμός εξαγωγής. 13) Εμβολίσκος της αντλίας. 14) Κύλινδρος της αντλίας. 15) Θάλαμος αναρροφήσεως. 16) Βαλβίδα καταθλίψεως. 17) Σύνδεσμος.

A) Κατεύθυνση κινήσεως του οδοντωτού κανόνα για μεγαλύτερη παροχή βενζίνης. B) Κατεύθυνση κινήσεως του οδοντωτού κανόνα για μικρότερη παροχή βενζίνης.



Σχ. 3.15η.

- 1) Περίβλημα εγχυτήρα. 2) Σώμα εγχυτήρα.
- 3) Επανατακτικό ελατήριο βαλβίδας. 4) Βαλβίδα.
- 5) Έδρα βαλβίδας.

Το σχήμα 3.15η παριστάνει σε τομή τον καυστήρα ο οποίος χρησιμοποιείται στον κινητήρα αυτόν και το σχήμα 3.15θ τον ίδιο αυτόν καυστήρα εξαρμοσμένο σε προοπτική απεικόνιση.



Σχ. 3.15θ.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΛΕΞΕΩΣ ΣΤΙΣ BENZINOMΗΧΑΝΕΣ

#### 4.1 Γενικά.

Η αναγκαία για την ανάφλεξη του μίγματος καυσίμου - αέρα σπινθηροδότηση μέσα στο θάλαμο καύσεως του κυλίνδρου, είναι δυνατόν να παραχθεί με τα εξής συστήματα:

- α) Με ηλεκτρικές στήλες.
- β) Με συσσωρευτές (μπαταρίες).
- γ) Με δυναμοηλεκτρική μηχανή (δυναμό).
- δ) Με μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό).
- ε) Με ηλεκτρονική ανάφλεξη.
- στ) Με φωτοκύτταρο.

Όλα τα συστήματα ρευματοδοτήσεως έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε βασικά το σύστημα με συσσωρευτές το οποίο χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα και είναι το συνηθέστερο και παρουσιάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα. Σε γενικές γραμμές θα περιγράψουμε το σύστημα με μαγνητοηλεκτρική μηχανή, το σύστημα με ηλεκτρονική ανάφλεξη και το σύστημα με φωτοκύτταρο.

#### 4.2 Σύστημα αναφλέξεως με συσσωρευτές.

##### 4.2.1 Περιγραφή.

Για να δημιουργηθεί ο σπινθήρας, ο οποίος θα προκαλέσει την ανάφλεξη του μίγματος, απαιτείται ηλεκτρικό ρεύμα με υψηλή τάση. Την τάση αυτή δημιουργεί το σύστημα αναφλέξεως και την οδηγεί διαδοχικά μέσα σε κάθε έναν από τους κυλίνδρους της μηχανής.

Το σύστημα αναφλέξεως με συσσωρευτές παριστάνεται με διάγραμμα στο σχήμα 4.2α και είναι κύκλωμα **ενός αγωγού**, όπως λέμε, γιατί ως δεύτερος αγωγός επιστροφής του ρεύματος χρησιμοποιείται το μεταλλικό σώμα της μηχανής.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα και όργανα:

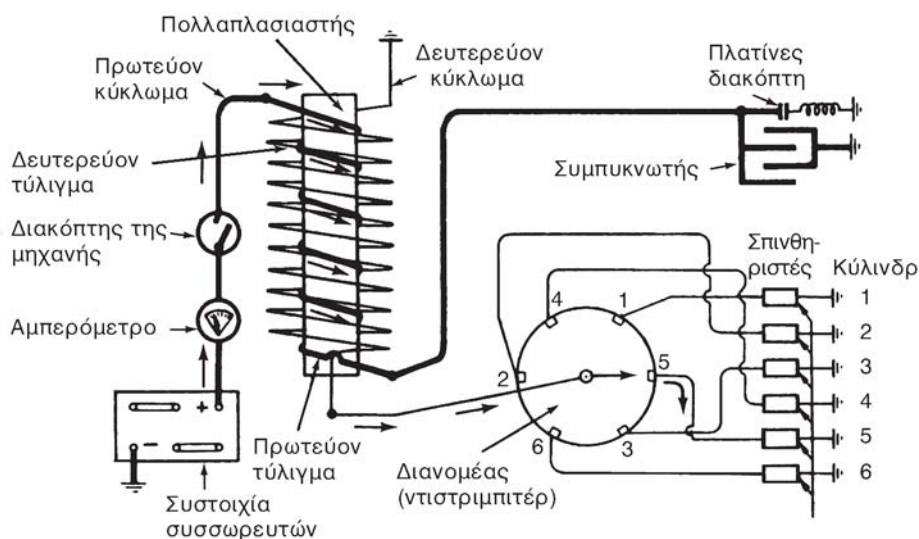
α) **Συστοιχία των συσσωρευτών** 6 ως 12 Volt, β) **αμπερόμετρο**, γ) **διακόπτη** της μηχανής, δ) **πολλαπλασιαστή**, ε) **διακόπτη με τις πλατίνες**, στ) **διανομέα**, ζ) **σπινθηριστές**.

Τα περισσότερα ενδιαφέροντα από τα παραπάνω εξαρτήματα είναι τα τέσσερα τελευταία, τα οποία και θα εξετάσουμε με λεπτομέρεια παρακάτω:

– Ο **πολλαπλασιαστής** αποτελείται από ένα σιδερένιο πυρήνα, πάνω στον οποίο υπάρχουν δύο τυλίγματα, το **πρωτεύον τύλιγμα**, που αποτελείται από λίγες αλλά χονδρές σπείρες, και το **δευτερεύον**, που αποτελείται από πολλές αλλά λεπτές σπείρες.

Από το πρωτεύον τύλιγμα περνά συνεχώς το ρεύμα, που παρέχουν οι συσσωρευτές. Όταν το ρεύμα διακοπεί απότομα, μέσα στο δευτερεύον κύκλωμα γεννιέται ρεύμα με πολύ μεγαλύτερη τάση, το οποίο δημιουργεί το σπινθήρα αναφλέξεως.

– Ο **διακόπτης με τις πλατίνες** (σχ. 4.2β) είναι το όργανο που διακόπτει την κατάλληλη στιγμή το συνεχές ρεύμα, του πρωτεύοντος κυκλώματος και προκαλεί τη δημιουργία του ρεύματος υψηλής τάσεως για το σπινθήρα. Κατά κανόνα περιέχεται μέσα στο κιβώτιο του



Σχ. 4.2α.

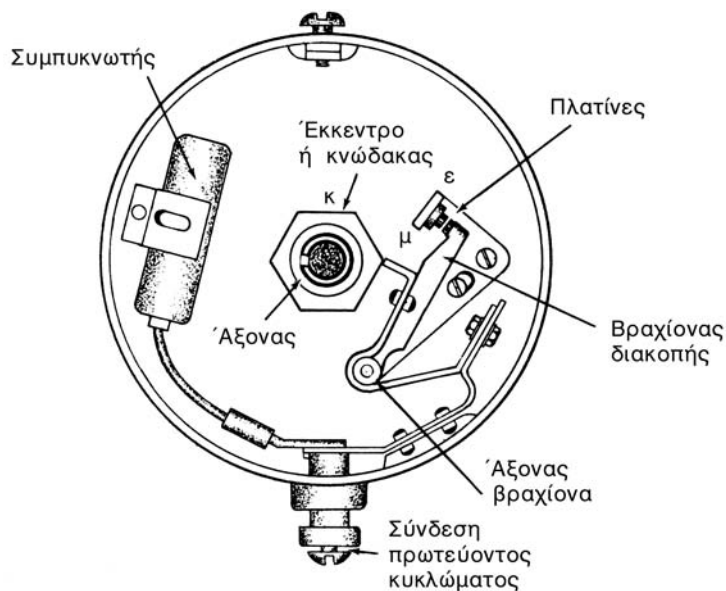
διανομέα.

– Ο **διανομέας** (σχ. 4.2β) είναι το όργανο, που οδηγεί στους σπινθηριστές, που βρίσκονται μέσα στους κύλινδρους, το ρεύμα της υψηλής τάσεως την κατάλληλη στιγμή κλείνοντας την αντίστοιχη επαφή.

Αποτελείται από έναν άξονα, ο οποίος κινείται από τον εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής μέσω συστήματος οδοντωτών τροχών. Ο άξονας του διανομέα, ο οποίος είναι και άξονας του διακόπτη, καταλήγει μέσα στο κιβώτιο του σε ένα πολυγωνικό εκκεντρο (κνώδακα), που έχει τόσες γωνίες, όσοι είναι και οι κύλινδροι της μηχανής (στο σχήμα 4.2β είναι 6).

Όταν το πολυγωνικό αυτό εκκεντρο περιστρέφεται, οι γωνίες του ενεργούν επάνω στο μοχλό  $\mu$ , ο οποίος μετακινείται έτσι, ώστε να προκαλεί τον αποχωρισμό των δύο επαφών  $\epsilon$ , που είναι κατασκευασμένες από πλατίνα. Με τον αποχωρισμό των επαφών προκαλείται η διακοπή του ρεύματος στο πρωτεύον κύκλωμα του πολλαπλασιαστή με αποτέλεσμα να γεννιέται μέσα στο δευτερεύον κύκλωμα ρεύμα εξ επαγωγής υψηλής τάσεως μέχρι και 20.000 Volt.

Μέσα στο κιβώτιο του διανομέα υπάρχει επίσης ο **συμπυκνωτής**. Αυτός έχει προορισμό να εμποδίζει τη δημιουργία σπινθήρων μεταξύ των πλατινών  $\epsilon$  τη στιγμή που απομακρύνεται η μία από την άλλη, και να προλαβαίνει με αυτόν τον τρόπο την καταστροφή της πλατίνας των επαφών. Αυτό, γιατί, όπως γνωρίζουμε από τον Ηλεκτρισμό, όταν διακόπτεται ένα κύκλωμα, υπάρχει πάντοτε η τάση να δημιουργηθεί σπινθήρας στα σημεία της διακοπής. Αν όμως



Σχ. 4.2β.

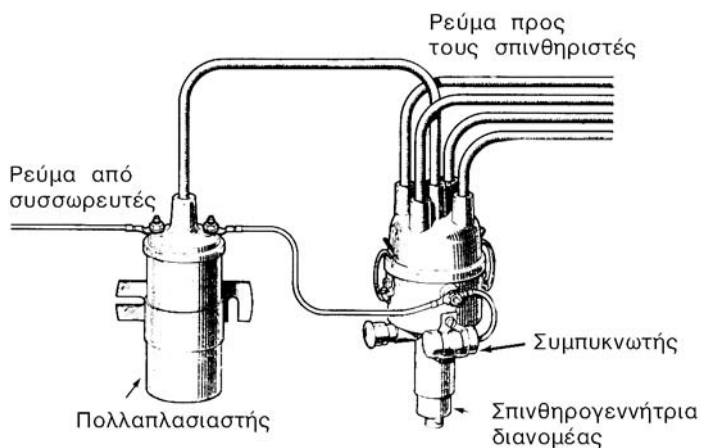
παράλληλα με το διακόπτη τοποθετηθεί ένας συμπυκνωτής, τότε το ρεύμα των σπινθίρων περνά μέσα από τον πυκνωτή χωρίς να προκαλέσει καμιά ζημιά.

Ο διανομέας έχει επίσης έναν περιστρεφόμενο δακτύλιο δ (σχ. 4.2α), που περιστρέφεται με τον άξονά του και κλείνει διαδοχικά το κύκλωμα με κάθε ένα από τα καλώδια, τα οποία οδηγούν το ρεύμα στους σπινθηριστές των κυλίνδρων.

Το σχήμα 4.2γ παριστάνει τον πολλαπλασιαστή και το συγκρότημα του διανομέα με εξωτερικό συμπυκνωτή καθώς και τις συνδέσεις τους για τετρακύλινδρη μηχανή.

Στο σχήμα 4.2δ έχουμε το διανομέα σε φωτογραφία.

– Ο **σπινθηριστής** (μπουζί) (σχ. 4.2ε) είναι το όργανο, το οποίο δίνει το σπινθήρα στους

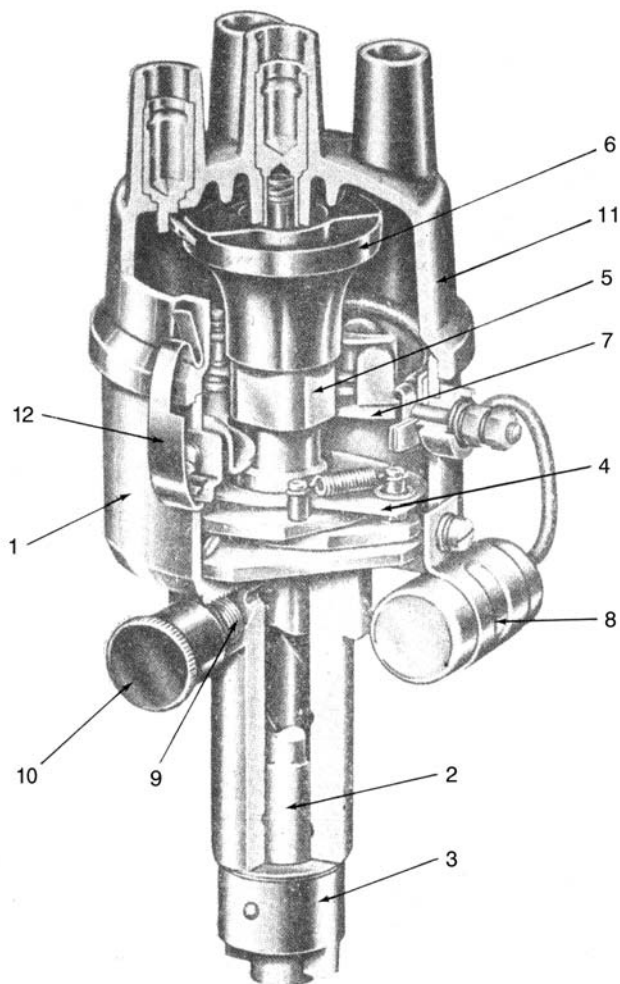


Σχ. 4.2γ.

κυλίνδρους.

Αποτελείται από ένα κεντρικό ηλεκτρόδιο, που περιβάλλεται από μονωτική πορσελάνη. Η πορσελάνη είναι τοποθετημένη μέσα στο μεταλλικό κέλυφος, που καταλήγει σε σπείρωμα, με το οποίο ο σπινθηριστής κοχλιώνεται στο πώμα του κυλίνδρου.

Το κέλυφος αυτό στο κατώτερο μέρος του καταλήγει σε ηλεκτρόδιο προσγειώσεως.



Σχ. 4.2δ.

1) Σώμα διανομέα. 2) Άξονας διανομέα. 3) Σύνδεσμος ελέγχου. 4) Διάταξη αυτόματης μεταβολής της προαναφλέξεως. 5) Πολυγωνικό έγκεντρο. 6) Στροφέο διανομέα. 7) Διακόπτης με πλατίνες. 8) Συμπυκνωτής. 9) Λιπαντήριο (γραιοσαδόρος). 10) Κοχλιωτό κάλυμμα λιπαντηρίου. 11) Πώμα διανομής με τις εξόδους των καλωδίων. 12) Ελατήρια συγκρατήσεως του πώματος.

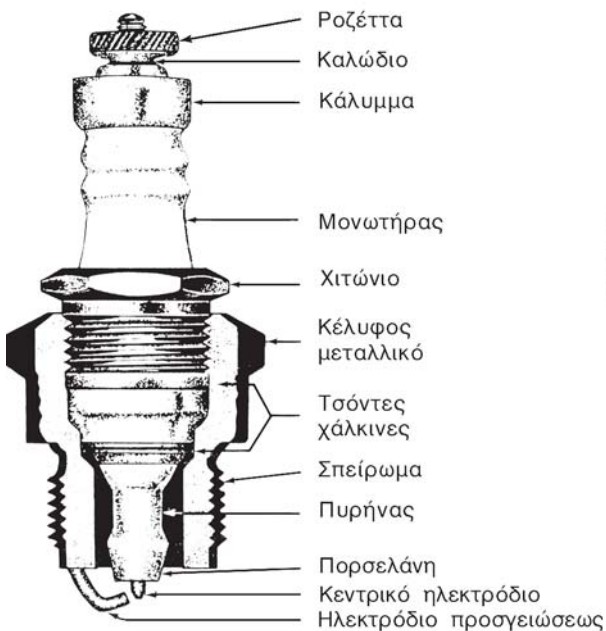
Ο σπινθηριστής τροφοδοτείται με ρεύμα από το διανομέα με το κεντρικό ηλεκτρόδιο και αμέσως μόλις κλείσει το κύκλωμα στο διανομέα, δημιουργείται ο σπινθήρας στο διάκενο, που υπάρχει μεταξύ του κεντρικού ηλεκτροδίου και του ηλεκτροδίου προσγειώσεως.

Το διάκενο αυτό το ρυθμίζουμε από 0,4 ως 0,8 mm και το μετράμε, όταν είναι ανάγκη, με λεπιδομετρητή (φύλλεο).

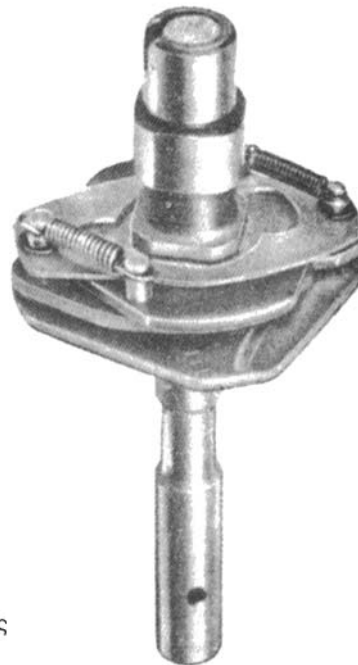
Ένα ουσιώδες χαρακτηριστικό του σπινθηριστή είναι η **θερμική διαβάθμισή** του. Με τον όρο αυτό εννοούμε τη θερμοκρασία στην οποία διατηρείται ο σπινθηριστής σε ώρα λειτουργίας. Η θερμότητα δηλαδή, η οποία παράγεται τη στιγμή της σπινθηροδοτήσεως, απάγεται προς το σώμα της μηχανής μέσω του κεντρικού ηλεκτροδίου και της πορσελάνης του. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δρόμος, που θα διανύσει η θερμότητα μέχρι να φθάσει στο σώμα της μηχανής, δηλαδή όσο μακρύτερος είναι ο σπινθηριστής, τόσο δυσκολότερα απάγεται αυτή και επομένως τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία στην οποία διατηρείται ο σπινθηριστής. Με το νόημα αυτό διακρίνουμε τους σπινθηριστές σε **ψυχρούς** και **θερμούς**. Η κάθε μηχανή χρειάζεται τον κατάλληλο σπινθηριστή. Αν χρησιμοποιήσουμε ψυχρότερο από τον κανονικό, τότε ο σπινθηριστής «λαδώνεται», όπως λέμε, με αποτέλεσμα να μη δίνει κανονικό σπινθήρα και η καύση, και συνεπώς και η λειτουργία της μηχανής, να μην είναι ομαλή.

Το όλο ηλεκτρικό κύκλωμα τέλος κλείνει με το σώμα της μηχανής και την αντίστοιχη προσγείωση των συσσωρευτών.

#### 4.2.2 Λειτουργία.



Σχ. 4.2ε.



Σχ. 4.2στ.

Η λειτουργία του παραπάνω συστήματος είναι η εξής:

Όταν η μηχανή στρέφεται, περιστρέφεται ταυτόχρονα μέσω οδοντωτών τροχών και ο άξονας του διανομέα. Οι κορυφές του πολυγωνικού εκκέντρου  $\kappa$  (σχ. 4.2β) απομακρύνουν τις πλατίνες των επαφών  $\epsilon$  και έτσι διακόπτεται το κύκλωμα στο τύλιγμα του πολλαπλασιαστή. Από τη διακοπή αυτή του πρωτεύοντος ρεύματος δημιουργείται στο δευτερεύον τύλιγμα ρεύμα εξ επαγωγής με υψηλή τάση 6000 ως και 20.000 Volt, σύμφωνα με τους νόμους του Ηλεκτρισμού. Το ρεύμα αυτό, με τη βοήθεια του περιστροφικού βραχίονα  $\delta$  (σχ. 4.2α) του διανομέα, μεταφέρεται στο σπινθηριστή του κυλίνδρου, μέσα στον οποίο πρόκειται να γίνει η ανάφλεξη. Εκεί δημιουργείται ο σπινθήρας, ο οποίος τελικά προκαλεί την ανάφλεξη.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι η ταχύτητα περιστροφής του διανομέα στις τετράχρονες μηχανές, όπου έχουμε μια καύση σε κάθε δύο στροφές της μηχανής, είναι το 1/2 της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, ενώ στις δίχρονες, όπου έχουμε μια καύση σε κάθε μια στροφή της μηχανής, είναι ίση με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

### 4.2.3 Η ρύθμιση της προανάφλεξης.

Όπως γνωρίζουμε ήδη, ο σπινθήρας πρέπει να δοθεί, πριν το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ. Την προπορεία αυτή της σπινθηροδότησης ονομάζουμε **προανάφλεξη**. Η ακριβής όμως στιγμή που θα δοθεί ο σπινθήρας δεν είναι πάντοτε η ίδια. Σε μικρές ταχύτητες της μηχανής δίνεται λίγες μοίρες πριν από το Α.Ν.Σ.· σε μεγαλύτερες όμως πρέπει να δοθεί πολύ νωρίτερα, ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος, για να προφθάσει να καεί τέλεια το μίγμα.

Η προανάφλεξη στις βενζινομηχανές μπορεί να φθάσει μέχρι και 40° πριν από το Α.Ν.Σ. και η μεταβολή της κατά τη λειτουργία πραγματοποιείται αυτόματα, ανάλογα με τις στροφές της μηχανής, με ιδιαίτερο μηχανισμό στο διανομέα.

Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί με τη βοήθεια **φυγοκεντρικού συστήματος** ή με τη βοήθεια του **κενού**, δηλαδή υποπίεσεως, το οποίο σχηματίζεται στην αναρρόφηση και το οποίο μεταβάλλεται με την αλλαγή των στροφών που γίνεται κάθε φορά. Σε μερικές μηχανές γίνεται συνδυασμός και των δύο τρόπων αυτόματης ρυθμίσεως της προανάφλεξης.

Το φυγοκεντρικό σύστημα (σχ. 4.2στ) περιλαμβάνει δύο κατάλληλα σχεδιασμένες μάζες οι οποίες στη θέση αναπαύσεως συγκρατούνται από δύο ελατήρια. Με την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής υπερνικούν, λόγω φυγοκέντρου δυνάμεως, την **ένταση** του ελατηρίου, αποκλίνουν από τη φυσική τους θέση και προκαλούν μια γωνιακή μετάθεση του πολυγωνικού εκκέντρου κατά την έννοια αύξησεως της γωνίας του ανοίγματος των επαφών έτσι, ώστε για κάθε ταχύτητα του κινητήρα να αντιστοιχεί ιδιαίτερη προανάφλεξη.

Στο σχήμα 4.2ζ παριστάνεται το σύστημα μεταβολής της προανάφλεξης από το κενό της μηχανής. Το κενό αυτό επιδρά επάνω σε μια μεμβράνη, η οποία κινεί ανάλογα το μηχανισμό περιστροφής του κιβωτίου του διανομέα και μεταβάλλει έτσι τη σχετική γωνία της σπινθηροδότησεως για ενωριότερη ή βραδύτερη προανάφλεξη ανάλογα με την ταχύτητα της μηχανής.

Στη θέση  $\alpha$  ο μηχανισμός βρίσκεται σε ελαττωμένη προανάφλεξη για τη βραδυπορεία (ρελαντί) με τη δικλείδα του εξαεριοτή κλειστή. Στη θέση  $\beta$  αντίστοιχα παρέχει αυξημένη γωνία προανάφλεξης σε μια μέση ταχύτητα του κινητήρα ανάλογα με την ενδιάμεση θέση της δικλείδας του εξαεριοτή.

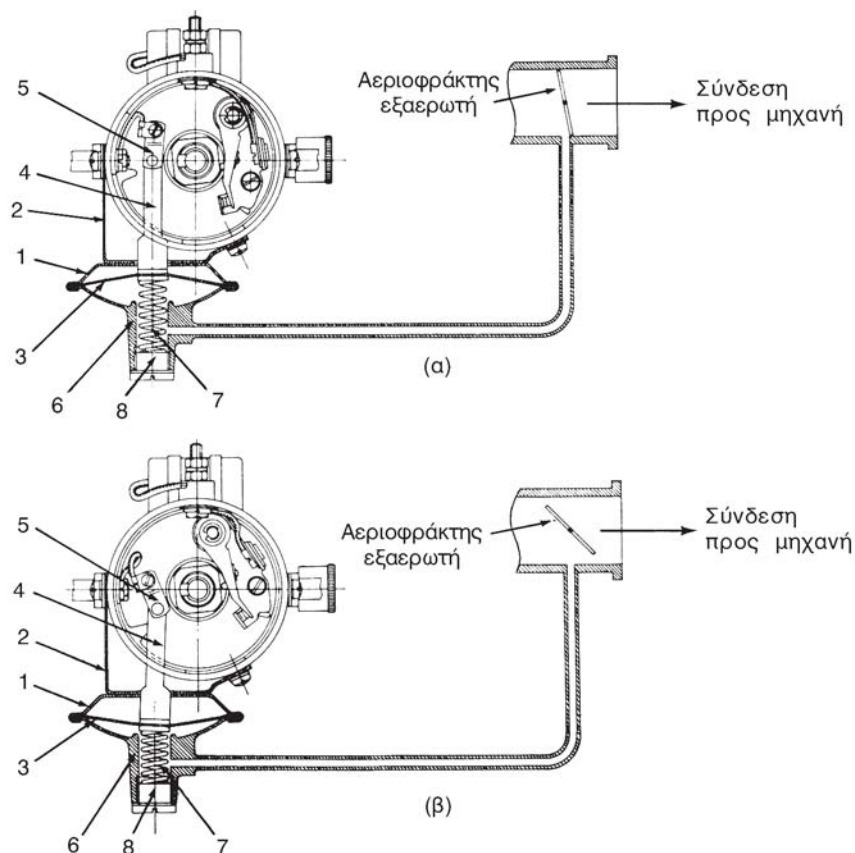
### 4.3 Σύστημα αναφλέξεως με μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό).

Στο σύστημα αυτό το «μανιατό» καταργεί τη συστοιχία των συσσωρευτών του προηγούμενου συστήματος και ενσωματώνει στην κατασκευή του τα κυκλώματα χαμηλής και υψηλής τάσεως.

Το «μανιατό» μπορεί να έχει περιστρεφόμενο πυρήνα και σταθερούς μόνιμους μαγνήτες (σχ. 4.3α) ή αντίστροφα περιστρεφόμενους μαγνήτες και σταθερό πυρήνα, όπως αυτό του σχήματος 4.3β.

Η σχετική κίνηση μεταξύ του πρωτεύοντος τυλίγματος και των ηλεκτρομαγνητών παράγει ένα εναλλασσόμενο ρεύμα στο πρωτεύον κύκλωμα, του οποίου η διακοπή δημιουργεί ρεύμα υψηλής τάσεως στο δευτερεύον κύκλωμα, όπως και στο σύστημα με συσσωρευτές αναφλέξεως.

Όσον αφορά την ταχύτητα περιστροφής του διανομέα του «μανιατού», αυτή είναι επίσης στην τετράχρονη μηχανή ίση με το 1/2 της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, ενώ στη



Σχ. 4.2ζ.

1) Κιβώτιο μηχανισμού. 2) Υποστήριγμα. 3) Μεμβράνη. 4) Αξονίσκος ελέγχου της μεταβολής της προαναφλέξεως. 5) Ωστήριο. 6) Κάλυμμα. 7) Ανταγωνιστικό ελατήριο. 8) Πώμα.

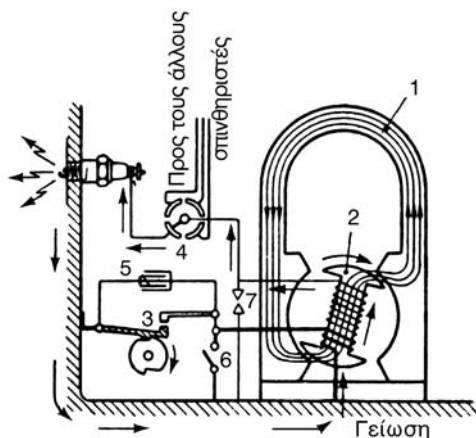


δίχρονη ίση ακριβώς με αυτή.

#### 4.4 Η ηλεκτρονική ανάφλεξη.

Αυτή εφαρμόζεται σε ορισμένους κινητήρες με υψηλό αριθμό στροφών και υψηλό βαθμό συμπίεσης, οι οποίοι απαιτούν σπινθήρα μεγάλης ισχύος.

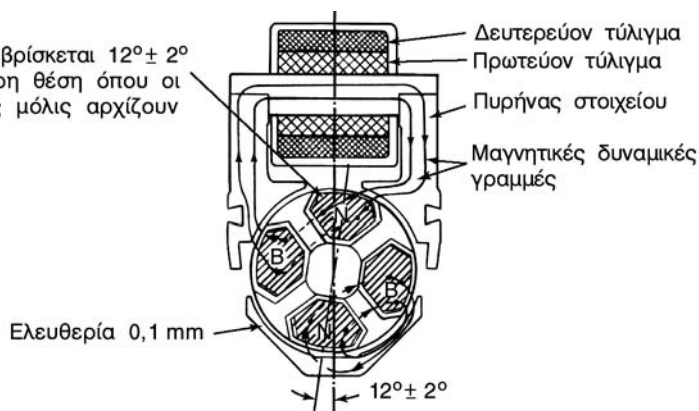
Με την ηλεκτρονική ανάφλεξη υπερηδώνται και ορισμένες αδυναμίες που παρουσιάζουν τα προηγούμενα συστήματα με συσσωρευτές ή μανιατό.



Σχ. 4.3α.

- 1) Μαγνήτης. 2) Περιστροφικός πυρήνας. 3) Διακόπτης με πλατίνες. 4) Διανομέας. 5) Συμπυκνωτής. 6) Απομονωτικός διακόπτης. 7) Εκφορτιστής.

Ο επάνω πόλος βρίσκεται  $12^\circ \pm 2^\circ$  μετά την ουδέτερη θέση όπου οι επαφές διακοπής μόλις αρχίζουν να ανοίγουν



Σχ. 4.3β.

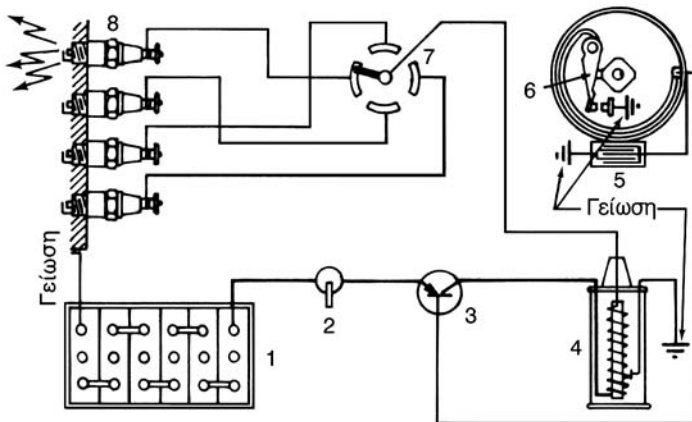
Στην ηλεκτρονική ανάφλεξη χρησιμοποιούνται τρανζίστορ για να ανοίγουν ή να κλείνουν το πρωτεύον ρεύμα του πολλαπλασιαστή, οι οποίοι ελέγχονται από το συνηθισμένο διανομέα, με ένα ρεύμα πολύ μικρής εντάσεως. Οι τρανζίστορ έχουν την ικανότητα να ενισχύουν το ρεύμα από το οποίο, όταν κλείνει η επαφή του διακόπτη στο διανομέα, το μικρό ρεύμα (περίπου 0,25 A) που διατρέχει το κύκλωμα βάσεως του τρανζίστορ, παράγει ένα ρεύμα ισχυρότερο, δηλαδή 7 A περίπου στο κύκλωμα ανόδου και κατόπιν στο πρωτεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή (σχ. 4.4).



Τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι: καλύτερη **εκκίνηση** «εν ψυχρώ», **υψηλότερες αποδόσεις στις μεγάλες ταχύτητες**, μεγαλύτερη **διάρκεια των επαφών** του διακόπτη και μεγαλύτερη **ασφάλεια αναφλέξεως** στη χαμηλή ταχύτητα του κινητήρα, όπως π.χ. κατά την κίνηση ενός αυτοκινήτου μέσα στην πόλη.

Πολλά άλλα συστήματα ηλεκτρονικής αναφλέξεως έχουν επινοηθεί, όπως π.χ. το σύστημα με **εκφόρτιση του συμπυκνωτή** που βασίζεται στη χρησιμοποίηση της εκφορτίσεως ενός συμπυκνωτή στο πρωτεύον κύκλωμα του πολλαπλασιαστή. Όταν κλείνουν οι επαφές του διακόπτη, ο συμπυκνωτής φορτίζεται από ένα μετατροπέα που ανυψώνει την τάση. Όταν πάλι ανοίγουν, ο συμπυκνωτής εκφορτίζεται στο πρωτεύον τύλιγμα του πολλαπλασιαστή από τον οποίο, όπως ξέρομε, δημιουργείται η υψηλή τάση.

Το σύστημα παρουσιάζει μια αδυναμία στο διακόπτη με τις πλατίνες, ο οποίος πρέπει να διακόπτει το ρεύμα με συχνότητες πολύ υψηλές και να εξασφαλίζει τη φάση τη στιγμή της αναφλέξεως.



Σχ. 4.4.

1) Συσσωρευτής. 2) Διακόπτης απομονώσεως. 3) Τρανζίστορ. 4) Πολλαπλασιαστής. 5) Συμπυκνωτής. 6) Διακόπτης με πλατίνες. 7) Διανομέας. 8) Σπινθηριστές.

Το μειονέκτημα αυτό αντιμετωπίζεται με το λεγόμενο σύστημα **χωρίς διακόπτη**, όπου το σήμα ελέγχου της αναφλέξεως μεταδίδεται με μαγνητικού τύπου μεταδότες. Αυτοί αντικαθιστούν τις πλατίνες. Η αρχή λειτουργίας του είναι η ακόλουθη:

Το έγκεντρο με τη σφύρα στο διανομέα αντικαθίσταται από ένα μικρό εναλλακτήρα που παράγει παλμικό ρεύμα σε φάση με τον άξονα του κινητήρα. Οι παλμοί ενισχύονται και τροποποιούνται έτσι, ώστε τα **σήματα** να είναι κατάλληλα για να ελέγχουν ένα κύκλωμα με εκφόρτιση συμπυκνωτή του τύπου που περιγράψαμε προηγουμένως.

#### 4.5 Η ανάφλεξη με φωτοκύτταρο.

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιείται ένα **φωτοκύτταρο** ή **ηλεκτρικό μάτι**.

Με αυτό αποφεύγεται η χρησιμοποίηση των πλατινών που αποτελούν πηγή ανωμαλιών στην ανάφλεξη.

Στη συσκευή αυτή χρησιμοποιείται μικρός ηλεκτρικός λαμπτήρας και ένας περιστρεφόμενος δίσκος, ο οποίος έχει τρύπες διατεταγμένες στην περιφέρειά του. Ο δίσκος περιστρέφεται ταυτόχρονα με τον κινητήρα μπροστά στον ηλεκτρικό λαμπτήρα και όπως οι τρύπες του περνούν μπροστά από το φως του λαμπτήρα, οι ακτίνες του φωτός περνούν και διακόπτονται εναλλάξ. Τη στιγμή που οι ακτίνες του φωτός διέρχονται από τις τρύπες, πέφτουν σε ένα φωτοκύτταρο τοποθετημένο από την άλλη πλευρά του δίσκου.

Όταν το φως του λαμπτήρα πέσει στην κάθοδο του φωτοκυττάρου, τότε αυτή εκπέμπει ηλεκτρόνια τα οποία έλκονται από την άνοδο αυτού με αποτέλεσμα να δημιουργείται ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα του φωτοκυττάρου.

Το ρεύμα αυτό ενισχύεται από έναν τρανζίστορ και οι παλμοί που παράγονται από αυτόν μεταδίδονται σε άλλον τρανζίστορ ενέργειας ο οποίος δημιουργεί το ρεύμα που θα περάσει από το πρωτεύον τύλιγμα και θα δημιουργήσει το σπινθήρα στους σπινθηριστές.

#### **4.6 Η σειρά καύσεως στις βενζινομηχανές.**

Η σειρά καύσεως, δηλαδή η σειρά, κατά την οποία δίνεται ο σπινθήρας στους κυλίνδρους μιας πολυκύλινδρης βενζινομηχανής, εξαρτάται από τον αριθμό των κυλίνδρων και τη γωνία σφηνώσεως των στροφάλων επάνω στο στροφαλοφόρο άξονα, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα της καλύτερης ζυγοσταθμίσεως της μηχανής.

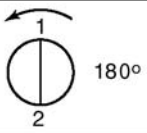
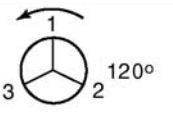
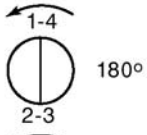
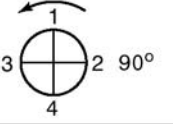
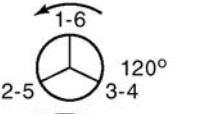
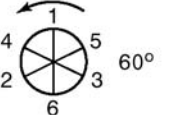
Επιδιώκομε πάντοτε να έχουμε μέσα στους κυλίνδρους τις δυνάμεις από την καύση που μεταφέρονται μέχρι το στρόφαλο, εξ ίσου κατανομημένες κατά το μήκος του στροφαλοφόρου άξονα. Αυτό οδηγεί σε ορισμένες και τυποποιημένες σειρές καύσεως στις διάφορες βενζινομηχανές.

Στις τετράχρονες μηχανές υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία στη σειρά καύσεως συγκριτικά με τις δίχρονες, όπου η σπινθηροδότηση γίνεται κάθε φορά που ένα έμβολο της μηχανής βρίσκεται στο Α.Ν.Σ.

Στο σχήμα 4.6 δίνονται μερικές από τις παραπάνω τυποποιημένες σειρές καύσεως για τις πιο συνηθισμένες βενζινομηχανές 2, 3, 4 και 6 κυλίνδρων.

Πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι η σειρά καύσεως παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της μηχανής.

Με βάση τη σειρά καύσεως γίνεται και η σχεδίαση του εκκεντροφόρου άξονα και η σύνδεση των καλωδίων από το διανομέα της μηχανής μέχρι το σπινθηριστή του κάθε κυλίνδρου.

Τύπος μηχανής	Σφήνωση στροφάλων	Σειρά καύσεως
Δικύλινδρος		1 - 2
Τρικύλινδρος		1 - 3 - 2
Τετρακύλινδρος		1 - 3 - 4 - 2
Τετρακύλινδρος		1 - 2 - 4 - 3
Εξακύλινδρος		1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
Εξακύλινδρος		1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6

Σχ. 4.6.

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

#### ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

##### 5.1 Η μονοκύλινδρη πετρελαιομηχανή.

Μία μονοκύλινδρη πετρελαιομηχανή Diesel αποτελείται βασικά, όπως και μία βενζινομηχανή, από τον **κύλινδρο** με το **πώμα**, το **έμβολο** με τον **πείρο** και το **διωστήρα**, το **στρόφαλο** και το **στροφαλοφόρο άξονα**, από τον οποίο παραλαμβάνεται το κινητήριο έργο.

Ο κύλινδρος συνδέεται με το **σκελετό** της μηχανής και τη βάση της, η οποία διαμορφώνεται συνήθως σε **ελαιολεκάνη**. Εσωτερικά και μεταξύ σκελετού και βάσεως σχηματίζεται, ως γνωστό, ο **στροφαλοθάλαμος** (κάρτερ).

Επάνω στο πώμα του κυλίνδρου τοποθετούνται οι **βαλβίδες εισαγωγής** και **εξαγωγής**, ο **εγχυτήρας** του καυσίμου, το **ασφαλιστικό** του κυλίνδρου και η **βαλβίδα προκινήσεως** της μηχανής.

Οι βαλβίδες ανοίγουν και κλείνουν με τη βοήθεια των **εκκεντρων** ή **κνωδάκων**, που είναι προσαρμοσμένοι επάνω στον **εκκεντροφόρο** άξονα.

Ο εγχυτήρας λειτουργεί μηχανικά, ανοίγει δηλαδή με τη βοήθεια ενός εκκεντρου, ή υδραυλικά, οπότε ανοίγει από την υδραυλική πίεση, που δίνει η αντλία μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου.

Όπως αναφέραμε στην παράγραφο 1.10.2, οι πετρελαιομηχανές αρχικά ήσαν μηχανές με **εμφύσηση** του πετρελαίου (Diesel). Αργότερα κατασκευάστηκαν οι πετρελαιομηχανές με **μηχανική έγχυση** (Super - Diesel) οι οποίες βαθμηδόν εκτόπισαν τις μηχανές με εμφύσηση λόγω κυρίως της απλούστερης εγκαταστάσεώς τους. Το σχήμα 5.1α παριστάνει τη γενική διάταξη 4χρονης πετρελαιομηχανής με εμφύσηση. Το σχήμα 5.1β παριστάνει 4χρονη πετρελαιομηχανή με μηχανική έγχυση.

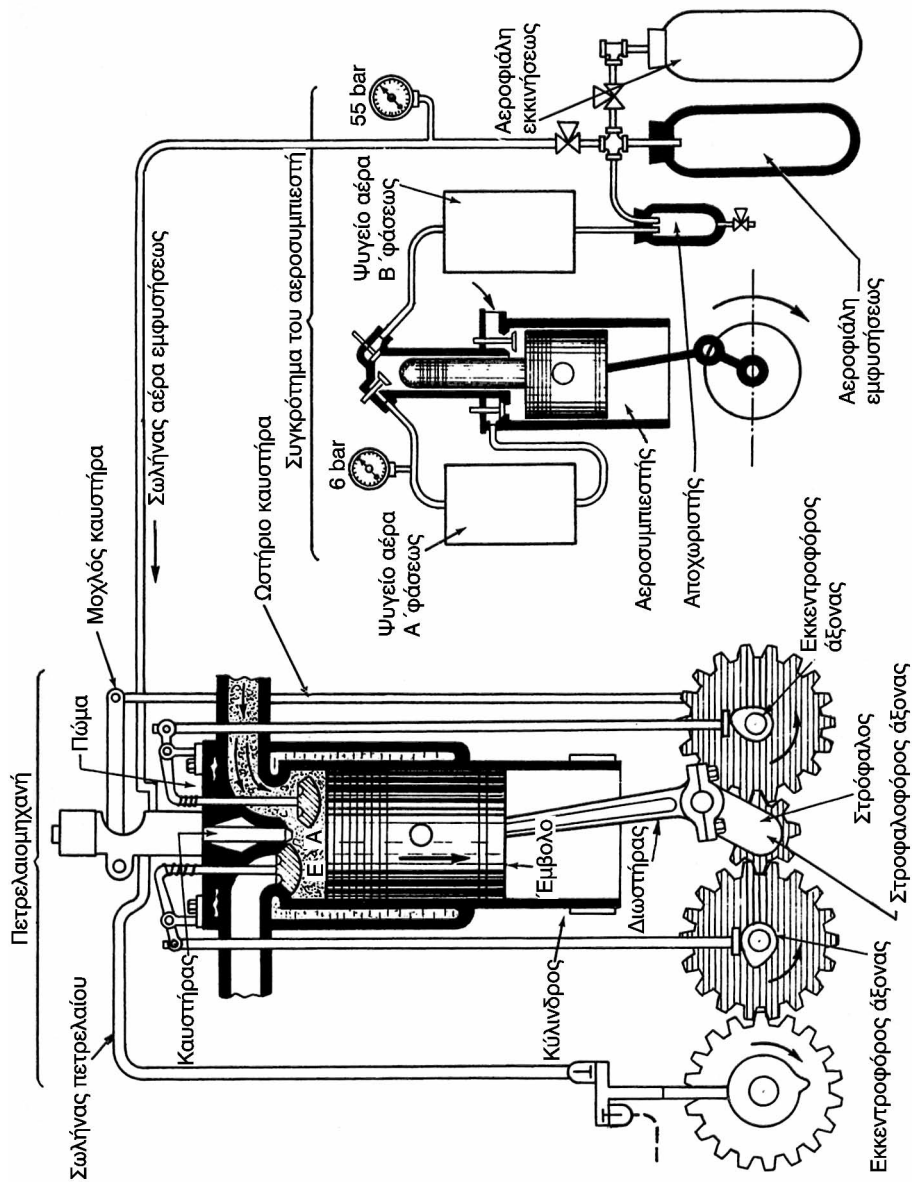
Το σχήμα 5.1γ παριστάνει τη γενική διάταξη μιας δίχρονης πετρελαιομηχανής με εμφύσηση. Ο καυσιγόνο αέρας εισέρχεται από θυρίδες, που υπάρχουν στην πλευρά του κυλίνδρου, και ονομάζεται αέρας **σαρώσεως** ή **αποπλύσεως**.

Ανάλογη είναι και η εγκατάσταση μιας δίχρονης μηχανής με μηχανική έγχυση του πετρελαίου (σχ. 5.1δ).

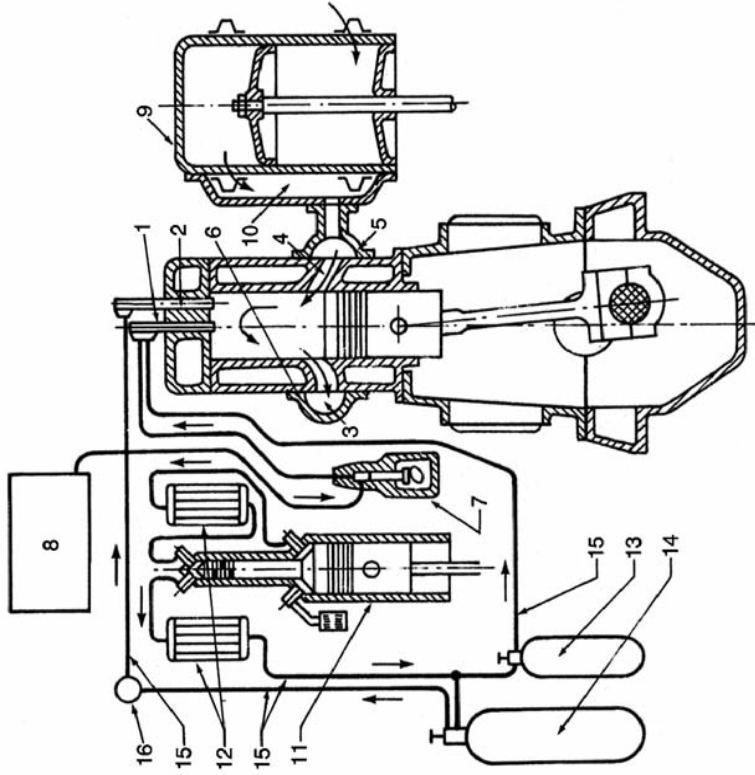
Διακρίνουμε από τα προηγούμενα σχήματα πόσο απλούστερη είναι η εγκατάσταση της μηχανής για μηχανική έγχυση κυρίως από το γεγονός ότι είναι απαλλαγμένη από όλο αυτό το συγκρότημα αεροσυμπιεστή - φιαλών κλπ., που σχετίζεται με την εμφύσηση.

Για να συμπληρωθεί η εγκατάσταση της μηχανής, απαιτούνται ακόμη και ορισμένα βοηθητικά μηχανήματα ή συσκευές. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

α) Η **αντλία καταθλίψεως του πετρελαίου**, η οποία στις παλαιότερες μηχανές με

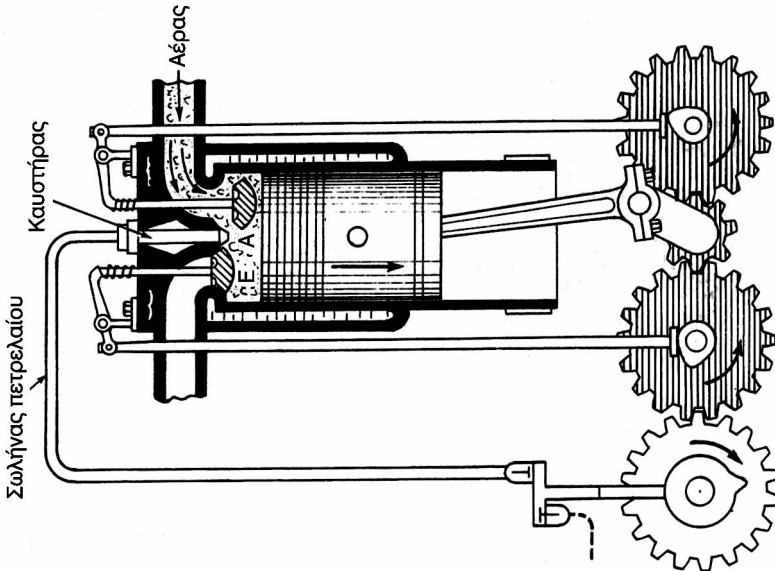


Σχ. 5.1α.

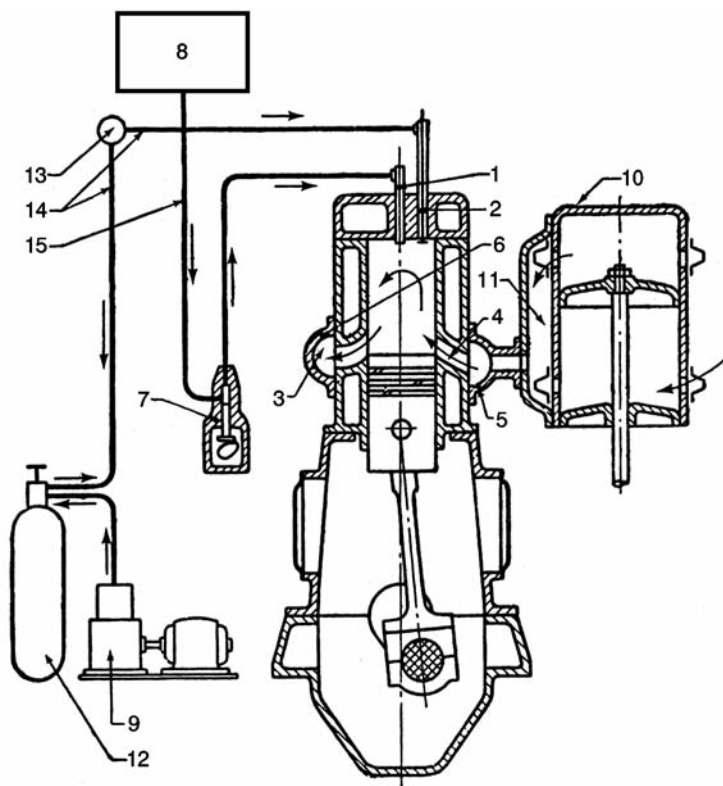


Σχ. 5.1γ.

- 1) Εγχυτήρας. 2) Βαλβίδα αέρα εκκίνησης. 3) Αγωγός εξαγωγής. 4) Αγωγός σαρώσεως. 5) Συλλέκτης σαρώσεως. 6) Συλλέκτης εξαγωγής. 7) Αντλία πετρελαίου. 8) Δεξαμενή πετρελαίου. 9) Αντλία σαρώσεως. 10) Αποταμιευτής αέρα σαρώσεως. 11) Αεροσυμπιεστής. 12) Ψυγεία αέρα. 13) Αεροφυλάκιο αέρα εμφυσήσεως. 14) Αεροφυλάκιο αέρα προκίνησης. 15) Σωλήνες πεπιεσμένου αέρα. 16) Μειωτήρας πίεσεως προκίνησης.



Σχ. 5.1β.



Σχ. 5.1δ.

1) Εγχυτήρας. 2) Βαλβίδα αέρα εκκινήσεως. 3) Αγωγός εξαγωγής. 4) Αγωγός σαρώσεως. 5) Συλλέκτης σαρώσεως. 6) Συλλέκτης εξαγωγής. 7) Αντλία μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου. 8) Δεξαμενή πετρελαίου. 9) Ηλεκτροκίνητος αεροσυμπιεστής. 10) Αντλία σαρώσεως. 11) Αποταμιευτής αέρα σαρώσεως. 12) Αεροφυλάκιο αέρα προκινήσεως. 13) Μειωτήρας

εμφύσηση εισάγει μόνο το πετρέλαιο μέσα στον καυστήρα, ενώ στις μηχανές με μηχανική έγχυση το καταθλίβει υπό μεγάλη πίεση, με την οποία και ανοίγει ο εγχυτήρας ή καυστήρας και το εισάγει μέσα στον κύλινδρο και **ρυθμίζει** και την **ακριβή στιγμή** της εγχύσεως.

β) Η **αντλία ελαίου λιπάνσεως**, η οποία στέλνει το λιπαντικό έλαιο υπό πίεση σε όλα τα τριβόμενα μέρη της μηχανής.

γ) Η **αντλία κυκλοφορίας** του ψυκτικού νερού, η οποία κυκλοφορεί το νερό για την ψύξη της μηχανής.

δ) Τα **ψυγεία ύδατος και ελαίου**, μέσα στα οποία ψύχεται το νερό ψύξεως της μηχανής και το λιπαντικό λάδι αντίστοιχα.

ε) Η **αντλία αέρα σαρώσεως** ή **αποπλύσεως**, η οποία χρησιμοποιείται σε **δίχρονο**



**μηχανές** για την εισαγωγή του καυσιγόνου αέρα στον κύλινδρο υπό πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.

στ) Ο **αεροσυμπιεστής εκκινήσεως**, ο οποίος παράγει τον πεπιεσμένο αέρα για την εκκίνηση της μηχανής, όταν σε αυτή δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρική εκκίνηση.

ζ) Ο **αεροσυμπιεστής εμφυσήσεως**, ο οποίος στις παλιές μηχανές με εμφύσηση παρέχει τον πεπιεσμένο αέρα, ο οποίος εισήγαγε το πετρέλαιο στον κύλινδρο.

## 5.2 Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Με τη βοήθεια των 4 θέσεων του σχήματος 5.2 θα μελετήσουμε τη λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής, η οποία έχει το εξής:

**Πρώτος χρόνος: Αναρρόφηση ή εισαγωγή - κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω (φάση 1η).**

Στη θέση 1 το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ. Η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοικτή ενώ η βαλβίδα εξαγωγής και ο εγχυτήρας κλειστός. Το κενό, που δημιουργεί το έμβολο, καταλαμβάνεται από ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος γεμίζει τον κύλινδρο.

Όταν το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ., η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει και ο κύλινδρος είναι γεμάτος από αέρα.

Η πρώτη αυτή διαδρομή λέγεται **διαδρομή ή χρόνος αναρροφήσεως ή εισαγωγής**.

**Δεύτερος χρόνος: Συμπίεση - κίνηση του εμβόλου προς τα πάνω (φάση 2η).**

Στη θέση 2 του σχήματος το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ., ενώ οι βαλβίδες και ο καυστήρας είναι κλειστός. Ο αέρας συμπιέζεται από το έμβολο, ώστε όταν αυτό φθάσει στο Α.Ν.Σ., η πίεση του αέρα φθάνει σε 35 bar περίπου και η θερμοκρασία του τους 600°C περίπου. Η διαδρομή αυτή λέγεται **διαδρομή ή χρόνος συμπίεσεως**.

**Τρίτος χρόνος (ή κινητήριος): Καύση - εκτόνωση, κίνηση το εμβόλου προς τα κάτω (φάση 3η).**

Στη θέση 3 του σχήματος και στην αρχή της διαδρομής γίνεται η **έγχυση** του πετρελαίου στον κύλινδρο.

Το πετρέλαιο αναμιγνύεται με τον αέρα, αυταναφλέγεται και αρχίζει να καίγεται, γιατί η θερμοκρασία μέσα στον κύλινδρο είναι πολύ υψηλή (600°C περίπου).

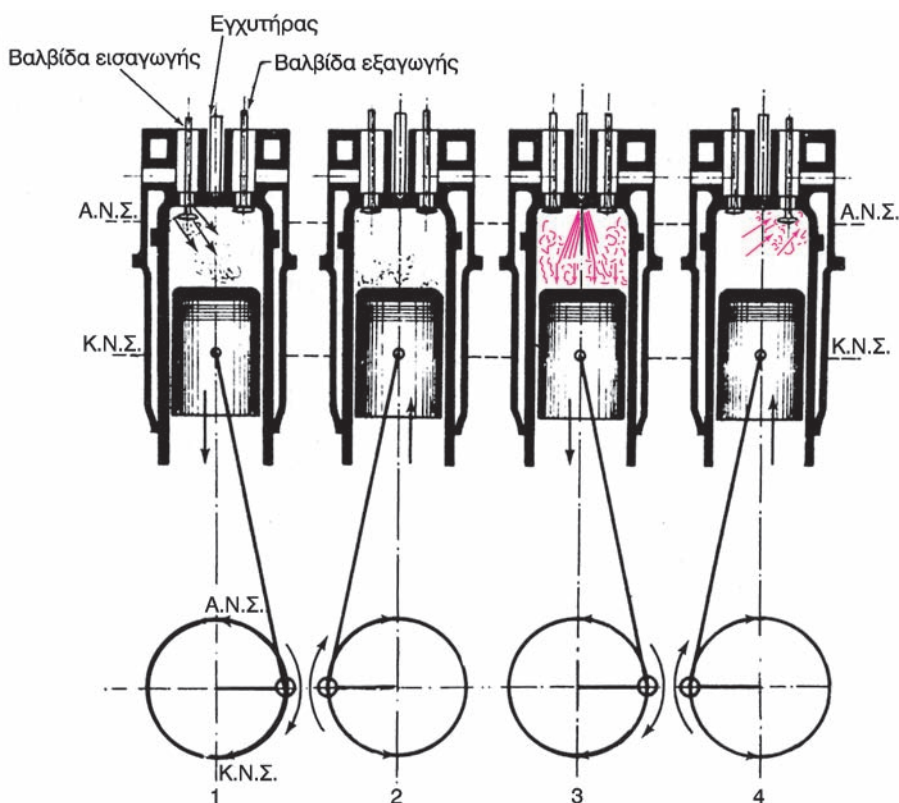
Η έγχυση αυτή του πετρελαίου εξακολουθεί επί ένα μικρό μέρος της διαδρομής του εμβόλου προς τα κάτω, κατά το 1/10 αυτής περίπου, ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιείται και η καύση του.

Στο υπόλοιπο της διαδρομής μέχρι το Κ.Ν.Σ. γίνεται η εκτόνωση των καυσαερίων. Το έμβολο ωθείται από τα καυσαέρια από τον Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. και έτσι παράγεται το έργο.

Η διαδρομή αυτή λέγεται **κινητήριος χρόνος ή διαδρομή ή χρόνος καύσεως - εκτονώσεως**.

Όταν το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ., ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής, τα





Σχ. 5.2.

καυσαέρια αρχίζουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα και η πίεση μέσα στον κύλινδρο εξισώνεται με την ατμοσφαιρική.

#### **Τέταρτος χρόνος: Εξαγωγή - κίνηση του εμβόλου προς τα πάνω (φάση 4η).**

Στη θέση 4 του σχήματος, το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. με τη βαλβίδα εξαγωγής ανοικτή, ενώ τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα. Όταν το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ., η βαλβίδα της εξαγωγής κλείνει.

Η διαδρομή αυτή λέγεται **διαδρομή ή χρόνος εξαγωγής**.

Όταν τελειώσει και η τέταρτη διαδρομή, ολόκληρος ο κύκλος λειτουργίας της μηχανής έχει συμπληρωθεί και η μηχανή είναι έτοιμη να εκτελέσει τον επόμενο κύκλο με τις ίδιες από την αρχή φάσεις.

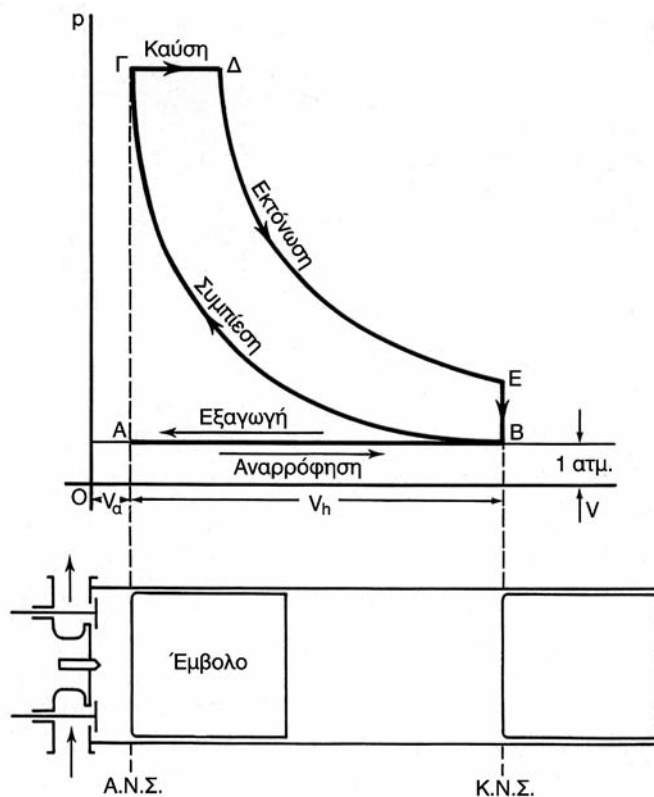
### **5.3 Το θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.**

Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής παριστάνεται σύμφωνα με τη γνωστή από τη μελέτη των βενζινομηχανών μέθοδο στο θεωρητικό

διάγραμμα (σχ. 5.3), με το οποίο αναλύονται οι 4 χρόνοι ως εξής:

**1ος χρόνος** γραμμή (AB): **Αναρρόφηση αέρα** υπό **σταθερή πίεση** της ατμόσφαιρας. Η βαλβίδα της αναρρόφησης ανοίγει στο A και κλείνει στο B.

**2ος χρόνος** γραμμή (BΓ): **Αδιαβατική συμπίεση** του αέρα. Οι δύο βαλβίδες και ο καυστήρας είναι κλειστές.



Σχ. 5.3.

**3ος χρόνος** γραμμή (ΓΔ - ΔΕ): **Καύση** και **εκτόνωση**. Η καύση πραγματοποιείται υπό **σταθερή πίεση** κατά τη ΓΔ. Στο σημείο Γ αρχίζει η έγχυση του πετρελαίου στον κύλινδρο. Θεωρητικά σε όλη τη διάρκεια της εγχύσεως και της καύσεως η πίεση παραμένει σταθερή, δηλαδή τόση όση είναι η τελική πίεση συμπίεσεως. Αυτό συμβαίνει, γιατί η έγχυση του καυσίμου γίνεται προοδευτικά, καθώς προχωρεί το έμβολο και διαρκεί όσο και ο εμβολισμός της αντλίας πετρελαίου, που καταθλίβει το καύσιμο. Στο διάγραμμα η γραμμή ΓΔ καλείται **διάρκεια καύσεως**.

Αντιλαμβανόμαστε από αυτό ότι η καύση στην πετρελαιομηχανή είναι διαφορετική από την καύση που γίνεται στη βενζινομηχανή, όπου η καύση είναι σχεδόν ακαριαία και η πίεση τη στιγμή της καύσεως ανέρχεται απότομα πριν το έμβολο προλάβει να κινηθεί.

Η **εκτόνωση** εξάλλου ΔΕ είναι μια **αδιαβατική** αλλαγή και αρχίζει από το σημείο Δ, όπου περατώνεται η καύση μέχρι το Κ.Ν.Σ., δηλαδή το Ε.

**4ος χρόνος** γραμμές (ΕΒ - ΒΑ). **Εξαγωγή**. Στο σημείο Ε ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής και πριν προλάβει να μετακινηθεί το έμβολο προς τα πάνω, δηλαδή υπό **σταθερό όγκο**, η πίεση πέφτει στην τιμή της ατμοσφαιρικής κατά τη γραμμή ΕΒ.

Από το σημείο Β μέχρι το Α εξακολουθεί η εξαγωγή υπό **σταθερή ατμοσφαιρική πίεση**, δηλαδή κατά τη ΒΑ.

Από τα παραπάνω συνοψίζουμε τις φάσεις ως εξής:

**1ος χρόνος** (ΑΒ): αναρρόφηση υπό **σταθερή ατμοσφαιρική πίεση**.

**2ος χρόνος** (ΒΓ): **αδιαβατική** συμπίεση.

**3ος χρόνος** (κινητήριος) (ΓΔ - ΔΕ): **καύση** υπό **σταθερή πίεση** και **αδιαβατική εκτόνωση**.

**4ος χρόνος** (ΕΒ - ΒΑ): **Εξαγωγή** υπό **σταθερό όγκο** και υπό **σταθερή πίεση**.

Όπως και στις βενζινομηχανές, έτσι και εδώ ο ολικός όγκος  $V$  του κυλίνδρου είναι ίσος με το άθροισμα του όγκου του θαλάμου συμπίεσεως  $V_a$  και του όγκου του απογεννώμενου από το έμβολο  $V_h$ , δηλαδή:

$$V = V_a + V_h$$

Ο βαθμός συμπίεσεως  $r$ , σύμφωνα με τα γνωστά είναι ίσος με:

$$r = 1 + \frac{V_h}{V_a}$$

Το εμβαδόν τέλος του διαγράμματος ΒΓΔΕΒ παριστάνει το θεωρητικό έργο, που παράγει η μηχανή σε ένα κύκλωμα λειτουργίας της, δηλαδή σε 4 χρόνους.

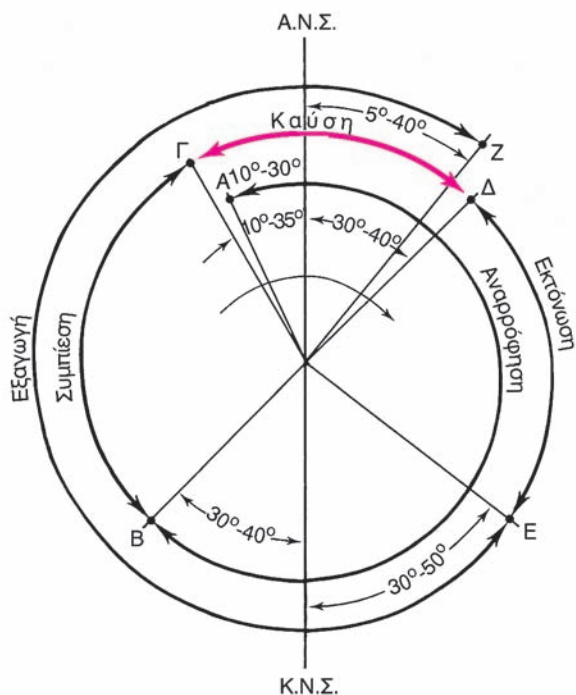
#### 5.4 Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel και η ρύθμισή της. Γραφική παράστασή της στο σπειροειδές διάγραμμα.

Η πραγματική λειτουργία της μηχανής, την οποία παριστάνομε στο σπειροειδές διάγραμμα του σχήματος 5.4, παρουσιάζει ορισμένες διαφορές από τη θεωρητική.

Στην πραγματικότητα ούτε οι βαλβίδες ούτε ο εγχυτήρας ανοίγουν ή κλείνουν, όταν το έμβολο είναι στα νεκρά σημεία, αλλά λίγο πριν ή λίγο μετά τα σημεία αυτά.

Έτσι η βαλβίδα της εισαγωγής ανοίγει  $10^\circ - 30^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ., πριν δηλαδή αρχίσει η πρώτη διαδρομή, ώστε το άνοιγμά της να είναι βαθμιαίο και, όσο το δυνατόν μεγαλύτερο όταν το έμβολο θα αρχίσει να κατεβαίνει από το Α.Ν.Σ. και ο αέρας να εισέρχεται έτσι ελεύθερα μέσα στον κύλινδρο. Το κλείσιμο αντίστοιχα της βαλβίδας εισαγωγής γίνεται  $30^\circ - 40^\circ$  μετά το Κ.Ν.Σ., ώστε η πλήρωση του κυλίνδρου να γίνει τέλεια. Έτσι στο σπειροειδές διάγραμμα το τόξο ΑΒ παριστάνει τη διάρκεια της αναρροφήσεως.

Με το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής αρχίζει η συμπίεση του αέρα, η οποία διαρκεί όσο το τόξο ΒΓ. Στο σημείο Γ, δηλαδή  $10^\circ - 35^\circ$  πριν το Α.Ν.Σ., αρχίζει η έγχυση του πετρελαίου από τον καυστήρα και εισέρχεται το πετρέλαιο στον κύλινδρο. Ταυτόχρονα αρχίζει η καύση του, η οποία διαρκεί μέχρι του σημείου Δ, δηλαδή μέχρι και  $30^\circ - 40^\circ$  μετά το Α.Ν.Σ. (Συνολικά όσο το τόξο ΓΔ).



Σχ. 5.4.

Από το σημείο Δ μέχρι το Ε γίνεται η εκτόνωση των καυσαερίων και στο σημείο Ε ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής  $30^\circ - 50^\circ$ , πριν το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ. Αυτό γίνεται για να πέσει η πίεση των καυσαερίων στην ατμοφαιρική ταχέως, ώστε, όταν θα γίνεται η επόμενη φάση της εξαγωγής, να μην υπάρχει αντίθλιψη στο έμβολο, η οποία θα δημιουργούσε απώλεια έργου, από εκείνο που δίνουν οι άλλοι κύλινδροι. Η εκτόνωση άρα διαρκεί όσο το τόξο ΔΕ. Από το σημείο Ε μέχρι το Ζ, δηλαδή  $5^\circ - 40^\circ$  μετά το Α.Ν.Σ., γίνεται η εξαγωγή, η οποία διαρκεί όσο το τόξο ΕΖ.

Τα στοιχεία αυτά της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης πετρελαιομηχανής είναι ενδεικτικά μόνο για όλες τις τετράχρονες πετρελαιομηχανές. Κάθε μηχανή μπορεί να παρουσιάζει μικροδιαφορές, δηλαδή δική της ρύθμιση, η οποία όμως δεν θα διαφέρει ουσιαστικά από αυτή, που περιγράψαμε. Η ρύθμιση αυτή άλλωστε θα παριστάνεται στο **σπειροειδές διάγραμμα, που δίνει ο κατασκευαστής**.

Σε ταχύστροφες π.χ. μηχανές η εισαγωγή του καυσίμου γίνεται πολύ ενωρίτερα από ό,τι στις βραδύστροφες, διότι η ταχύτητα του εμβόλου τους είναι πολύ μεγαλύτερη και είναι αναγκαίο να δοθεί μεγαλύτερη προ-έγχυση, ώστε να παρασχεθεί ο απαιτούμενος χρόνος για την τέλεια καύση. Επίσης και τα άλλα ανοίγματα ή κλεισίματα των βαλβίδων γίνονται άλλα ενωρίτερα, αλλά αργότερα για

τον ίδιο λόγο.

Συνοψίζοντας την πραγματική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής έχουμε:

**Τόξο (AB): αναρρόφηση** αέρα.

**Τόξο (ΒΓ): συμπίεση** αέρα.

**Τόξο (ΓΔ - ΔΕ): καύση** πετρελαίου - **εκτόνωση** καυσαερίων.

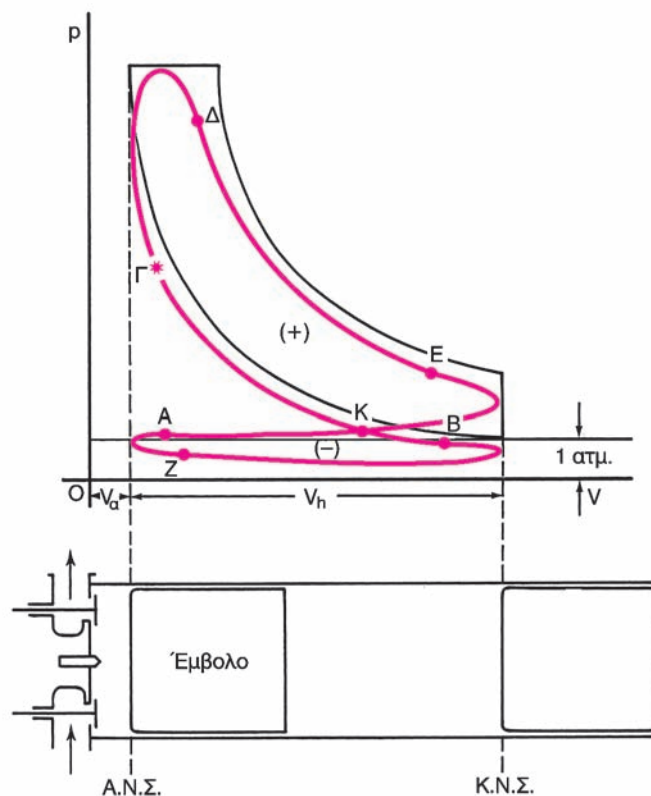
**Τόξο (ΕΖ): εξαγωγή** καυσαερίων.

Με βάση τα στοιχεία αυτά της πραγματικής λειτουργίας της μηχανής μας είναι δυνατόν να ρυθμίζουμε αναλόγως τα ανοίγματα και τα κλεισίματα των βαλβίδων και του εγχυτήρα, ώστε η λειτουργία της να γίνεται κατά τον τελειότερο δυνατό τρόπο.

### 5.5 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Τούτο χαράζεται συγκριτικά με το θεωρητικό, όπως παριστάνει το σχήμα 5.5:

α) Η **εισαγωγή**: Στο σημείο Α, δηλαδή  $10^\circ - 30^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ., ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής και αρχίζει η είσοδος του ατμοσφαιρικού αέρα κατά τη γραμμή



Σχ. 5.5.

A - A.N.Σ. - K.N.Σ. - B, δηλαδή μέχρι 30° - 40° μετά το K.N.Σ. Η γραμμή της εισαγωγής είναι χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική (λόγω του κενού που δημιουργεί το έμβολο), ανυψώνεται λίγο πριν από το K.N.Σ. και εξισώνεται με την ατμοσφαιρική όταν κλείσει η βαλβίδα στο σημείο B.

β) Η **συμπίεση**: Αυτή πραγματοποιείται κατά τη γραμμή ΒΓ, αρχίζει από το σημείο Β μέχρι το σημείο Γ, δηλαδή 10° - 35° πριν από A.N.Σ. και είναι μια **πολυτροπική** αλλαγή καταστάσεως χαμηλότερη από την καθαρή αδιαβατική.

γ) Η **καύση** και η **εκτόνωση**. Στο σημείο Γ αρχίζει η έγχυση και η καύση του καυσίμου και επειδή το έμβολο εξακολουθεί να ανέρχεται, η πίεση ανεβαίνει, μέχρι το έμβολο να φθάσει στο A.N.Σ. Από το A.N.Σ. μέχρι το σημείο Δ, δηλαδή 30° ως 40° μετά το A.N.Σ., εξακολουθεί η έγχυση και η καύση υπό πίεση **περίπου σταθερή**, ενώ από το σημείο Δ μέχρι το Ε, δηλαδή 30° - 50° πριν από το K.N.Σ., πραγματοποιείται η εκτόνωση ως πολυτροπική αλλαγή καταστάσεως χαμηλότερη από την αδιαβατική. Έτσι η καύση γίνεται κατά τη Γ - A.N.Σ. - Δ και η εκτόνωση κατά τη ΔΕ.

δ) Η **εξαγωγή**: Στο σημείο Ε ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής, οπότε η πίεση αρχίζει να πέφτει μέχρι το έμβολο να φθάσει στο K.N.Σ. και από αυτό συνεχίζεται σε όλη την προς το A.N.Σ. διαδρομή του εμβόλου με πίεση λίγο ψηλότερη από την ατμοσφαιρική και μέχρι το σημείο Ζ, δηλαδή 5° - 40° μετά το A.N.Σ., με πίεση λίγο χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική οπότε κλείνει η βαλβίδα εξαγωγής. Έτσι η εξαγωγή πραγματοποιείται κατά τη γραμμή Ε - K.N.Σ. - A.N.Σ. - Ζ.

Συνοψίζοντας έχουμε:

A - A.N.Σ. - K.N.Σ. - B: **αναρρόφηση**.

BΓ: **συμπίεση**.

Γ - A.N.Σ. - Δ: **καύση** και ΔΕ: **εκτόνωση**.

Ε - K.N.Σ. - A.N.Σ. - Ζ: **εξαγωγή**.

Στο διάγραμμα αυτό έχουμε, όπως και στο θεωρητικό:

$$V = V_a + V_h$$

$$r = 1 + \frac{V_h}{V_a}$$

και βαθμό συμπίεσεως  $r$  ίσο με:

ο οποίος κυμαίνεται από 14 ως 22 περίπου.

Παρατηρούμε ότι η σχέση συμπίεσεως στην τετράχρονη πετρελαιομηχανή είναι πολύ ψηλότερη από ό,τι στην αντίστοιχη βενζινομηχανή (παράγρ. 2.6), γιατί εδώ συμπιέζεται καθαρός αέρας, ενώ στη βενζινομηχανή μίγμα καυσίμου - αέρα, το οποίο κινδυνεύει να αυταναφλεγεί πρόωρα.

Παρατηρούμε επίσης ότι το διάγραμμα τούτο, όπως και το αντίστοιχο της βενζινομηχανής, παρουσιάζει θετικό και αρνητικό εμβαδόν, δηλαδή το ΚΓΔΕΚ και ΚΑΖΒΚ. Η διαφορά των δύο, ως γνωστόν, μας δίνει το ωφέλιμο πραγματικό έργο της μηχανής σε έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας της ή διαφορετικά σε 4 απλές διαδρομές του εμβόλου της (δηλαδή σε 2 πλήρεις στροφές).

Τέλος σημειώνουμε ότι η αντιστοιχία μεταξύ των σημείων A, B, Γ, Δ, Ε, Ζ του

πραγματικού διαγράμματος και του σπειροειδούς και αντίστροφα, βρίσκεται γραφικά με τη μέθοδο που περιγράψαμε στην παράγραφο 2.8.

### 5.6 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό, όπως και στην παράγραφο 2.7 έχουμε αναφέρει για τις τετράχρονες βενζινομηχανές, λαμβάνεται με το δυναμοδείκτη και παριστάνει την πραγματική λειτουργία της μηχανής, τη στιγμή που χαράσσεται από το δυναμοδείκτη.

Χρησιμεύει για τη σύγκριση προς το πραγματικό διάγραμμα της ιδανικής πραγματικής λειτουργίας και την ανάλογη από αυτή ρύθμιση της μηχανής.

Επίσης χρησιμεύει για τον υπολογισμό του **ενδεικτικού** έργου από το εμβαδό του της **μέσης ενδεικτικής πίεσεως** και της **ενδεικτικής** ή **δυναμοδεικτικής ιπποδυνάμεως** της μηχανής.

### 5.7 Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Στο συνηθισμένο τύπο δίχρονων πετρελαιομηχανών, που εξετάζουμε εδώ, το πώμα φέρει μόνο τον εγχυτήρα. Η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αέρα ( η οποία πραγματοποιεί και τη **σάρωση** ή **απόπλυση** του κυλίνδρου), και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνονται από θυρίδες, που βρίσκονται στο κατώτερο μέρος των τοιχωμάτων του κυλίνδρου, οι οποίες αποκαλύπτονται την κατάλληλη στιγμή από το έμβολο, καθώς αυτό παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο.

Το σχήμα 5.7 περιλαμβάνει τέσσερις διάφορες θέσεις του εμβόλου, με τις οποίες θα μελετήσουμε τους δυο χρόνους του κύκλου λειτουργίας της **δίχρονης πετρελαιομηχανής**.

Στο σχήμα αυτό διακρίνουμε τον **εγχυτήρα** πάνω στο πώμα, **τον οχετό της σαρώσεως** ή **αποπλύσεως** δεξιά στον κύλινδρο με τις **θυρίδες σαρώσεως**, και τον **οχετό της εξαγωγής** αριστερά στον κύλινδρο με τις **θυρίδες εξαγωγής** των καυσαερίων.

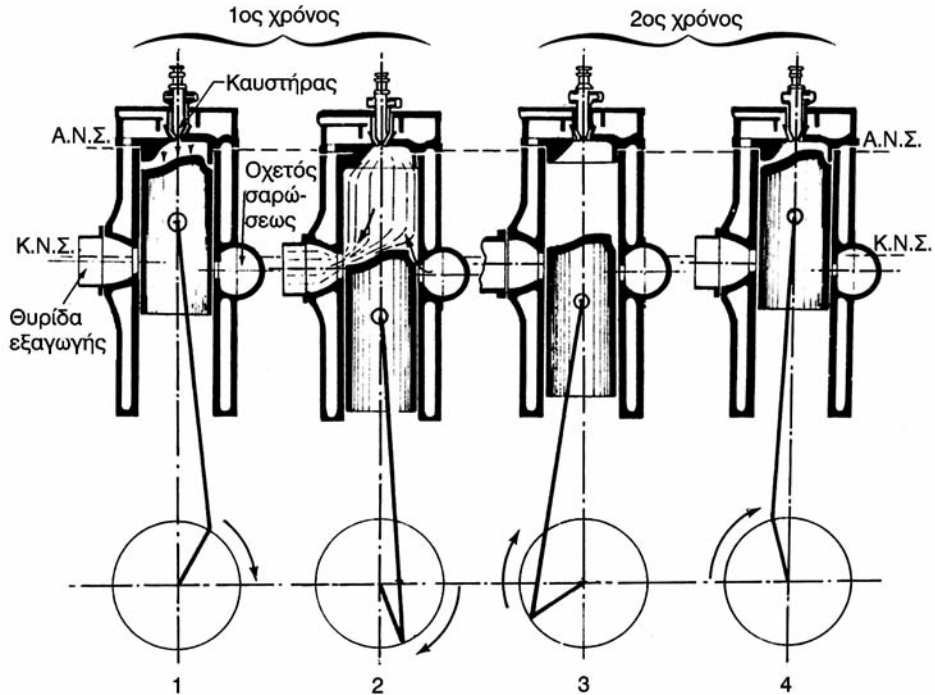
Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής είναι η εξής:

**Πρώτος χρόνος:** Στη θέση 1 του σχήματος στο Α.Ν.Σ. πραγματοποιείται έγχυση και συνέχεια η καύση του καυσίμου ώσπου το έμβολο να προχωρήσει από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. κατά ένα μικρό μέρος (1/10 περίπου) της διαδρομής του.

Στη θέση 2 το έμβολο εξακολουθεί την προς τα κάτω διαδρομή του υπό την πίεση των καυσαερίων, τα οποία εκτονούμενα το ωθούν και παράγουν το έργο. Το έμβολο κατερχόμενο, αποκαλύπτει τις θυρίδες της εξαγωγής και τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα. Στη συνέχεια, και όπως το έμβολο κατέρχεται, αποκαλύπτει και τις θυρίδες της εισαγωγής ή σαρώσεως, οπότε αρχίζει η εισαγωγή του καθαρού αέρα από τις δεξιές θυρίδες υπό πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, την οποία του παρέχει η λεγόμενη **αντλία σαρώσεως** ή **αποπλύσεως**. Εξαγωγή και σάρωση εξακολουθούν μέχρι να φθάσει το έμβολο στο Κ.Ν.Σ., και τελειώνουν στην επόμενη διαδρομή, όταν το έμβολο ανερχόμενο θα κλείσει τις αντίστοιχες θυρίδες.

Έτσι έχουμε: **Καύση** πετρελαίου – **εκτόνωση** των καυσαερίων – ένα **μέρος της**





Σχ. 5.7.

εξαγωγής και ένα μέρος της σαρώσεως ή αποπλύσεως.

**Δεύτερος χρόνος:** Στη θέση 3 του σχήματος το έμβολο από το Κ.Ν.Σ. ανέρχεται προς τα επάνω και κλείνει προοδευτικά πρώτα τις θυρίδες εισαγωγής, οπότε περατώνεται η εισαγωγή του αέρα και η απόπλυση, και στη συνέχεια τις θυρίδες εξαγωγής, οπότε περατώνεται και η εξαγωγή των καυσαερίων και αρχίζει η συμπίεση του αέρα, μέχρις ότου το έμβολο να φθάσει στο Α.Ν.Σ., θέση 4, οπότε ανοίγει ο εγχυτήρας και αρχίζει η έγχυση και η καύση του καυσίμου.

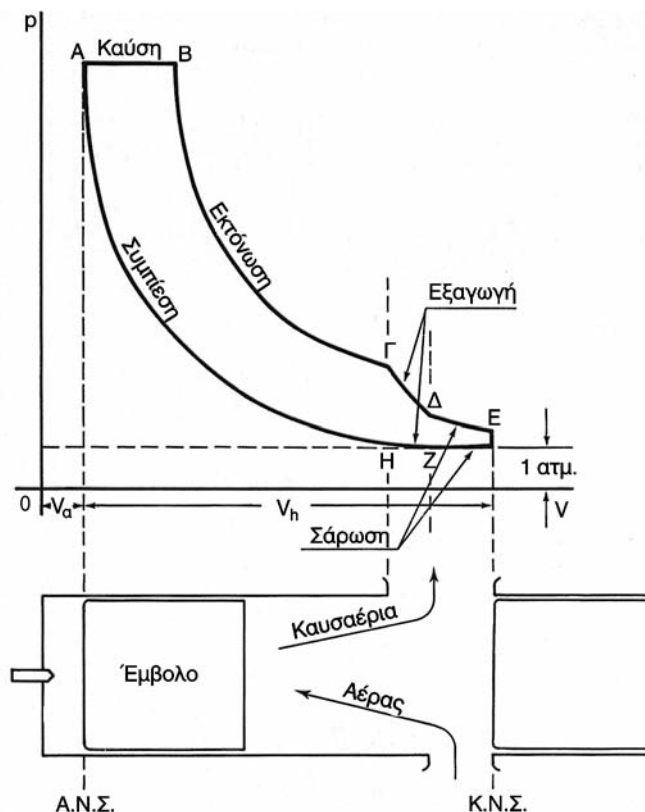
Έτσι έχουμε: **Αποπεράτωση σαρώσεως ή αποπλύσεως – αποπεράτωση της εξαγωγής – συμπίεση.**

Με το τέλος του δεύτερου χρόνου η μηχανή αρχίζει την ίδια όπως προηγουμένως λειτουργία, της οποίας οι φάσεις στο σύνολο τους είναι: **Καύση – εκτόνωση – εξαγωγή – απόπλυση και συμπίεση.**

## 5.8 Το θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό χαράζεται σύμφωνα με τη γνωστή μας μέθοδο σε άξονες πίεσεως - όγκου





Σχ. 5.8.

$p - V$ , όπως στο σχήμα 5.8, όπου έχουμε:

**1ος χρόνος:** ABΓΔΕ, δηλαδή (AB) **καύση υπό σταθερή πίεση**, (BΓ) **εκτόνωση αδιαβατική** των καυσαερίων μέχρι το σημείο Γ, όπου ανοίγει η θυρίδα της εξαγωγής, (ΓΔ) έναρξη της εξαγωγής στο σημείο Γ, οπότε η πίεση πέφτει απότομα κατά τη (ΓΔ), δηλαδή μέχρι το σημείο Δ και συνέχεια μέχρι το Κ.Ν.Σ. Στο σημείο Δ ανοίγει η θυρίδα αποπλύσεως και εισέρχεται καθαρός αέρας υπό πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, την οποία του παρέχει η αντλία αέρα αποπλύσεως, οπότε και πραγματοποιείται το **πρώτο μέρος της αποπλύσεως** (ΔΕ), μέχρι να φθάσει το έμβολο στο Κ.Ν.Σ.

**2ος χρόνος:** EZHA, δηλαδή (EZ), **αποπεράτωση της αποπλύσεως** υπό ατμοσφαιρική πίεση, (EZH) **αποπεράτωση της εξαγωγής** και (HA) **αδιαβατική συμπίεση**, μέχρι να φθάσει το έμβολο στο Α.Ν.Σ. Και στο διάγραμμα αυτό έχουμε

$$r = 0,8 \left[ 1 + \frac{V_h}{V_a} \right]$$

αντίστοιχα με αυτό της βενζινομηχανής βαθμό συμπίεσης  $r$  ίσο με:

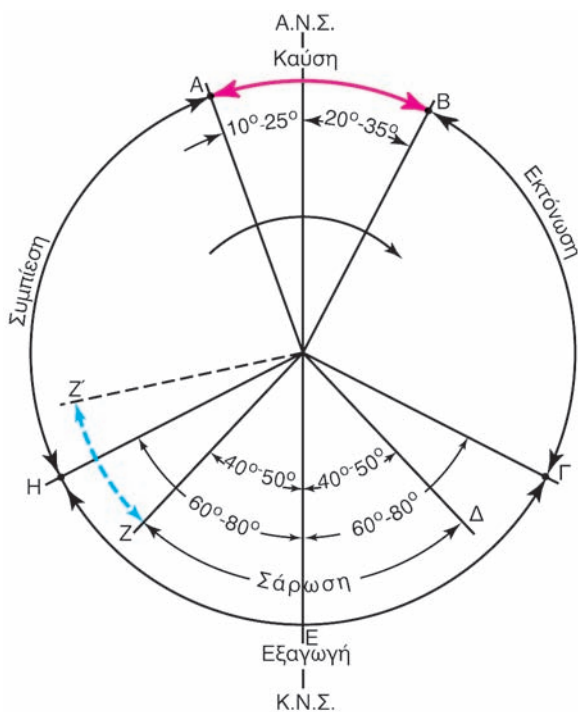
όπου ο παράγοντας 0,8 προκύπτει, όπως εκεί, λόγω της υπάρξεως των θυρίδων.

Τέλος το εμβαδόν του διαγράμματος ΑΒΓΔΕΖΗΑ μας δίνει το θεωρητικό έργο του κυλίνδρου στους δύο χρόνους του κυκλώματος λειτουργίας.

### 5.9 Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel. Γραφική παράστασή της στο κυκλικό διάγραμμα.

Οι γωνίες στροφάλου, όπου αρχίζει και τελειώνει κάθε μια φάση της πραγματικής λειτουργίας της μηχανής, παριστάνονται γραφικά στο κυκλικό διάγραμμα του σχήματος 5.9, όπου έχουμε:

Στο σημείο Α έναρξη της **εγχύσεως** σε  $10^\circ$  ως  $25^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ. (η οποία



Σχ. 5.9.

λέγεται και **προέγχυση**) και ταυτόχρονα και της **καύσεως**.

Στο σημείο Β,  $20^\circ$  ως  $35^\circ$  μετά το Α.Ν.Σ. **πέρασ εγχύσεως και καύσεως, έναρξη της εκτονώσεως.**

Στο σημείο Γ,  $60^\circ$  ως  $80^\circ$  πριν από το Κ.Ν.Σ. **έναρξη της εξαγωγής.**

Στο σημείο Δ,  $40^\circ$  ως  $50^\circ$  πριν από το Κ.Ν.Σ. **έναρξη της αποπλύσεως.**

Στο σημείο Ζ,  $40^\circ$  ως  $50^\circ$  μετά το Κ.Ν.Σ. **πέρασ της αποπλύσεως.**

Στο σημείο Η,  $60^\circ$  ως  $80^\circ$  μετά το Κ.Ν.Σ. **πέρασ της εξαγωγής, έναρξη συμπίεσεως.**

Στο σημείο Α,  $10^\circ$  ως  $25^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ. **πέρασ της συμπίεσεως, έναρξη της**

**εγχύσεως καύσεως.**

Από τα παραπάνω προκύπτει και η διάρκεια κάθε μιας πραγματικής φάσεως λειτουργίας ως εξής:

(ΑΒ): **καύση.**

(ΒΓ): **εκτόνωση.**

(ΓΗ): **εξαγωγή.**

(ΔΕ): **εισαγωγή - απόπλυση.**

(ΗΑ): **συμπίεση.**

Οι παραπάνω φάσεις κατανέμονται μεταξύ των 2 χρόνων ως εξής:

**Πρώτος χρόνος: Πέρασ εγχύσεως - καύσεως, εκτόνωση. Προεξαγωγή και προσάρωση.**

**Δεύτερος χρόνος: Πέρασ σαρώσεως, πέρασ εξαγωγής, συμπίεση, προέγχυση.**

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι στις ταχύστροφες μηχανές η έγχυση του καυσίμου γίνεται πολύ ενωρίτερα από τις βραδύστροφες και το ίδιο συμβαίνει και με τα σημεία ενάρξεως των άλλων φάσεων της.

Ειδικά για την απόπλυση χρησιμοποιούνται συχνά συστήματα κατάλληλα, ώστε το **τέλος της εισαγωγής του καθαρού αέρα να πραγματοποιείται μετά από το κλείσιμο της εξαγωγής**, δηλαδή μέχρι το σημείο Ζ' του κυκλικού διαγράμματος. Έτσι η πλήρωση του κυλίνδρου με ατμοσφαιρικό αέρα γίνεται τελειότερη και με πίεση 0,3 ως 0,4 μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, όση δηλαδή η πίεση την οποία δημιουργεί στον οχετό εισαγωγής η αντλία σαρώσεως.

Παρατηρούμε ακόμη, όπως και στις βενζινομηχανές, ότι το διάγραμμα αυτό της δίχρονης διαφέρει από το σπειροειδές της τετράχρονης πετρελαιομηχανής. Στην τετράχρονη μηχανή το σπειροειδές μας οδηγεί στην ορθή ρύθμιση της προεγχύσεως και της διάρκειας καύσεως, καθώς στο άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων, που εξαρτάται από μας. Στη δίχρονη επιτρέπει τη ρύθμιση της **προεγχύσεως μόνο** και της **διάρκειας καύσεως**, επειδή τα ανοίγματα και κλεισίματα των θυρίδων είναι προκαθορισμένα από τον κατασκευαστή και δεν μπορούμε να τα αλλάξουμε εύκολα, εκτός βέβαια από ειδικές περιπτώσεις, όπου **και σε δίχρονες χρησιμοποιούνται βαλβίδες πάνω στο πώμα αντί για θυρίδες πάνω στον κύλινδρο.**

### **5.10 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.**

Αυτό χαράζεται πάλι συγκριτικά με το θεωρητικό διάγραμμα όπως στο σχήμα 5.10, όπου έχουμε τις φάσεις λειτουργίας της δίχρονης πετρελαιομηχανής ως εξής:

Α – Α.Ν.Σ. – Β: **καύση** υπό περίπου **σταθερή πίεση.**

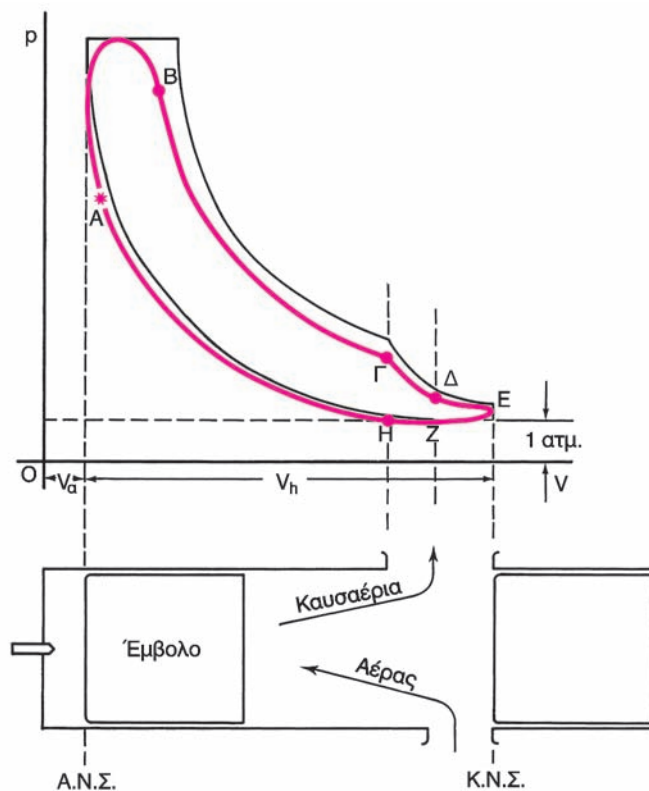
ΒΓ: **πολυτροπική εκτόνωση** χαμηλότερη από την αδιαβατική.

ΓΔΕΖΗ: **εξαγωγή.**

ΔΕΖ: **εισαγωγή** αέρα – **απόπλυση.**

ΗΑ: **πολυτροπική συμπίεση** χαμηλότερη από την αδιαβατική.

Τα χαρακτηριστικά σημεία Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η αντιστοιχούν με αυτά του κυκλικού



Σχ. 5.10.

διαγράμματος της προηγούμενης παραγράφου και από αυτά τα ΓΔΕΖΗ στις κόψεις των διαφόρων θυρίδων επάνω στον κύλινδρο. Η αντιστοιχία μεταξύ τους προσδιορίζεται με τη γραφική μέθοδο της παραγράφου 2.8.

$$r = 0,8 \left[ 1 + \frac{V_h}{V_d} \right]$$

Και στο διάγραμμα 5.10 έχουμε  $r$  ίσο με:  
ο οποίος κυμαίνεται από 12 ως 18 περίπου.

Το εμβαδόν τέλος του πραγματικού διαγράμματος ΑΒΓΔΕΖΗΑ μας παρέχει το πραγματικό ωφέλιμο έργο, που αποδίδει η δίχρονη πετρελαιομηχανή στους δύο χρόνους του κυκλώματος λειτουργίας της.

### 5.11 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό, κατά τα γνωστά, μας παρέχει ο δυναμοδείκτης και παριστάνει την

πραγματική λειτουργία της μηχανής, τη στιγμή ακριβώς που χαράζεται από αυτόν.

Χρησιμεύει για να συγκρίνομε τη λειτουργία της μηχανής με την ιδανική πραγματική λειτουργία και να προβαίνομε στις αναγκαίες ρυθμίσεις της μηχανής. Επίσης για να υπολογίζομε από το εμβαδόν του το **δυναμοδεικτικό έργο** του κυλίνδρου, και από αυτό τη **μέση ενδεικτική πίεση** και την **ενδεικτική ιπποδύναμη** της μηχανής μας.

## 5.12 Σύγκριση τετραχρόνων και δίχρονων πετρελαιομηχανών.

Ανάλογες με τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ τετραχρόνων και δίχρονων βενζινομηχανών (παράγρ. 2.14), είναι και οι διαφορές μεταξύ των τετραχρόνων και δίχρονων πετρελαιομηχανών.

Έτσι η βασική διαφορά τους έγκειται στον αριθμό των χρόνων, από τον οποίο συμπεραίνομε ότι για τις ίδιες διαστάσεις κυλίνδρου (διάμετρο - διαδρομή εμβόλου) και τον ίδιο αριθμό στροφών της μηχανής η δίχρονη πρέπει θεωρητικά τουλάχιστο να έχει διπλάσια ισχύ. Όπως όμως έχομε εξηγήσει και στην παράγραφο 2.14, λόγω της υπάρξεως των θυρίδων το βάρος του αέρα, που χρησιμοποιείται για την καύση, είναι περίπου 75% - 80% του βάρους, που χρησιμοποιεί η τετράχρονη, και κατ' επέκταση αυτό αφορά και στο καύσιμο, το οποίο μπορεί να κάψει η δίχρονη. Αυτό πάλι είναι ίσο με 75% - 80% του βάρους καυσίμου, που καίει η τετράχρονη. Εξ άλλου η τετράχρονη παρουσιάζει καλύτερη **ποιότητα καύσεως** από τη δίχρονη λόγω του ότι σε αυτήν το καύσιμο έχει περισσότερο διαθέσιμο χρόνο για να καεί τέλεια. Έτσι οι δυο αυτοί παράγοντες, η ύπαρξη των θυρίδων και η ποιότητα καύσεως έχουν ως αποτέλεσμα ότι η ισχύς της δίχρονης δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 40% περίπου από αυτή της τετράχρονης με τις ίδιες διαστάσεις κυλίνδρου, δηλαδή διάμετρο - διαδρομή. Πάντως όμως είναι μεγαλύτερη συγκριτικά και αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι η δίχρονη μηχανή είναι **ελαφρότερη** από την τετράχρονη ή, όπως αλλιώς λέμε, έχει μικρότερο ειδικό βάρος, δηλαδή «**βάρος ανά kW ή ανά ίππο μηχανής**». Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα, γιατί την καθιστά φθηνότερη στην αρχική εγκατάσταση, ενώ εξ άλλου ο παράγοντας αυτός του ειδικού βάρους έχει ιδιαίτερη σημασία σε ναυτικές κυρίως εγκαταστάσεις, όπου το βάρος παίζει σημαντικό ρόλο.

Η κατανάλωση καυσίμου εξ άλλου στην τετράχρονη λόγω καλύτερης ποιότητας καύσεως είναι 10% - 15% χαμηλότερη από την αντίστοιχη της δίχρονης και το ίδιο συμβαίνει και με την κατανάλωση λαδιού λιπάνσεως, γιατί η δίχρονη καίει περισσότερο λάδι λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, στις οποίες εργάζεται.

Η δίχρονη, επειδή έχει διπλάσιο αριθμό κινητηρίων χρόνων μέσα στον ίδιο αριθμό περιστροφών της μηχανής, έχει και ομαλότερο **ζεύγος στρέψεως** με λιγότερους κραδασμούς και επομένως ανάγκη μικρότερου σφονδύλου από την τετράχρονη.

Ο δίχρονος κινητήρας από την άποψη κατασκευής και συντηρήσεως είναι **απλούστερος**, διότι συνήθως δεν έχει βαλβίδες, ωστήρια κλπ. ενώ αντίθετα απαιτεί την ύπαρξη αντλίας σαρώσεως.

Λόγω συχνότερης καύσεως ο δίχρονος κινητήρας ρυπαίνεται ταχύτερα και έχει ανάγκη από συχνότερο **καθαρισμό**, ενώ τα τεμάχιά του, τα οποία βρίσκονται σε επαφή με το θάλαμο καύσεως, φθείρονται ταχύτερα.

Για τον ίδιο λόγο της συχνότερης καύσεως, η λειτουργία του είναι περισσότερο θορυβώδης από αυτήν του τετράχρονου.

Από την άποψη χειρισμού τέλος ο δίχρονος κινητήρας παρουσιάζεται απλούστερος.

Από όλες αυτές τις διαφορές το μικρότερο αρχικό κόστος της εγκατάστασής και το μικρότερο βάρος ανά ίππο της δίχρονης τον καθιστούν προτιμότερο για τις εγκαταστάσεις πλοίων, ενώ σε όλες σχεδόν τις άλλες περιπτώσεις προτιμάται σχεδόν κατά κανόνα ο τετράχρονος λόγω της μικρότερης ειδικής καταναλώσεως του σε καύσιμο και σε λιπαντικό λάδι.

### 5.13 Πετρελαιομηχανές Diesel μικτού κυκλώματος.

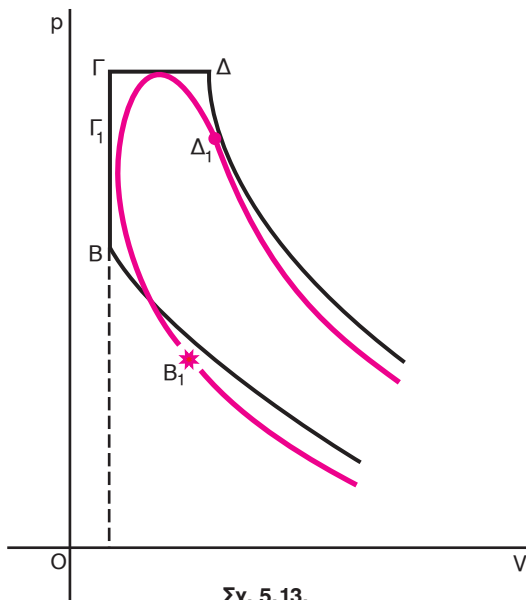
Χαρακτηριστικό των μηχανών αυτών είναι, όπως ξέρομε, ότι η έγχυση και η καύση του καυσίμου μέσα στον κύλινδρο πραγματοποιείται κατά ένα ποσοστό υπό σταθερό όγκο, και κατά το υπόλοιπο υπό σταθερή πίεση.

Έτσι αν πάρουμε την περιοχή της εγχύσεως μόνο, σε θεωρητικό διάγραμμα μιας μηχανής μικτού κυκλώματος, αδιάφορα τετράχρονης ή δίχρονης (σχ. 5.13), παρατηρούμε ότι, στο σημείο B, όπου σταματά η συμπίεση, αρχίζει η έγχυση και η καύση πρώτα υπό σταθερό όγκο, κατά τη BΓ και στη συνέχεια υπό σταθερή πίεση κατά

αυτές, είναι γνωστά τα στοιχεία του βαθμού εκρήξεως  $\frac{p_1}{p_2}$  και της διάρκειας καύσεως

τη ΓΔ.

Στο πραγματικό διάγραμμα τα στοιχεία αυτά είναι αντιστοίχως το  $B_1$ , η  $B_1 \Gamma_1$  και η  $\Gamma_1 \Delta_1$ .



Σχ. 5.13.

Από τη μελέτη του κύκλου Sabathé [παράγρ. 1.8(3)] που ακολουθούν οι μηχανές κατά τη ΓΔ που προσδιορίζουν χαρακτηριστικά τη λειτουργία τους.

Με βάση τώρα το διάγραμμα του σχήματος 5.13 και τα γνωστά μας θεωρητικά, σπειροειδή ή κυκλικά και πραγματικά διαγράμματα των τετραχρόνων ή διχρόνων πετρελαιομηχανών Diesel μπορούμε εύκολα με το γνωστό τρόπο να σχεδιάσουμε τα θεωρητικά, σπειροειδή, κυκλικά και πραγματικά διαγράμματα των τετραχρόνων και διχρόνων πετρελαιομηχανών Diesel του μικτού κυκλώματος. Πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι τα ανοίγματα των βαλβίδων στις μηχανές αυτές και ιδιαίτερα η έναρξη της εγχύσεως γίνονται νωρίτερα από ό,τι στις μηχανές Diesel και τα κλεισίματα αργότερα, επειδή οι μηχανές μικτού κυκλώματος είναι κατά κανόνα πολύστροφες. Τα στοιχεία αυτά παρέχονται κάθε φορά από τους κατασκευαστές με μορφή σπειροειδούς ή κυκλικού διαγράμματος. Ειδικά η έναρξη της εγχύσεως γίνεται περίπου  $30^\circ - 40^\circ$  πριν από το Α.Ν.Σ.

Όσον αφορά τέλος την πίεση κατά την έγχυση και την καύση, πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι η πίεση συμπίεσεως  $p_2$  φθάνει  $30 - 35$  bar περίπου και η πίεση στο τέλος της υπό σταθερό όγκο καύσεως  $p_3$  φθάνει σε  $50$  ως  $70$  bar. Ανάλογη είναι και η αύξηση της θερμοκρασίας κατά την καύση, η οποία φθάνει τη μέγιστη τιμή των  $2000^\circ$  ως  $2200^\circ\text{C}$  περίπου και από αυτήν η αύξηση της αποδόσεως του κυκλώματος, όπως έχουμε εξηγήσει στην περιγραφή του κύκλου Carnot, του βιβλίου Κινητήριες Μηχανές της Β' Τεχνικού Λυκείου.

#### 5.14 Συσχέτιση της λειτουργίας των μηχανών Diesel μικτού κυκλώματος προς τις μηχανές Otto και Diesel.

Από τη θερμοδυναμική μελέτη των διαφόρων κυκλωμάτων, προκύπτει ότι το κύκλωμα Otto έχει θεωρητικά τη μεγαλύτερη απόδοση, ενώ το κύκλωμα Diesel συγκριτικά μικρότερη (παράγρ. 1.9). Με βάση αυτό το δεδομένο οι κατασκευαστές των πετρελαιομηχανών απέβλεψαν στο να πραγματοποιήσουν το κύκλωμα Diesel ως ένα ποσοστό υπό σταθερό όγκο, δηλαδή πλησιέστερα προς το κύκλωμα Otto. Έτσι δημιουργήθηκε το μικτό αυτό κύκλωμα Otto – Diesel ή Sabathé.

Σε αυτό, όπως άλλωστε γνωρίζουμε από την παράγραφο 1.8(3), όσο η διάρκεια καύσεως μικραίνει, τόσο το κύκλωμα πλησιάζει προς το κύκλωμα Otto και αυξάνει η απόδοση της μηχανής και γίνεται μέγιστη, όταν μηδενισθεί η διάρκεια καύσεως ΓΔ, οπότε το κύκλωμα ταυτίζεται με το κύκλωμα Otto. Όταν πάλι ο βαθμός εκρήξεως  $p_3/p_2$  μικραίνει, τότε η απόδοση του κυκλώματος πέφτει και όταν αυτός γίνει  $p_3/p_2 = 1$ , τότε το μικτό κύκλωμα ταυτίζεται με το κύκλωμα Diesel και έχει τη μικρότερή του απόδοση.

Στην πραγματικότητα τέλος, όπως θα δούμε και στα κεφάλαια τα σχετικά με την απόδοση και τις καταναλώσεις, προηγούνται **οι μηχανές του μικτού κυκλώματος, ακολουθούν οι μηχανές Diesel και μετά από αυτές ακολουθούν οι μηχανές Otto**. Αυτό οφείλεται όπως ξέρομε, στη μικρή **συμπίεση** που γίνεται υποχρεωτικά στις μηχανές Otto εξ αιτίας της **εκρηκτικότητας** της βενζίνης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### ΣΑΡΩΣΗ Ή ΑΠΟΠΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΧΡΟΝΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

#### 6.1 Τα συστήματα σαρώσεως ή αποπλύσεως των δίχρονων πετρελαιομηχανών.

##### 6.1.1 Απόπλυση στοιχειώδης μέσω του στροφαλοθαλάμου.

Στο σύστημα αυτό (σχ. 6.1α), το οποίο είναι παρόμοιο με το σύστημα σαρώσεως των δίχρονων βενζινομηχανών, όταν το έμβολο ανέρχεται, σχηματίζει κενό μέσα στο στροφαλοθάλαμο. Τότε ανοίγουν αυτόματα οι βαλβίδες αναρροφήσεως (α - α) (κλαπέ) και εισέρχεται ο ατμοσφαιρικός αέρας μέσα στο στροφαλοθάλαμο. Όταν το έμβολο αρχίσει να κατέρχεται και να εκτελεί τον κινητήριο χρόνο της μηχανής, συμπιέζει τον αέρα, που εισήλθε στο στροφαλοθάλαμο, και από την πίεση που αναπτύσσεται κλείνουν οι βαλβίδες (α - α). Ο αέρας αυτός τελικά με μικρή υπερπίεση, 1/10 bar μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, κατευθύνεται από τον πλευρικό οχετό Β προς τον κύλινδρο και αρχίζει να εισέρχεται σε αυτόν, μόλις το κατερχόμενο έμβολο αποκαλύψει τη θυρίδα εισαγωγής σ.

Το σύστημα αυτό εφαρμόζεται μόνο σε μικρές μηχανές Diesel ή Semi - Diesel και η σάρωση, που επιτυγχάνεται με αυτό, χαρακτηρίζεται ως στοιχειώδης.

##### 6.1.2 Απόπλυση θετική ή βεβιασμένη με ιδιαίτερη αντλία αποπλύσεως.

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιείται ιδιαίτερη αντλία, η οποία λέγεται **αντλία αποπλύσεως** ή **αντλία σαρώσεως** και η οποία συνήθως κινείται από την ίδια τη μηχανή ή από τον άξονά της μέσω οδοντωτών τροχών, οπότε κατά κανόνα είναι περιστροφική, ή από το διωστήρα του εμβόλου μέσω συστήματος μοχλών ή ζυγών (παλάντζα), οπότε είναι εμβολοφόρος παλινδρομικού τύπου. Συνήθως δημιουργεί υπερπίεση, δηλαδή πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική κατά 0,3 ως 0,5 bar περίπου.

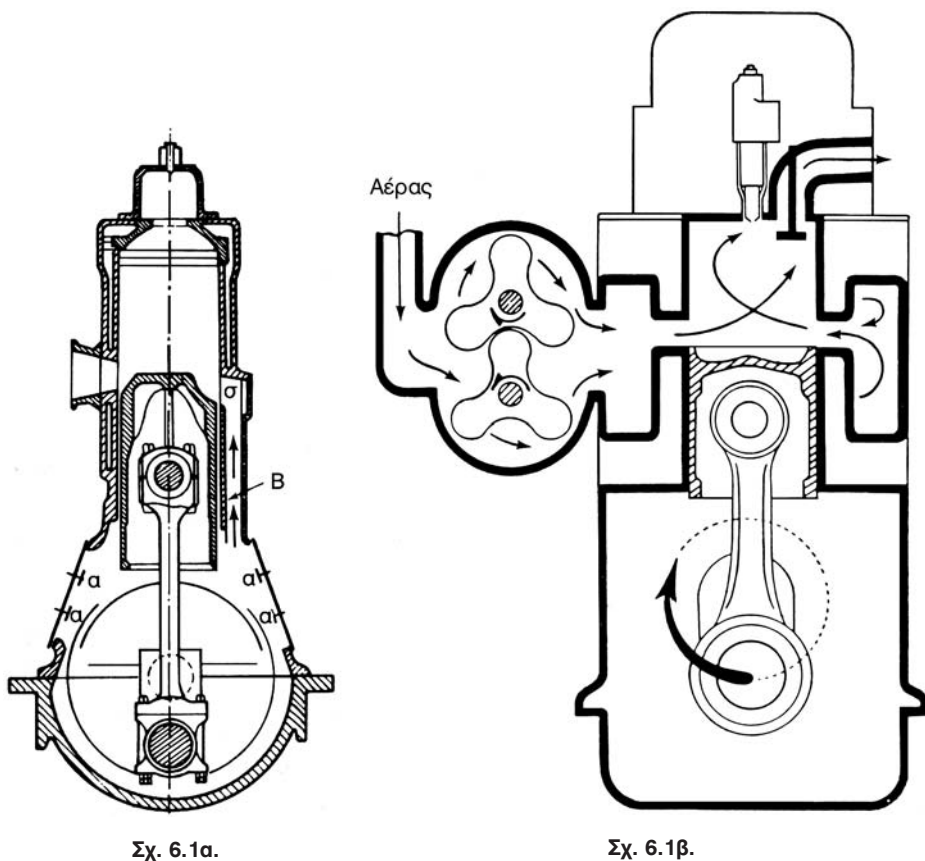
Το σχήμα 6.1β παριστάνει αντλία αποπλύσεως με περιστρεφόμενους λοβούς σε τομή μιας δίχρονης μηχανής. Τα βέλη δείχνουν την πορεία του αέρα από την είσοδο στην αντλία μέχρι την έξοδο από τη μηχανή.

Το σχήμα 6.1γ παριστάνει την ίδια αντλία κατά την εξάρμοση των λοβών από το κέλυφος.

Το σχήμα 6.1δ παριστάνει παλινδρομική αντλία σαρώσεως Α η οποία κινείται μέσω μοχλού από το ζύγωμα της μηχανής. Ανάλογη είναι η διάταξη κινήσεως μέσω ζυγού (κ. παλάντζας).

##### 6.1.3 Διατάξεις σαρώσεως ή αποπλύσεως.





Σχ. 6.1α.

Σχ. 6.1β.

α) **Απλή εγκάρσια απόπλυση** με θυρίδες επάνω στον κύλινδρο. Οι θυρίδες βρίσκονται η μία απέναντι στην άλλη (σχ. 6.1ε).

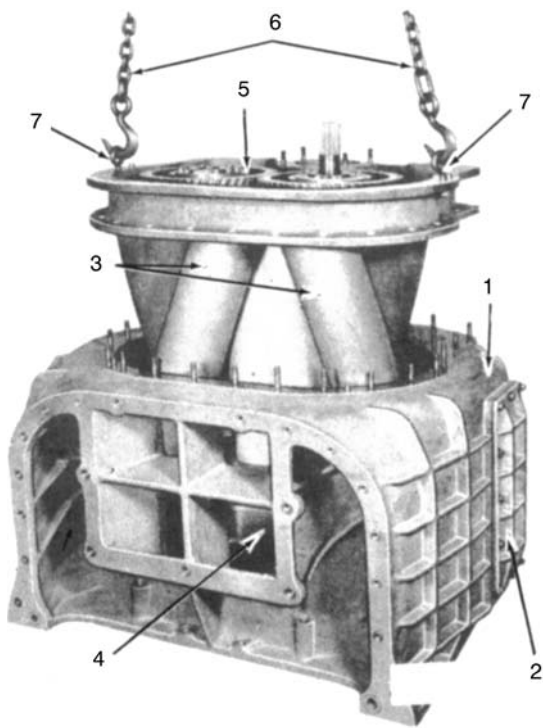
β) **Διαμήκης απόπλυση** με εισαγωγή του αέρα από θυρίδες στην περιφέρεια του κυλίνδρου και εξαγωγή από βαλβίδες στο πάμα του (σχ. 6.1στ).

γ) Διαμήκης-κυκλική απόπλυση. Εφαρμόζεται σε μηχανές με αντικείμενα έμβολα από θυρίδες σαρώσεως στο επάνω και θυρίδες εξαγωγής στο κάτω μέρος του κυλίνδρου (σχ. 6.1ζ).

δ) **Απόπλυση με διπλές θυρίδες εισαγωγής και αναπνευστικές βαλβίδες.**

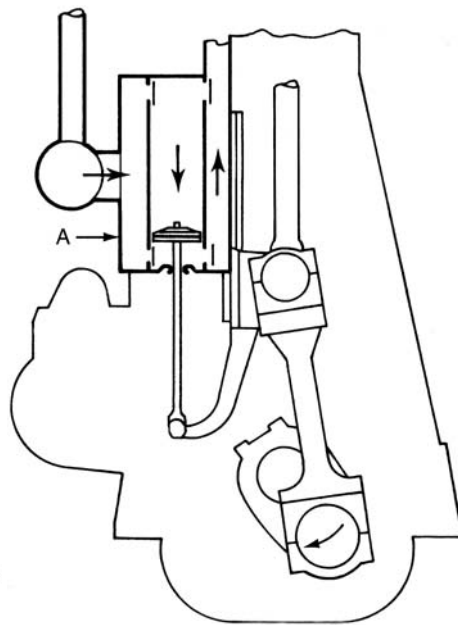
Με τη διάταξη αυτή επιτυγχάνεται ώστε η εισαγωγή του αέρα αποπλύσεως να τελειώνει λίγο βραδύτερα μετά το τέλος της εξαγωγής (παράγρ. 5.9 και σχ. 5.9) και ο κύλινδρος να γεμίζει καλύτερα με πυκνότερο ατμοσφαιρικό αέρα που έχει την πίεση της αποπλύσεως, δηλαδή μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Έτσι αντιμετωπίζεται μερικώς η μειωμένη συμπίεση της μηχανής λόγω της υπάρξεως των θυρίδων, οι οποίες ελαττώνουν την ωφέλιμη διαδρομή συμπίεσεως.

Στο σχήμα 6.1η παριστάνεται η παραπάνω διάταξη αποπλύσεως. Σε αυτό Σ είναι ο σχετός αποπλύσεως, β οι ανεπίστροφες αναπνευστικές βαλβίδες δισκοειδούς τύπου και με μικρό πάχος, θ<sub>1</sub> και θ<sub>2</sub> οι θυρίδες αποπλύσεως και Ε η θυρίδα της εξαγωγής. Όταν το έμβολο κινείται προς τα κάτω, αποκαλύπτει τις θυρίδες της επάνω σειράς θ<sub>1</sub>, από τις οποίες όμως δεν

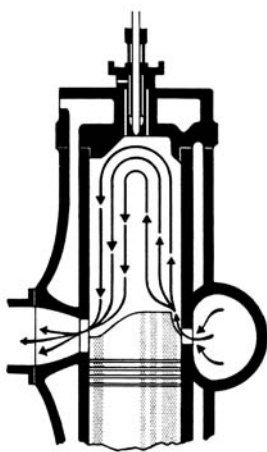


Σχ. 6.1γ.

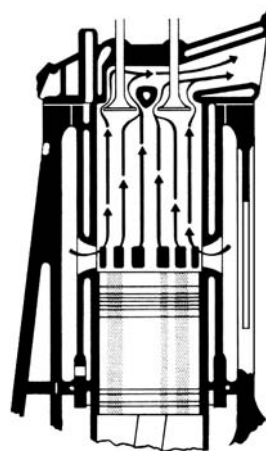
1) Σώμα αντλίας. 2) Πλευρικό πόμα. 3) Λοβοί. 4) Εισα-γωγή αέρα σαρώσεως στην αντλία. 5) Οδοντωτός τροχός κινήσεως των λοβών. 6) Ανάρτηση. 7) Κοχλίες αναρτήσεως.



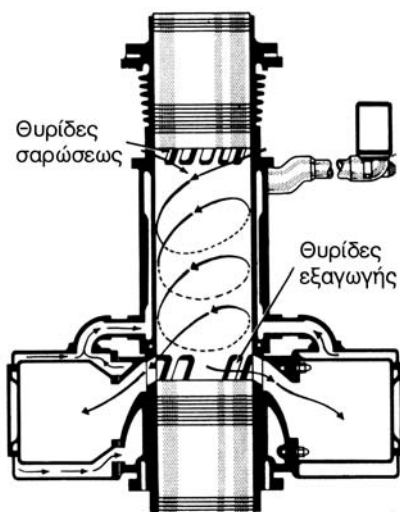
Σχ. 6.1δ.



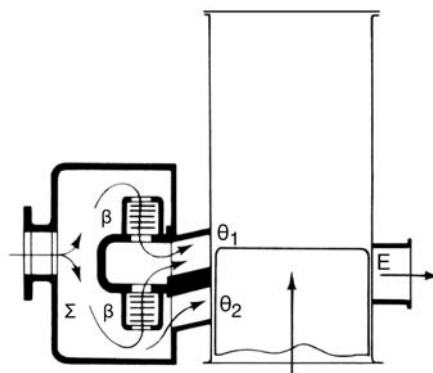
Σχ. 6.1ε.



Σχ. 6.1στ.



Σχ. 6.1ζ.



Σχ. 6.1η.

εισέρχεται αμέσως αέρας αποπλύσεως, γιατί οι βαλβίδες  $\beta - \beta$  δεν ανοίγουν, όσο η πίεση μέσα στον κύλινδρο είναι ακόμη μεγαλύτερη από την πίεση του οχετού σαρώσεως ούτε πάλι τα καυσαέρια εξέρχονται προς τον οχετό σαρώσεως, γιατί οι βαλβίδες  $\beta$ , όπως είπαμε είναι ανεπίστροφες.

Όταν λόγω της εκτονώσεως και της εξαγωγής των καυσαερίων από τον κύλινδρο η πίεση μέσα σε αυτόν γίνει χαμηλότερη από την πίεση του οχετού αποπλύσεως, ο οποίος τροφοδοτείται από την αντλία σαρώσεως με αέρα με απόλυτη πίεση 1,2 ως 1,3 bar, οι δισκοειδείς βαλβίδες  $\beta$  ανοίγουν αυτόματα και αρχίζει η είσοδος του αέρα στον κύλινδρο από τις πάνω θυρίδες  $\theta_1$ . Όταν αποκαλυφθούν και οι κάτω θυρίδες  $\theta_2$ , η απόπλυση γίνεται και από αυτές εντονότερη.

Στη διαδρομή του εμβόλου προς τα επάνω μετά το κλείσιμο των κάτω θυρίδων  $\theta_2$  και των θυρίδων εξαγωγής  $E$ , και όπως το έμβολο ανέρχεται, όταν η πίεση συμπίεσεως υπερβεί την πίεση αποπλύσεως ή όταν το έμβολο καλύψει και τις επάνω θυρίδες  $\theta_1$ , οι αναπνευστικές βαλβίδες  $\beta - \beta$  θα κλείσουν μόνες τους. Έτσι τη στιγμή που θα αρχίσει η συμπίεση, ο κύλινδρος θα είναι γεμάτος από αέρα, ο οποίος θα έχει την πίεση του οχετού της σαρώσεως.

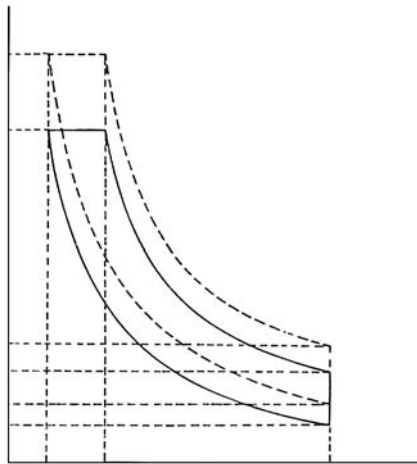
Εκτός από αυτήν που περιγράψαμε υπάρχουν και άλλες παρόμοιες με αυτή διατάξεις, όπως π.χ. αυτή που εφαρμόζεται σε πολύ μεγάλες μηχανές ναυτικού τύπου, όπου αντί για αναπνευστικές βαλβίδες χρησιμοποιείται περιστροφικός σύρτης, ο οποίος κινείται μηχανικά από τη μηχανή και ανοίγει και κλείνει τις θυρίδες μηχανικά τη δεδομένη στιγμή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

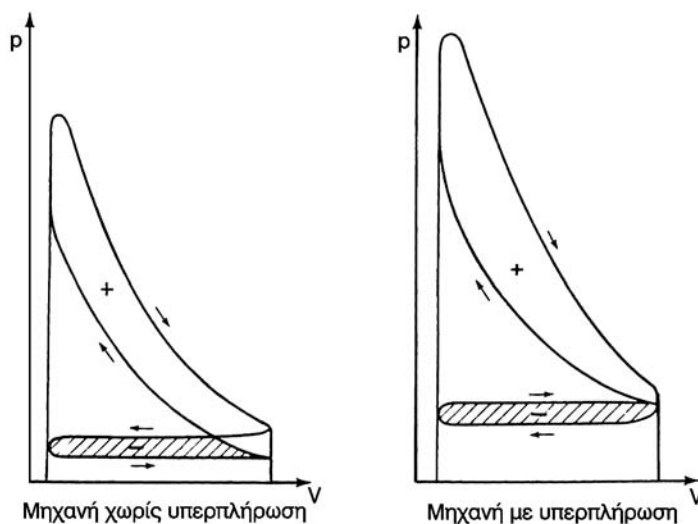
#### 7.1 Η υπερπλήρωση των μηχανών και η υπερφόρτωση.

Υπερπλήρωση της μηχανής καλείται η αναγκαστική εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα στον κύλινδρο σε ποσότητα μεγαλύτερη από εκείνη, που μπορεί να αναρροφήσει με το κενό μόνο που δημιουργεί το έμβολο. Η εισαγωγή του αέρα γίνεται με πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, περίπου 1,5 - 2,2 bar και από ιδιαίτερη αντλία, η οποία καλείται **αντλία υπερπληρώσεως** ή **υπερτροφοδοτήσεως**. Λόγω ακριβώς της μεγαλύτερης πίεσεως προκύπτει μεγαλύτερο το βάρος του αέρα, ο οποίος καταλαμβάνει τον απογεννώμενο από το έμβολο όγκο. Έτσι η μηχανή μπορεί να κάψει περισσότερη ποσότητα καυσίμου, ώστε να αυξηθεί ανάλογα η ισχύς της και αυτό χωρίς να έχουμε κακή καύση και χωρίς να παρατηρηθεί καμιά αντικανονική ύψωση των θερμοκρασιών. Η υπερπλήρωση μοιάζει με τον τεχνητό ελκυσμό των λεβήτων.



Σχ. 7.1α.

Στο σχήμα 7.1α φαίνεται καθαρά η διαφορά του παραγόμενου έργου σε σύγκριση των δύο κυκλωμάτων Diesel, χωρίς υπερπλήρωση με την πλήρη γραμμή και με υπερπλήρωση με την εστιγμένη και στο σχήμα 7.1β σε σύγκριση δύο πραγματικών διαγραμμάτων 4χρονης Diesel κατασκευής της Fiat.



Σχ. 7.1β.

Και στα δύο σχήματα 7.1α και 7.1β χαρακτηριστική είναι η υψηλότερη πίεση από την οποία αρχίζει η συμπίεση.

Η υπερπλήρωση των πετρελαιομηχανών, η οποία εφαρμόζεται και σε βενζινομηχανές αεροπλάνων ή αυτοκινήτων αγώνων κλπ., δεν πρέπει να συγχέεται με τη λεγόμενη **υπερφόρτωση** της μηχανής, η οποία σημαίνει τη βεβαιωμένη αύξηση της ισχύος της για μικρό μόνο χρονικό διάστημα (1 ώρα περίπου) σε ποσοστό από 10% ως 20% περίπου. Όλες οι μηχανές αντέχουν σε μία υπερφόρτωση για περιορισμένο χρόνο χωρίς δυσάρεστα επακόλουθα.

Στην υπερφόρτωση χορηγούμε αυξημένη ποσότητα πετρελαίου ανά κύκλωμα, χωρίς όμως ανάλογη αύξηση και του καυσιγόνου αέρα. Έτσι, ενώ ο κύλινδρος είναι κατασκευασμένος σε ορισμένες διαστάσεις (διάμετρο - διαδρομή εμβόλου) και μπορεί να αναρροφήσει ορισμένη ποσότητα αέρα, η οποία επαρκεί για την τέλεια καύση ορισμένης πάλι ποσότητας καυσίμου, με την υπερφόρτωση του χορηγούμε μόνο περισσότερο καύσιμο. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι αυξάνομε βέβαια για μικρό διάστημα την ιπποδύναμη, που αναπτύσσει η μηχανή, προκαλούμε όμως **κακή ποιότητα καύσεως, ρύπανση του κυλίνδρου, υπερθέρμανση** των μερών του θαλάμου καύσεως και **ελάττωση του βαθμού αποδόσεως της μηχανής**.

Η υπερφόρτωση κατά κανόνα αποφεύγεται. Εκτελείται κυρίως στις δοκιμές παραλαβής μιας καινούργιας μηχανής ή μετά από μία γενική επισκευή ή τέλος σε περιπτώσεις μεγάλης ανάγκης για αυξημένη ιπποδύναμη.

## 7.2 Συστήματα υπερπληρώσεως.

Εφαρμόζονται πολλά συστήματα υπερτροφοδοτήσεως ανάλογα με τον τύπο μηχανής και τον κατασκευαστή της. Έτσι έχουμε τα συστήματα Buchi, Suizer, Fiat κλπ. Γενικά όμως αυτά χαρακτηρίζονται από τον τύπο της αντλίας υπερτροφοδοτήσεως η οποία μπορεί να είναι:

**Παλινδρομική αεραντλία** η οποία κινείται μέσω ζυγού από την κύρια μηχανή.

**Αντλία περιστρεφόμενων εμβόλων (λοβών)** η οποία κινείται μέσω οδοντωτών τροχών από την κύρια μηχανή.

**Φυγοκεντρικός συμπίεστής** ο οποίος κινείται με μηχανική μετάδοση από τη μηχανή.

**Φυγοκεντρικός συμπίεστής** ο οποίος κινείται από αεριοστρόβιλο, που κινείται με τη δύναμη των καυσαερίων της εξαγωγής της μηχανής.

Στις 4χρονης μηχανές χρησιμοποιείται μόνο η αντλία υπερτροφοδοτήσεως.

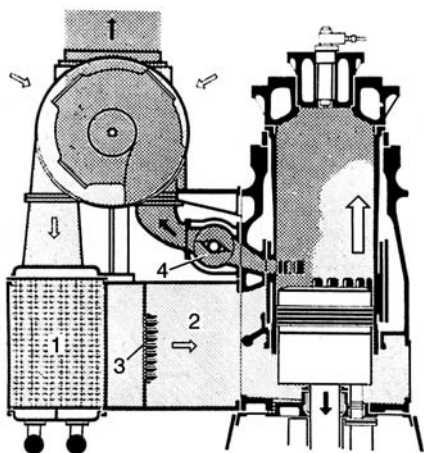
Στις 2χρονης χρησιμοποιούνται αντλία σαρώσεως και αντλία υπερτροφοδοτήσεως ή πολλές φορές οι δύο συνδυάζονται σε μία αντλία.

Ο αέρας της υπερτροφοδοτήσεως ψύχεται σε ψυκτήρα πριν από την είσοδό του στη μηχανή, επειδή με τη συμπίεση θερμαίνεται και γίνεται ελαφρότερος. Η ψύξη προκαλεί τη συστολή του αέρα ώστε το βάρος του που θα μπει στον κύλινδρο να γίνεται μεγαλύτερο.

Στο σχήμα 7.2α φαίνεται η διάταξη ψύξεως του αέρα. Σε αυτό βλέπομε το ψυγείο του αέρα, τον αγωγό του αέρα σαρώσεως, τις ανεπίστροφες βαλβίδες σαρώσεως και τις βαλβίδες εξαγωγής.

Η ψύξη του αέρα είναι ιδιαίτερα αναγκαία στις 2χρονης πετρελαιομηχανές όπου τοποθετείται ψυκτήρας πριν από την αντλία σαρώσεως (προψυκτήρας) και μετά από αυτή (μεταψυκτήρας).

Η αντλία υπερπληρώσεως καταθλίβει τον αέρα με πίεση 1,5 - 2,2 bar.



**Σχ. 7.2α.**

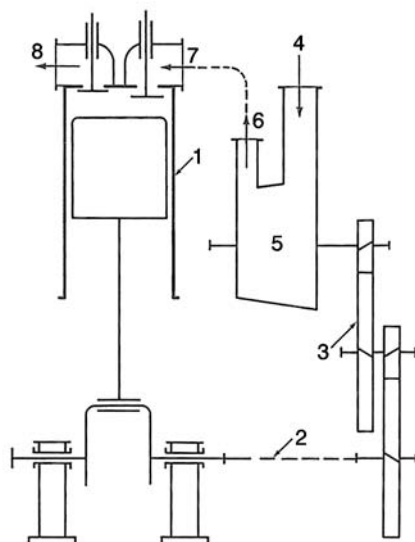
- 1) Ψυγείο αέρα. 2) Οχετός σαρώσεως. 3) Ανεπίστροφοι βαλβίδες σαρώσεως. 4) Βαλβίδα εξαγωγής.

Τα σχήματα 7.2β, 7.2γ παριστάνουν διάταξη 4χρονης μηχανής με συμπίεστή εξαρτημένο και με καυσαέρια αντίστοιχα.

Τα σχήματα 7.2δ, 7.2ε παριστάνουν αντίστοιχα τη διάταξη υπερπληρώσεως για 2χρονη μηχανή. Το χαρακτηριστικό στη διάταξη αυτή είναι ότι η τροφοδότηση του στρόβιλου ελέγχεται με το περιστροφικό σύστη 4 ο οποίος τοποθετείται στην εξαγωγή των καυσαερίων από τη μηχανή.

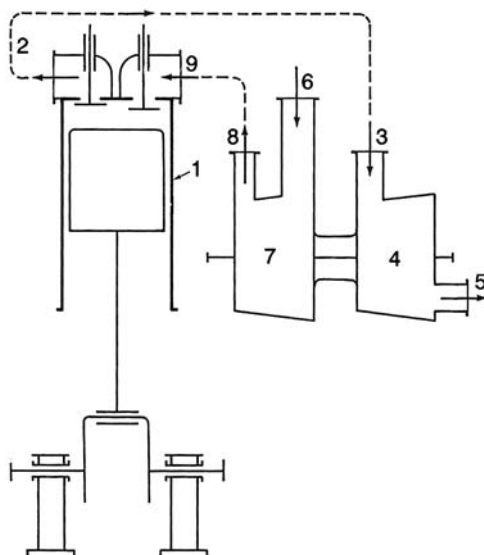
Στο σχήμα 7.2στ εικονίζεται το σύστημα υπερτροφοδοτήσεως Fiat από τα πιο σύγχρονα για 2χρονης μηχανές.

Το σχήμα 7.2ζ παριστάνει την τυπική διάταξη ενός στρόβιλοσυμπιεστή με καυσαέρια.



Σχ. 7.2β.

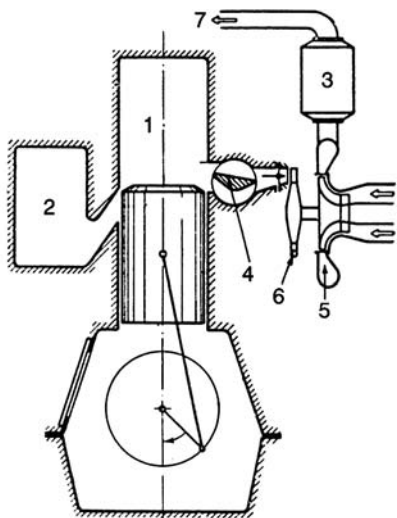
1) Πετρελαιομηχανή 4χρονη. 2) Σύνδεσμος κινήσεως συμπιεστή. 3) Οδοντωτοί τροχοί μεταδόσεως της κινήσεως. 4) Εισαγωγή αέρα στο συμπιεστή. 5) Συμπιεστής. 6) Έξοδος αέρα από το συμπιεστή. 7) Αγωγός εισαγωγής αέρα στη μηχανή. 8) Εξαγωγή καυσαερίων μηχανής.



Σχ. 7.2γ.

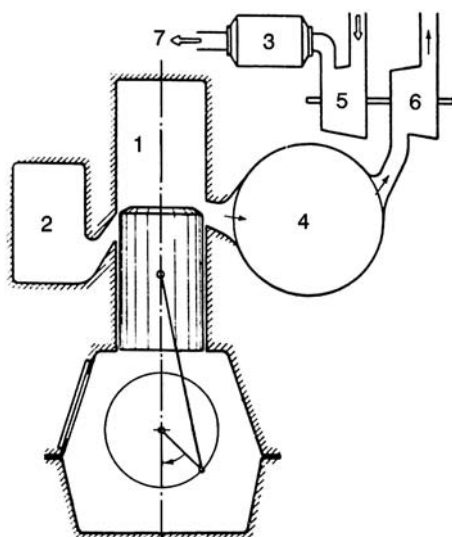
1) Πετρελαιομηχανή 4χρονη. 2) Αγωγός εξαγωγής καυσαερίων από τη μηχανή. 3) Εισαγωγή καυσαερίων στο στρόβιλο. 4) Αξονικός στρόβιλος καυσαερίων. 5) Εξαγωγή του στροβίλου. 6) Εισαγωγή αέρα στο συμπιεστή. 7) Συμπιεστής. 8) Εξαγωγή αέρα από τον συμπιεστή. 9) Αγωγός εισαγωγής αέρα στη μηχανή.





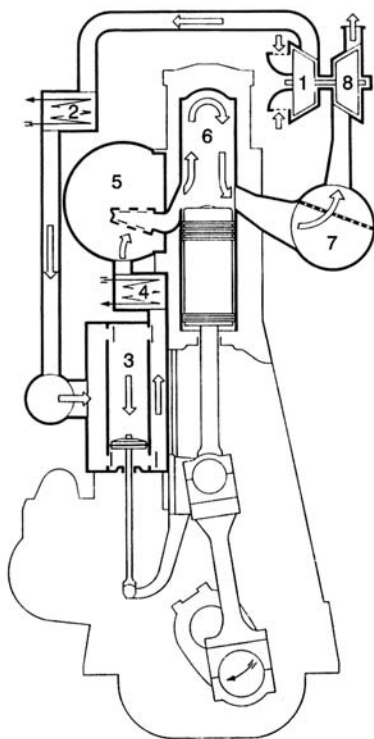
Σχ. 7.2δ.

1) Ο κύλινδρος. 2) Ο συλλέκτης σαρώσεως. 3) Το ψυγείο αέρα. 4) Η βαλβίδα οχητού εξαγωγής. 5) Ο συμπιεστής. 6) Ο στρόβιλος. 7) Ο αέρας υπερπληρώσεως.



Σχ. 7.2ε.

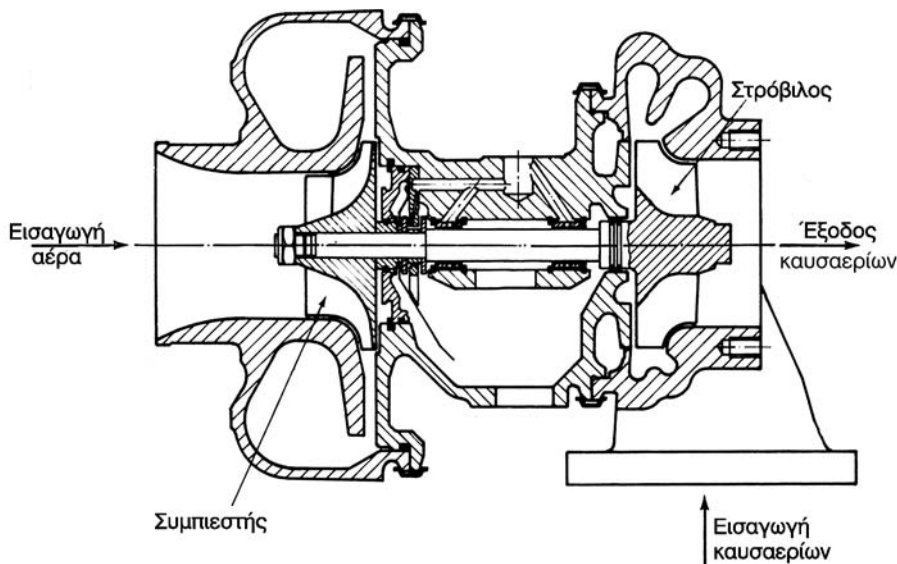
1) Ο κύλινδρος. 2) Ο συλλέκτης σαρώσεως. 3) Το ψυγείο αέρα. 4) Ο συλλέκτης καυσαερίων εξαγωγής. 5) Ο συμπιεστής. 6) Ο στρόβιλος. 7) Ο αέρας υπερπληρώσεως.



Σχ. 7.2στ.

1) Στροβιλοσυμπιεστής, 1η φάση συμπίεσεως. 2) Προφυκτήρας. 3) Παλινδρομική αερανλία, 2η φάση συμπίεσεως. 4) Με-ταψυκτήρας. 5) Αγωγός σαρώσεως. 6) Κύ-λινδρος. 7) Αγωγός εξαγωγής καυσαερίων. 8) Στρόβιλος του συμπιεστή.





Σχ. 7.2ζ.

Τα στοιχεία της ρυθμίσεως των βαλβίδων σε μια τετράχρονη πετρελαιομηχανή με υπερπλήρωση είναι περίπου τα εξής:

Άνοιγμα βαλβίδας εισαγωγής	45° ~ 50° πριν από το Α.Ν.Σ.
Κλείσιμο βαλβίδας εισαγωγής	30° ~ 40° μετά το Κ.Ν.Σ.
Άνοιγμα βαλβίδας εξαγωγής	45° ~ 55° πριν από το Κ.Ν.Σ.
Κλείσιμο βαλβίδας εξαγωγής	40° ~ 60° μετά το Α.Ν.Σ.

Διαφέρουν δηλαδή ουσιαστικά από τα στοιχεία ρυθμίσεως της μηχανής χωρίς υπερπλήρωση. Όσον αφορά τα στοιχεία εγχύσεως του καυσίμου, αυτά παραμένουν τα ίδια με τα στοιχεία της μηχανής χωρίς υπερπλήρωση.

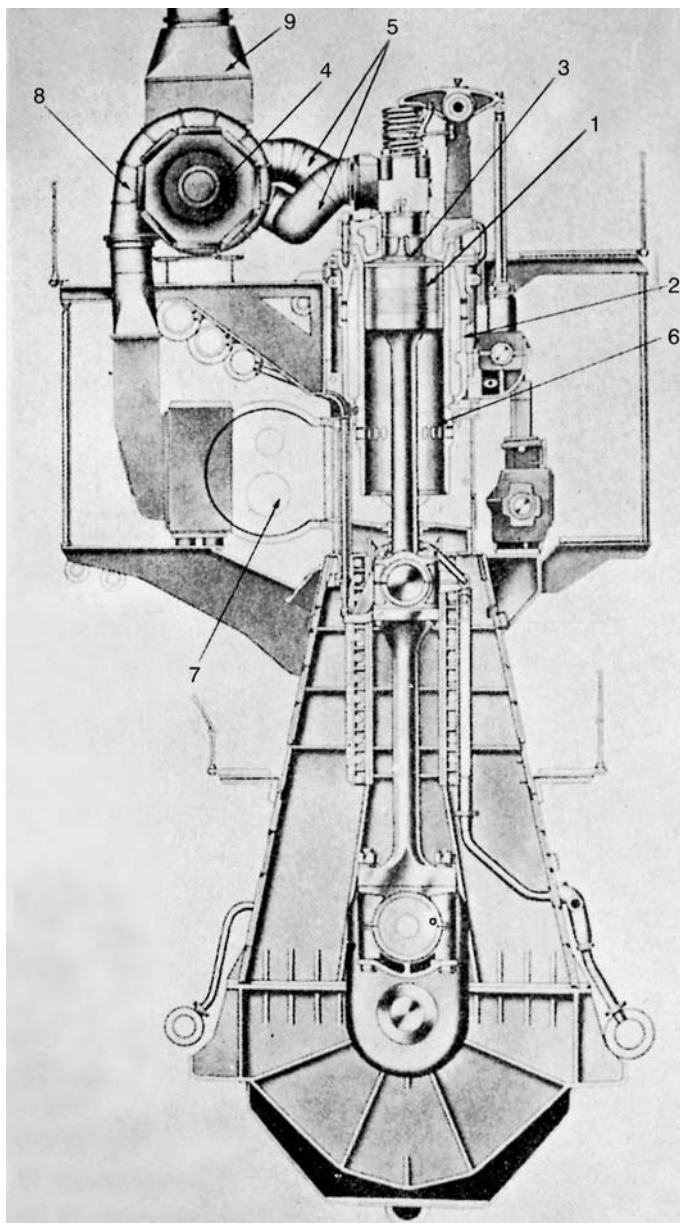
Στις 2χρονες μηχανές γίνεται συνήθως συνδυασμός της αποπλύσεως και της υπερπληρώσεως, ώστε να χρησιμοποιείται ενιαία αντλία και για τις δύο αυτές λειτουργίες.

Με την υπερπλήρωση γενικά επιτυγχάνομε αύξηση της ισχύος της μηχανής συνήθως μέχρι 50%. Σε ειδικές περιπτώσεις μέχρις 100% ή και περισσότερο.

Η υπερπλήρωση γενικά συμφέρει, γιατί με μικρή μόνο παραπάνω δαπάνη τόση όση η αξία του στροβιλοσυμπιεστή και των σωληνώσεων που σχετίζονται με αυτόν, επιτυγχάνομε μεγάλη αύξηση της ισχύος. Για το λόγο αυτό οι μηχανές μεσαίου και μεγάλου μεγέθους είναι σχεδόν πάντοτε μηχανές με υπερπλήρωση.

Οι πολυκύλινδρες μηχανές τέλος χρησιμοποιούν μερικές φορές περισσότερους από ένα στροβιλοσυμπιεστές, ο καθένας από τους οποίους τροφοδοτείται με τα καυσαέρια μιας ομάδας κυλίνδρων αντιστοίχως.

Στο σχήμα 7.2η παριστάνεται ο κύλινδρος μηχανής Burmeister and Wain, με διάμετρο κυλίνδρου 740 mm και διαδρομή εμβόλου 1.600 mm, με στροβιλοφυσητήρα και υπερτροφοδότηση. Η ιπποδύναμη της παραπάνω μηχανής, λόγω της καταθλίψεως του αέρα σαρώσεως υπό πίεση (υπερτροφοδότηση), είναι ανώτερη κατά το ένα τρίτο από την αντίστοιχη μηχανή παλαιού τύπου, χωρίς δηλαδή υπερτροφοδότηση. Η μέση ενδεικτική πίεση στη μηχανή με υπερτροφοδότηση είναι 8 bar, ενώ στη μηχανή χωρίς υπερτροφοδότηση είναι 6,5 bar. Χαρακτηριστικότερο είναι το γεγονός ότι μια εξακύλινδρη μηχανή με στροβιλοφυσητήρα και

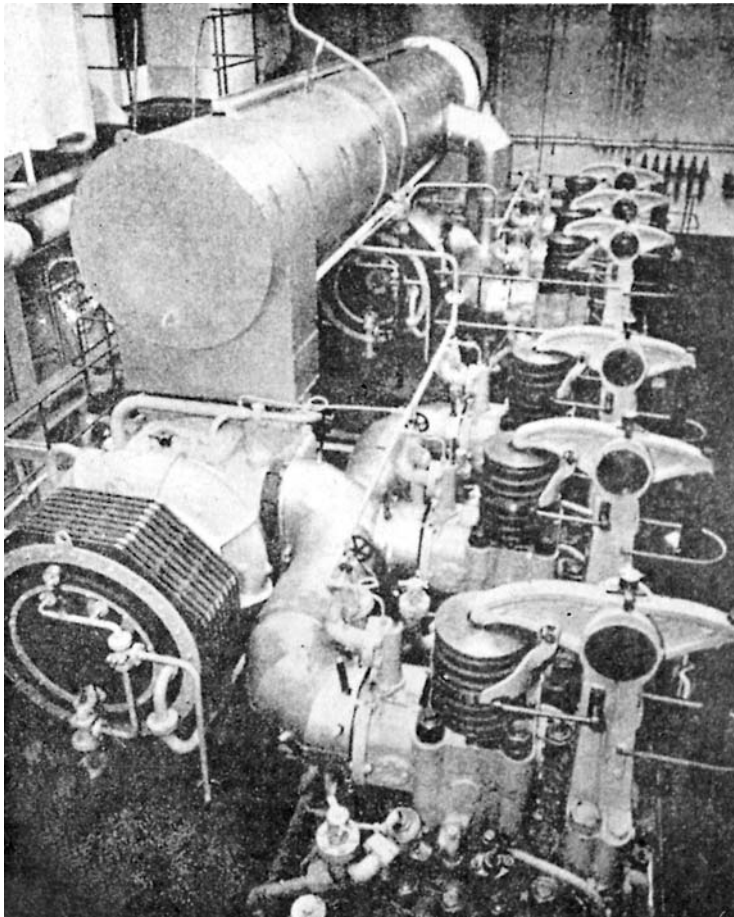


Σχ. 7.2η.

- 1) Το έμβολο.
- 2) Ο κύλινδρος.
- 3) Η βαλβίδα εξαγωγής. 4) Ο στροβιλοφυσητήρας.
- 5) Ο σχετός εξαγωγής δύο συνεχόμενων κυλίνδρων.
- 6) Οι θυρίδες σαρώσεως. 7) Ο σχετός αέρα σαρώσεως.
- 8) Ο καταθλιπτικός σωλήνας αέρα σαρώσεως από το στροβιλοφυσητήρα προς τον σχετό του αέρα σαρώσεως.
- 9) Η αναρρόφηση του αέ-ρα του στροβιλοφυσητήρα.

υπερτροφοδότηση αποδίδει την ίδια ιπποδύναμη με μία οκτακύλινδρη μηχανή χωρίς υπερτροφοδότηση των ιδίων διαστάσεων κυλίνδρων και του ίδιου αριθμού στροφών.

Στο σχήμα 7.2θ παριστάνεται το επάνω μέρος της παραπάνω εξακύλινδρης μηχανής Burmeister and Wain. Όπως βλέπομε, υπάρχουν δύο στροβιλοφυσητήρες, που καθένας κινείται από τα καυσάερια τριών συνεχόμενων κυλίνδρων. Φαίνεται επίσης ο σχετός των καυσαερίων, όπου οδηγούνται τα καυσάερια, αφού κινήσουν τους στροβιλοφυσητήρες. Σχεδόν πάντοτε τα



Σχ. 7.20.

καυσαέρια, μέσω του οχετού της εξαγωγής οδηγούνται κατόπιν σε ατιμολέβητα, και θερμαίνουν, για την παραγωγή ατμού για βοηθητικές χρήσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### Η ΕΓΧΥΣΗ ΚΑΙ Η ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

#### 8.1 Γενικά.

Το πετρέλαιο των πετρελαιομηχανών είναι συνήθως ελαφρό πετρέλαιο με πυκνότητα 0,8 ως 0,83 περίπου και θερμοκρασία αυταναφλέξεως γύρω στους 300°C.

Όταν εισάγεται στον κύλινδρο, βρίσκεται σε περιβάλλον θερμοκρασίας 600°C περίπου, την οποία έχει ο αέρας λόγω της συμπίεσής του σε πίεση περίπου 35 bar, και αυταναφλέγεται, δηλαδή αναφλέγεται μόνο του χωρίς τη βοήθεια σπινθήρα.

Παλιότερα, όπως ξέρομε, η ψέκωση του πετρελαίου μέσα στο θάλαμο καύσεως γινόταν με εμφύσηση. Η μέθοδος αυτή έχει σήμερα σχεδόν καταργηθεί. Γενικά χρησιμοποιείται η ψέκωση με μηχανική έγχυση.

#### 8.2 Βραδύτητα αυταναφλέξεως του πετρελαίου. Αριθμός στετανίου.

α) Από τη στιγμή της εγχύσεως του πετρελαίου στο θάλαμο καύσεως μέχρι τη στιγμή, που πραγματοποιείται η έναυση του πετρελαίου, περνά ένα μικρό χρονικό διάστημα, το οποίο ονομάζεται **βραδύτητα αυταναφλέξεως** (ignition lag).

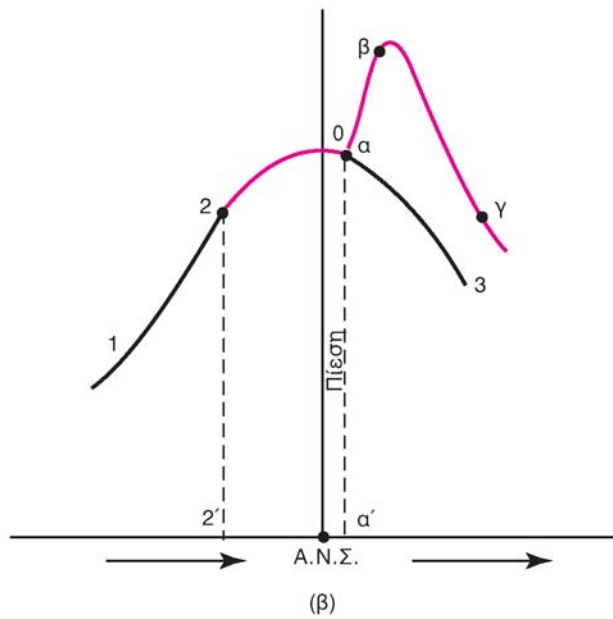
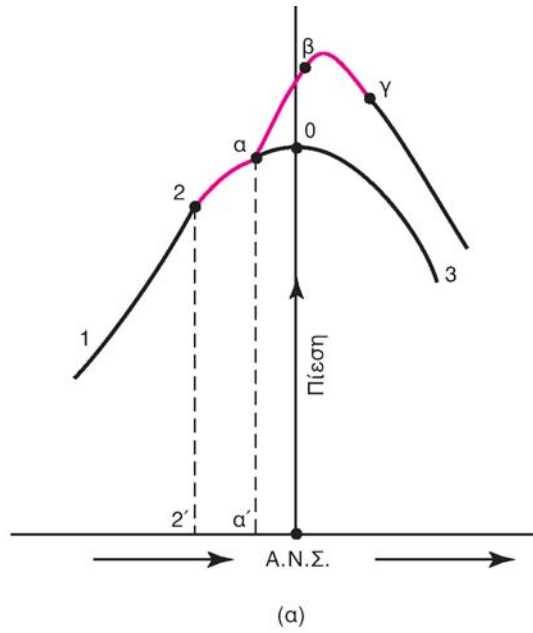
Το χρονικό αυτό διάστημα, αν και πολύ μικρό, της τάξεως των 0,001 ως 0,002 του δευτερολέπτου, παίζει ιδιαίζοντα ρόλο στην καλή λειτουργία της μηχανής.

Όσο μεγαλύτερη είναι η βραδύτητα αυταναφλέξεως, τόσο περισσότερο πετρέλαιο συσσωρεύεται στο θάλαμο καύσεως (πριν αρχίσει η καύση), το οποίο αναφλέγεται στη συνέχεια απότομα και προκαλεί απότομη αύξηση της πίεσεως. Η πίεση αυτή είναι τόσο ισχυρή, ώστε προκαλεί μέσα στον κύλινδρο χαρακτηριστικό κτύπο (Diesel knock) παρόμοιο με τον κτύπο που προκαλεί η κρουστική καύση στις βενζινομηχανές.

Την επίδραση της βραδύτητας αυταναφλέξεως στη λειτουργία της μηχανής, μελετάμε με τα εκτυλιγμένα διαγράμματα (βλ. παράγρ. 16.3) όπου η φάση της εγχύσεως - καύσεως παριστάνεται ανεπτυγμένη.

Στο σχήμα 8.2 έχουμε δύο τέτοια διαγράμματα (α) και (β) όπου στον κατακόρυφο άξονα από το ΑΝΣ αναγράφονται οι πιέσεις μέσα στον κύλινδρο, στον οριζόντιο δε οι γωνίες στροφάλου σε μοίρες, αριστερά μεν όταν το έμβολο πλησιάζει το ΑΝΣ κατά τη συμπίεση, δεξιά δε όταν απομακρύνεται από αυτό **κατά την καύση - εκτόνωση**.

Και στις δύο θέσεις (α) και (β) του σχήματος, η καμπύλη 1-2-0-3 παριστάνει τη μεταβολή



**Σχ. 8.2.**

α) Μικρή βραδύτητα ανταναφλέξεως. β) Μεγάλη βραδύτητα ανταναφλέξεως.

της πίεσεως (λαμβανομένης με ενδείκτη πίεσεως) όταν η μηχανή στρέφεται με το μηχανήμα στρέψεως χωρίς να εισάγεται πετρέλαιο μέσα στον κύλινδρο. Έτσι καθώς το έμβολο πλησιάζει στο ΑΝΣ η πίεση ανέρχεται λόγω συμπίεσεως και φτάνει στη μεγαλύτερη τιμή της στο ΑΝΣ κατά την καμπύλη 1-2-0. Στη συνέχεια όταν το έμβολο απομακρύνεται από το ΑΝΣ, ελαττώνεται προοδευτικά κατά την καμπύλη 0-3 λόγω εκτονώσεως.

Πετρέλαια διαφόρων ποιοτήτων έχουν διαφορετική το καθένα βραδύτητα αναφλέξεως. Έτσι στη θέση (α) του σχήματος 8.2 παριστάνεται η ανάφλεξη πετρελαίου με μικρή καθυστέρηση αναφλέξεως στη θέση δε (β) αντιστοιχεί με μεγάλη.

Και στα δύο διαγράμματα το σημείο 2 αντιστοιχεί στην έναρξη της εγχύσεως του πετρελαίου, το σημείο α στην ανάφλεξή του μέχρι της στιγμής εγχυθέντος πετρελαίου, το σημείο β παριστάνει το πέρας της εγχύσεως και τέλος το σημείο γ το πέρας της καύσεως ολόκληρης της ποσότητας του πετρελαίου που εισήλθε στον κύλινδρο. Η βραδύτητα αναφλέξεως παριστάνεται από το τμήμα 2.α της καθεμιάς καμπύλης 1-2-0-3, η διάρκειά της δε προσδιορίζεται και στις δύο περιπτώσεις από τα τμήματα 2'-α' επάνω στον οριζόντιο άξονα.

Από τη σύγκριση των δύο διαγραμμάτων φαίνεται ότι στην περίπτωση πετρελαίου με μεγάλη βραδύτητα, αναφλέγεται αποτόμως μεγαλύτερη ποσότητα πετρελαίου με αποτέλεσμα την απότομη άνοδο της πίεσεως η οποία και γίνεται αντιληπτή με τους κτύπους (Diesel knock) που αναφέραμε. Εκτός τούτου η καύση συνεχίζεται πολύ μετά το Α.Ν.Σ., δηλαδή και κατά τη φάση της εκτονώσεως τα καυσαέρια εξέρχονται στην ατμόσφαιρα με υψηλότερη πίεση και θερμοκρασία, περιέχουν δε και ποσότητα άκαυστου πετρελαίου το οποίο δεν είχε προφανώς τον απαιτούμενο χρόνο για να καεί τελείως.

Από τα παραπάνω οι **κτύποι** της μηχανής αποτελούν απαράδεκτη ανωμαλία γιατί προκαλούν καταπόνηση των μερών της και ιδιαιτέρως των τριβών. Η **συνέχιση** της καύσεως κατά τη φάση της εκτονώσεως προκαλεί υπερθέρμανση της μηχανής και ελάττωση της αποδοσέως της. Η έξοδος των καυσαερίων με ψηλότερη **πίεση** και **θερμοκρασία** και η ύπαρξη **άκαυστου πετρελαίου** μέσα στη μάζα του συνεπάγεται απώλεια ενέργειας και πώση της **ισχύος** και της **αποδόσεως** της μηχανής. Εκτός όμως από αυτά η βραδύτητα αναφλέξεως επηρεάζει σοβαρά και την **εκκίνηση** της μηχανής, την **επιτάχυνσή** της και έχει άμεση σχέση και με την παραγωγή **καπνού** στην εξαγωγή των καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

Όλα τα πετρέλαια αναφλέγονται στη μηχανή όταν υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος. Στις λιγότεροφες μηχανές ο χρόνος αυτός υπάρχει πάντοτε, όχι όμως και στις ταχύστροφες. Ο απαιτούμενος **χρόνος** ελαττώνεται όμως αισθητά όσο η **θερμοκρασία** και η **πίεση** του αέρα στο τέλος της συμπίεσεως είναι ψηλότερες. Η επίδραση της βραδύτητας αναφλέξεως στη λειτουργία της μηχανής ελαττώνεται επίσης όταν η **ανάμιξη** του πετρελαίου με τον αέρα είναι όσο το δυνατόν τελειότερη. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ο **στροβιλισμός** του αέρα και επίσης τα διάφορα σχήματα **θαλάμων** καύσεως που θα δούμε στα επόμενα.

β) Από τα προηγούμενα συμπεραίνουμε ότι η βραδύτητα αναφλέξεως αποτελεί ιδιαίτερης σημασίας χαρακτηριστικό του κάθε πετρελαίου και πρέπει να δίδεται από την Εταιρεία που το χορηγεί ιδίως προκειμένου για ταχύστροφες μηχανές.

Για τον προσδιορισμό της σε ένα υπό έλεγχο πετρέλαιο, χρησιμοποιείται η μέθοδος συγκρίσεως αυτού με δεδομένο καύσιμο μέσα σε ένα **δοκιμαστικό κινητήρα**. Προσδιορίζεται έτσι ο λεγόμενο **αριθμός σετανίου** (setane number) του πετρελαίου, ο οποίος δίνει και το μέτρο της ταχύτητας αναφλέξεως. Το **σετάνιο** είναι παραφινικός υδρογονάνθρακας με τη μέγιστη ικανότητα αναφλέξεως και παριστάνει το (100) της κλίμακας συγκρίσεως. Σε αυτό αναμιγνύεται σε διάφορες αναλογίες η **άλφα-μεθυλοναφθαλίνη**, η οποία είναι



υδρογονάνθρακας βραδείας ανταναφλέξεως και η οποία αντιστοιχεί στο μηδέν (0) της ίδιας κλίμακας. Η διαδικασία προσδιορισμού του αριθμού σετανίου είναι παρόμοια με τη διαδικασία του προσδιορισμού του αριθμού οκτανίου των βενζινών (παράγρ. 3.2.1).

Τα συνηθισμένα καύσιμα των πετρελαιομηχανών πρέπει να έχουν αριθμό σετανίου μεταξύ 40% και 70%. Τα καύσιμα με πολύ μεγάλο ή πολύ μικρό αριθμό σετανίου είναι ανεπιθύμητα, γιατί, όταν έχουν υψηλό αριθμό, η καύση του πετρελαίου γίνεται ταχύτατα και πολύ κοντά στις σπές του καυστήρα, με αποτέλεσμα την ταχεία **ρύπανση** και **έμφραξη** τους, ενώ όταν έχουν πολύ χαμηλό αριθμό τότε η καύση αρχίζει **πολύ αργά** και τελειώνει **πολύ αργά** επίσης, δηλαδή εξακολουθεί και κατά την εκτόνωση, όπως εξηγήσαμε στα προηγούμενα.

Για τα βαριά πετρέλαια που χρησιμοποιούνται στους βραδυστροφους κινητήρες ο αριθμός σετανίου δεν έχει μεγάλη πρακτική σημασία δεδομένου ότι σε αυτούς υπάρχει πάντοτε, όπως αναφέρθη, ο απαιτούμενος χρόνος για την ανάφλεξη.

### 8.3 Θάλαμοι καύσεως και διαμόρφωσή τους. Στροβιλισμός αέρα και καυσίμου.

Η τέλεια καύση του πετρελαίου μέσα στον κύλινδρο είναι απαραίτητη για δύο βασικούς λόγους: πρώτα, γιατί πρέπει να χρησιμοποιηθούν όλες οι θερμίδες του πετρελαίου για την απόδοση έργου από τη μηχανή, ώστε να έχουμε τη μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και τη μέγιστη ιπποδύναμη της μηχανής και ύστερα για να μη σχηματίζονται καρβουνίδια μέσα στο χώρο της καύσεως, τα οποία καταστρέφουν σιγά - σιγά τα μέρη του κινητήρα, που σχετίζονται με το θάλαμο καύσεως.

Για να επιτύχουμε την τέλεια καύση είναι απαραίτητο να διασκορπίσουμε το πετρέλαιο σε πολύ λεπτά σταγονίδια, ώστε να αναμιχθεί τέλεια με τον αέρα της καύσεως. Είναι επίσης αναγκαίο να χορηγούμε τον απαραίτητο μόνο καυσιγόνο αέρα και λίγο παραπάνω, κατά 6% ως 12% περισσότερο από εκείνον, που απαιτείται θεωρητικά, για να εξασφαλίζουμε την επάρκεια οξυγόνου, ώστε τα μόρια του καυσίμου να ενωθούν εύκολα με αυτό κατά την καύση τους μέσα στο θάλαμο.

Πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι λιγότερος από ό,τι χρειάζεται αέρας έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη ποιότητα καύσεως και πτώση της αποδόσεως της μηχανής. Η περίπτωση (δεδομένου ότι οι διαστάσεις του κυλίνδρου είναι σταθερές) συναντάται, όταν υπερφορτώνουμε τη μηχανή. Αντίθετα μεγάλη περίσσεια αέρα προκαλεί άσκοπη απώλεια θερμίδων από τα καυσαέρια της εξαγωγής. Η περίπτωση αυτή συναντάται, όταν η μηχανή εργάζεται με ελαττωμένο φορτίο.

Δεδομένου ότι ο κατασκευαστής έχει υπολογίσει και σχεδιάσει τον κύλινδρο για το πλήρες φορτίο του 100% και έχει περιλάβει στον υπολογισμό του το 10% περίπου ως 12% κανονικό ποσοστό περισσειας αέρα αντιλαμβανόμεστε ότι από την άποψη φορτίου συμφέρει να εργάζεται η μηχανή μας στα ψηλότερα φορτία, περίπου σε 90% ως 95% του μέγιστου.

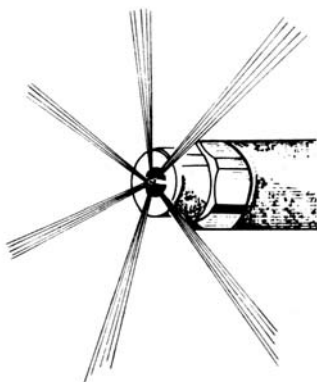
Η καλή ψέκαση του καυσίμου σε λεπτότατα σταγονίδια πραγματοποιείται με τον εγχυτήρα (σχ. 8.3α).

Τα σταγονίδια αυτά του πετρελαίου αναμιγνύονται με τον αέρα της καύσεως, ο οποίος κατά τη συμπίεσή του έχει αποκτήσει μία σφριβιλώδη κίνηση. Σε πολλές μηχανές επιδιώκουμε την επαύξηση της στροβιλώδους αυτής κινήσεως του αέρα με τεχνητά μέσα.

Υπάρχουν δύο τρόποι στροβιλισμού του αέρα και τέλειας αναμιξέως του με το καύσιμο:

α) Με προβολή πεπιεσμένου αέρα μαζί με το πετρέλαιο, όπως γινόταν στις μηχανές με εμφύσηση του καυσίμου.

β) Με κατάλληλη διαμόρφωση του **θαλάμου** ή **χώρου** καύσεως, όπως λέγεται ο χώρος του κυλίνδρου, όπου γίνεται η καύση.



Σχ. 8.3α.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία διαμορφώσεων του θαλάμου καύσεως. Κοινό όμως χαρακτηριστικό όλων είναι ότι με αυτές επιδιώκεται να προσδοθεί στον αέρα όσο το δυνατόν εντονότερος στροβιλισμός, ώστε να επιτευχθεί η τέλεια ανάμιξη αέρα - σταγονιδίων του καυσίμου και τέλεια καύση με την ελάχιστη δυνατή ποσότητα αέρα.

Βασικά τους θαλάμους καύσεως τους διακρίνουμε σε **ενιαίους** και σε **διμερείς**.

### 8.3.1 Ενιαίοι θάλαμοι καύσεως.

Ο ενιαίος θάλαμος καύσεως διαμορφώνεται μεταξύ της κάτω επιφάνειας της κεφαλής του κυλίνδρου και της επάνω όψews του εμβόλου έτσι, ώστε κάθε γωνία του να είναι προσιτή στις δέσμες του καυσίμου, που εκτοξεύονται κατά κανόνα από εγχυτήρα με πολλές οπές (σχ. 8.3β, 8.3γ, 8.3δ και 8.3ε).

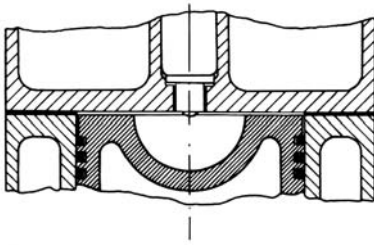
Ο αέρας επίσης κατά τη συμπίεσή του αποκτά στροβιλώδη κίνηση με κατάλληλη διαμόρφωση της κεφαλής του εμβόλου ή με την τοποθέτηση μονόπλευρου διαφράγματος στη βαλβίδα της εισαγωγής (σχ. 8.3στ).

Στο σχήμα 8.3ζ τα βέλη δείχνουν την κίνηση, την οποία αποκτά ο αέρας όπως εισέρχεται από τη βαλβίδα εισαγωγής και στο σχήμα 8.3η οι διακεκομμένες καμπύλες την πορεία την οποία ακολουθεί το καύσιμο, που εκτοξεύεται από τις 4 οπές του εγχυτήρα. Διακρίνεται επίσης και η ανάμιξή του με το στροβιλιζόμενο αέρα.

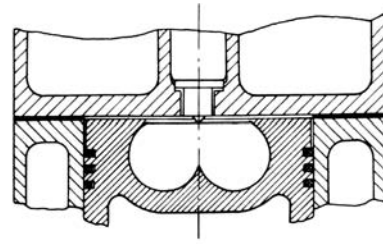
Σε πολλές πάλι περιπτώσεις ο αγωγός εισαγωγής στους τετράχρονους κινητήρες ή οι θυρίδες σαρώσεως στους δίχρονους αντιστοίχως τοποθετούνται κατά εφαπτομενική κατεύθυνση ως προς την περιφέρεια του κυλίνδρου, όπως παριστάνουν τα σχήματα 8.3θ και 8.3ι για έναν τετράχρονο κινητήρα και για ένα δίχρονο με αντικείμενα έμβολα αντιστοίχως, ώστε ο αέρας να αποκτά περιστροφική και στροβιλοειδή κίνηση.

Ο ενιαίος θάλαμος καύσεως εφαρμόζεται περισσότερο στις μεγάλες και σχετικά βραδύστροφες μηχανές, που διαθέτουν αντίστοιχα και περισσότερο χρόνο για την καύση. Έτσι σε αυτές αρκεί κατά κάποιο τρόπο ο φυσικός αυτός στροβιλισμός του αέρα, που γίνεται με τα

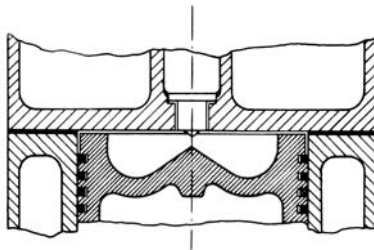




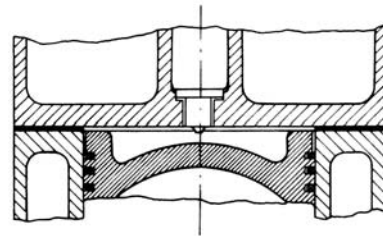
Σχ. 8.3β.



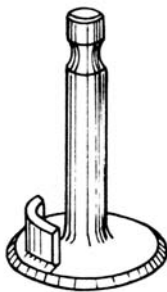
Σχ. 8.3γ.



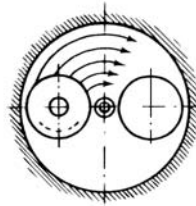
Σχ. 8.3δ.



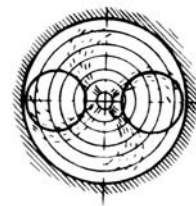
Σχ. 8.3ε.



Σχ. 8.3στ.



Σχ. 8.3ζ.



Σχ. 8.3η.

απλά μέσα που περιγράψαμε.

### 8.3.2 Διμερείς θάλαμοι καύσεως.

Στις ταχύστροφες μηχανές, επειδή ο χρόνος, ο οποίος διατίθεται για την καύση, είναι πολύ μικρός, η καύση δεν μπορεί να είναι ομαλή με ενιαίο θάλαμο καύσεως και παρατηρείται συχνά απότομη λειτουργία της μηχανής, μεγάλη κατανάλωση καυσίμου και καταπόνηση των μηχανισμών του κινητήρα. Για να έχουμε κανονική καύση, πρέπει ο στροβιλισμός του αέρα μέσα στο θάλαμο καύσεως να είναι πολύ ισχυρότερος από αυτόν που επιτυγχάνεται με τον ενιαίο θάλαμο. Αυτό επιτυγχάνεται με τους διμερείς θαλάμους καύσεως, που διακρίνονται στα εξής

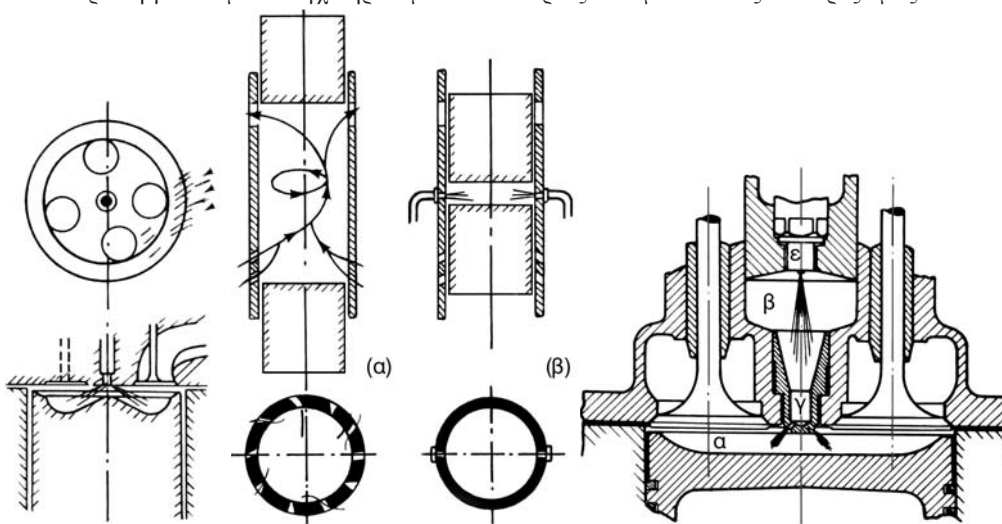
βασικά είδη:

1) Με **προθάλαμο καύσεως** (σχ. 8.31α). Στο είδος αυτό από τον κυρίως θάλαμο καύσεως, ο οποίος περιορίζεται προς τα κάτω από την επάνω όψη του εμβόλου, αποχωρίζεται ένας ιδιαίτερος χώρος β, που συγκοινωνεί με τον πρώτο με μία στενή διάοδο γ και δύο οπές. Η έγχυση γίνεται με τον εγχυτήρα ε στον προθάλαμο β, όπου γίνεται η πρώτη ανάμιξη με τη βοήθεια των κινήσεων του αέρα, που απέκτησε ο τελευταίος, όταν περνούσε με μεγάλη ταχύτητα από τη στενή διάοδο γ κατά τη διάρκεια της συμπίεσεως.

Μετά την πρώτη ανάφλεξη και ύψωση της πίεσεως πραγματοποιείται η έξοδος του περιεχομένου του προθαλάμου (καυσαερίων, καυσίμου που δεν έχει καεί ακόμα και αέρα) προς τον κυρίως χώρο καύσεως α με μεγάλη ταχύτητα. Έτσι συμπληρώνεται η ανάμιξη και η καύση του υπόλοιπου καυσίμου. Σε αυτό βοηθά προφανώς και ο αέρας ο οποίος υπήρχε από την αρχή στον κυρίως θάλαμο καύσεως α.

2) **Στροβιλοθάλαμος** (σχ. 8.31β). Ο χωριστός θάλαμος β εδώ έχει σχετικά μεγάλο όγκο και είναι έτσι διαμορφωμένος, ώστε ο εισερχόμενος ή εξερχόμενος από αυτόν αέρας να αποκτά στροβιλώδη κίνηση. Γι' αυτό ονομάζεται **στροβιλοθάλαμος**. Και εδώ η διασκορπίση γίνεται με τον εγχυτήρα στο στροβιλοθάλαμο. Ο μηχανισμός της καύσεως είναι και εδώ όμοιος κατά τα λοιπά όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

3) Με **αποταμιευτή αέρα** (σχ. 8.31γ). Και εδώ ο θάλαμος καύσεως είναι διμερής, αλλά η διασκορπίση γίνεται με τον εγχυτήρα ε μέσα στον κυρίως θάλαμο καύσεως α. Μέρους όμως του

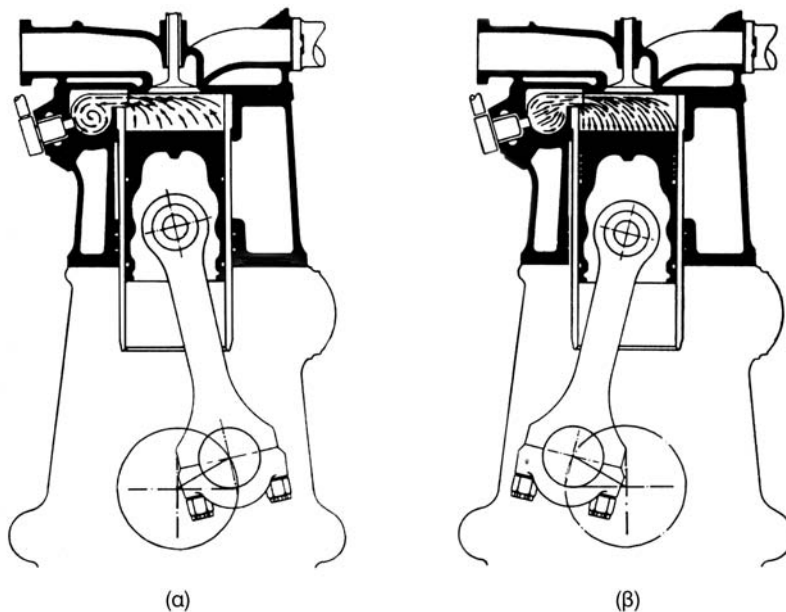


Σχ. 8.30.

Σχ. 8.31.

Σχ. 8.31α.

διασκορπισμένου καυσίμου παρασύρεται λόγω των κινήσεων του αέρα στο θάλαμο αποταμιεύσεως β και αναφλέγεται πρώτα εκεί. Έτσι δημιουργείται μεγάλη πίεση μέσα στο χώρο β, λόγω της στενής επικοινωνίας του με το χώρο α, ώστε το περιεχόμενο του θαλάμου β (καυσαέριο, λίγο καύσιμο και αέρας) να εξέρχεται με μεγάλη ταχύτητα και να προκαλεί έντονο στροβιλισμό και πλήρη ανάμιξη καυσίμου και αέρα στο χώρο α και να συμπληρώνεται η καύση.



Σχ. 8.3ιβ.

1) Συμπίεση αέρα στο στροβιλοθάλαμο. β) Έγχυση καυσίμου στο στροβιλοθάλαμο. Έξοδος καυσαερίων από το στροβιλοθάλαμο μετά την έγχυση του καυσίμου.

Κοινά χαρακτηριστικά όλων των διμερών θαλάμων είναι τα ακόλουθα:

- Έχουν μια μικρή απόλεια ισχύος, λόγω του πρόσθετου στροβιλισμού του αέρα.
- Η κατανάλωση είναι λίγο μεγαλύτερη από την αντίστοιχη κατανάλωση των μηχανών με ενιαίο θάλαμο καύσεως.

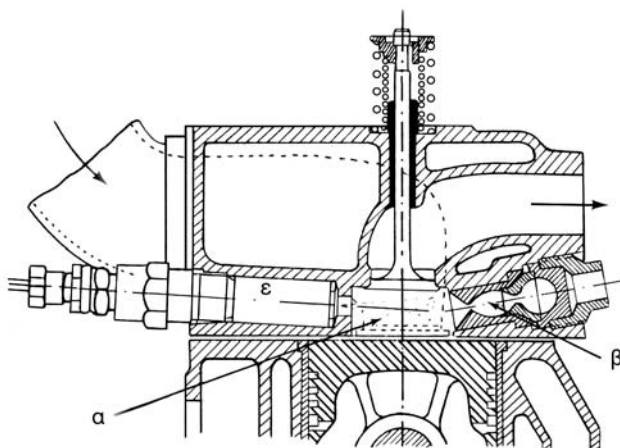
- Μπορούν, επειδή ο στροβιλισμός είναι έντονος, να κάψουν μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου από τον ενιαίο θάλαμο καύσεως. Επομένως οι μηχανές με διμερή θάλαμο έχουν μικρότερες διαστάσεις από τις μηχανές με ενιαίο της ίδιας ιπποδυνάμεως.

- Συχνά ένα μέρος ή και ολόκληρος ο βοηθητικός θάλαμος δεν ψύχεται, με αποτέλεσμα να υπερθερμαίνεται και να υποβοηθεί έτσι την ανάφλεξη και καύση του καυσίμου.

- Η εκκίνηση της μηχανής είναι δυσκολότερη γιατί ο έντονος στροβιλισμός του αέρα εμποδίζει τη μηχανή να θερμανθεί γρήγορα. Γι' αυτό σε πολλές μηχανές με διμερή θάλαμο καύσεως προβλέπονται και εξωτερικά μέσα βοηθητικής εναύσεως του καυσίμου κατά την εκκίνηση της μηχανής, όπως διακρίνουμε στο σχήμα 8.3ιδ όπου στο στροβιλοθάλαμο β τοποθετείται αναπήρας με ηλεκτρική αντίσταση η, για να υποβοηθεί στην έναυση του καυσίμου.

#### 8.4 Σύστημα τροφοδοτήσεως των πετρελαιομηχανών με πετρέλαιο.

**Σύστημα** ή και **δίκτυο τροφοδοτήσεως** των πετρελαιομηχανών με πετρέλαιο

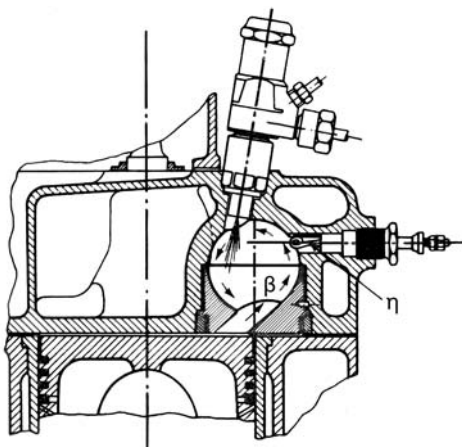


Σχ. 8.31γ.

ονομάζεται το σύνολο σωληνώσεων και εξαρτημάτων, που είναι απαραίτητα, για να πραγματοποιηθεί η ροή του πετρελαίου από τις δεξαμενές αποθηκεύσεως μέχρι την αντλία εγχύσεως από την οποία καταθλίβεται στους εγχυτήρες.

Το πετρέλαιο αποθηκεύεται στις **δεξαμενές** της εγκαταστάσεως. Σε κάθε εγκατάσταση εκτός από τις κύριες δεξαμενές αποθηκεύσεως υπάρχει ακόμα και μία ή περισσότερες μικρές δεξαμενές, οι δεξαμενές **ημερήσιας χρήσεως**.

Από τις δεξαμενές αποθηκεύσεως το αναρροφεί η **αντλία μεταγγίσεως** και το στέλνει σε ένα **φυγοκεντρικό καθαριστή**, όπου το πετρέλαιο απαλλάσσεται από ακαθαρσίες ή νερό, που μπορεί να περιέχει. Στη συνέχεια μεταβαίνει στις δεξαμενές ημερήσιας χρήσεως από τις οποίες θα το αναρροφήσει η **αντλία παροχής**, η οποία το στέλνει προς την **αντλία εγχύσεως**. Μερικές φορές και όταν η στάθμη της δεξαμενής ημερήσιας χρήσεως είναι ψηλότερη από την



Σχ. 8.31δ.

αντλία εγχύσεως, παραλείπεται η αντλία παροχής και το πετρέλαιο ρέει μόνο του προς την αντλία εγχύσεως, η οποία στη συνέχεια το καταθλίβει προς τους εγχυτήρες με πίεση 200 ως 600 bar.

Στις παλιές μηχανές με εμφύσηση η αντλία εγχύσεως το κατέθλιβε με 80 ως 90 bar.

Οι εγχυτήρες είναι συνήθως εφοδιασμένοι με μικρά φίλτρα από «σπογγώδη μπρούντζο», τα οποία αντικαθιστούμε, όταν ρυπανθούν.

Στο σχήμα 8.4α παριστάνεται σε διάγραμμα ένα τυπικό δίκτυο πετρελαίου μιας μεγάλης εγκατάστασης μηχανών Diesel.

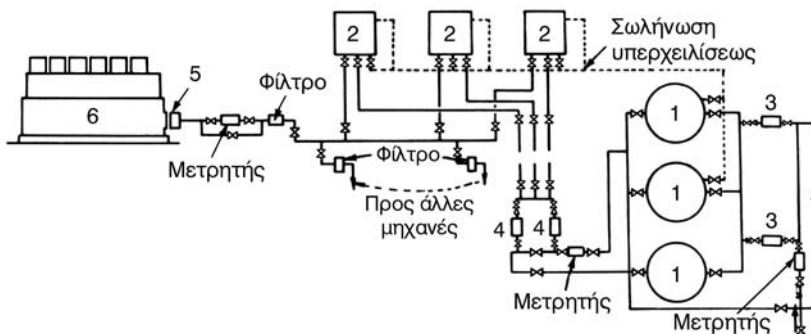
Στο δίκτυο αυτό δεν υπάρχει αντλία παροχής.

Η αντλία μεταγίσεως είναι συνήθως θετικής εκπομπίσεως κοχλιοειδής ή φυγοκεντρικού τύπου, ενώ η αντλία παροχής είναι κατά κανόνα θετικής εκπομπίσεως «γραναζωτή» και καταθλίβει το πετρέλαιο προς την αντλία εγχύσεως με πίεση 2 ως 3 περίπου ατμόσφαιρες.

Στο σχήμα 8.4β παριστάνεται μια κατακόρυφη αντλία μεταγίσεως κοχλιοειδής ενώ στο σχήμα 8.4γ μια οριζόντια γραναζωτή αντλία παροχής. Το πετρέλαιο καταθλίβεται από την αντλία παροχής σε ποσότητα μεγαλύτερη από εκείνη, που εισέρχεται πραγματικά στον κύλινδρο. Η περίσσεια του πετρελαίου οδηγείται από σωληνίσκους επιστροφής στην αναρρόφηση της αντλίας ή στη δεξαμενή, ώστε με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται μια κυκλοφορία, με την οποία επιτυγχάνεται η ψύξη της αντλίας εγχύσεως και των εγχυτήρων.

Εγχυτήρες μεγάλων μηχανών τέλος ψύχονται με κυκλοφορία νερού σε περιχιτάσιο θάλαμο του σώματός τους.

## 8.5 Χρήση βαρέος πετρελαίου ή μίγματός του με πετρέλαιο Diesel.



Σχ. 8.4α.

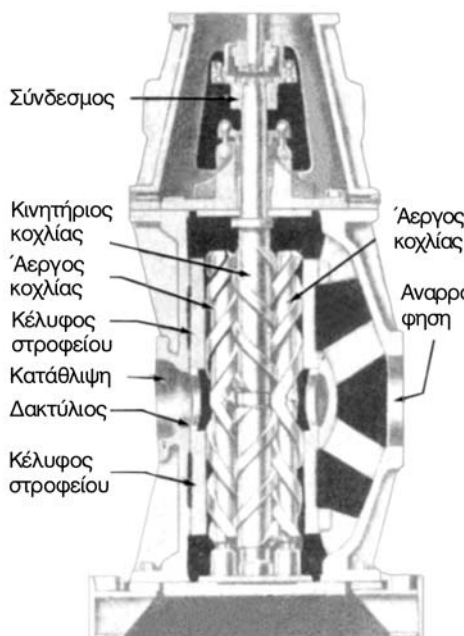
1) Δεξαμενές πετρελαίου. 2) Δεξαμενές ημερήσιας χρήσεως. 3) Αντλία πλήρωσεως των δεξαμενών. 4) Αντλία μεταγίσεως. 5) Αντλία μηχανικής εγχύσεως. 6) Μηχανή.

Η χρησιμοποίηση βαρέος πετρελαίου στις μηχανές Diesel υπαγορεύεται από λόγους οικονομικούς (χαμηλότερο κόστος αγοράς).

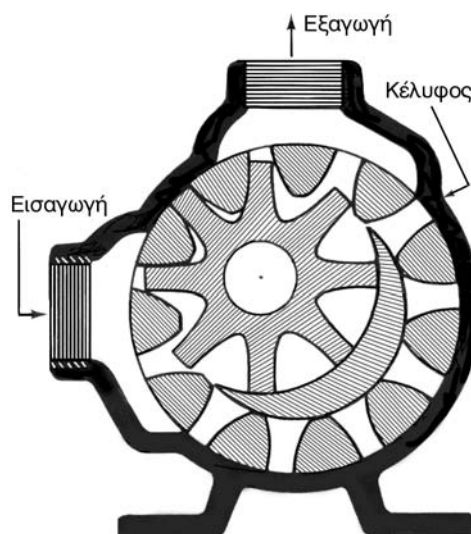
Η οικονομία αυτή είναι μεγαλύτερη και από την απαιτούμενη διαπάνη εγκατάστασης

προθερμαντήρων, καθαριστήρων κλπ. καθώς επίσης και από τις δαπάνες που δημιουργούνται, επειδή η καύση βαρέος πετρελαίου ρυπαίνει και φθείρει τους κυλίνδρους πιο γρήγορα.

Το σχήμα 8.5 παριστάνει την όλη διαδικασία επεξεργασίας βαρέος πετρελαίου για τη χρησιμοποίησή του σε μηχανές Diesel. Το πετρέλαιο αποθηκεύεται μέσα στη δεξαμενή 1 όπου και προθερμαίνεται προτού φυγοκεντρωθεί με τα θερμαντικά στοιχεία 2, μέσα από τα οποία διέρχεται ατμός θερμάνσεως. Η πρώτη αυτή προθέρμανση είναι αναγκαία για να γίνει το πετρέλαιο πιο λεπτόρρευστο. Η αντλία 4 το αναρροφά από τη δεξαμενή μέσω του φίλτρου 3 και το καταθλίβει στη **δεξαμενή κατακαθίσεως** 5, όπου αυτό απαλλάσσεται από τυχόν ξένες προσμίξεις και νερό που εξάγονται από τον πυθμένα της.



Σχ. 8.4β.



Σχ. 8.4γ.

Αντί για δεξαμενή κατακαθίσεως σε πολλές εγκαταστάσεις το πετρέλαιο φυγοκεντρίζεται με **φυγοκεντρικό καθαριστή** και απαλλάσσεται όπως παραπάνω από τις ξένες ουσίες και το νερό.

Μετά από αυτό τον καθαρισμό η αντλία 6 το καταθλίβει μέσω του προθερμαντήρα 7 προς τους **φυγοκεντρικούς διαυγαστήρες** 8, όπου αυτό απαλλάσσεται από πολύ λεπτές ξένες ύλες και ιζήματα, μετά από τους οποίους οδεύει προς τη δεξαμενή βαρέος πετρελαίου 9. Η αντλία παροχής 10 το καταθλίβει μέσω των προθερμαντήρων 11, όπου προθερμαίνεται με ατμό ώστε να αποκτήσει μια θερμοκρασία 80°C όταν πρόκειται για πετρέλαιο 1500", ή 90°C περίπου όταν πρόκειται για βαρύτερο. Με την πίεση καταθλίψεως της αντλίας το πετρέλαιο διέρχεται από τα διπλά φίλτρα 12, από το ιξόμετρο 13 όπου ελέγχεται το ιξώδες του, δηλαδή η ρευστότητά του και εισέρχεται στην αντλία εγχύσεως 14, η οποία το καταθλίβει κατά τα γνωστά με υψηλή πίεση προς τους καυστήρες της μηχανής 15.

Στο όλο κύκλωμα παρεμβάλλεται και η δεξαμενή 16 ελαφρού πετρελαίου Diesel για τυχόν



αναγκαία ανάμιξή του με το βαρύ ή για τους αρχικούς χειρισμούς της μηχανής.

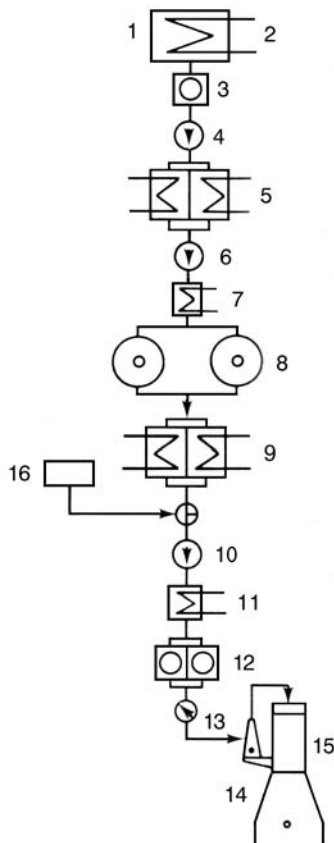
### 8.6 Αντλίες μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου.

Οι αντλίες μηχανικής εγχύσεως, με τις οποίες θα ασχοληθούμε εδώ, φέρονται συνήθως στο εμπόριο με το όνομα των κατασκευαστών τους, όπως π.χ. αντλίες τύπου M.A.N., Sulzer, General Motors, Bosch κλπ.

Γενικά είναι χωριστές, δηλαδή ανά μία για τον καθένα κύλινδρο της μηχανής ή άλλοτε όλες μαζί ενσωματωμένες μέσα σε ένα κοινό κιβώτιο.

Οι αντλίες κινούνται από εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος κινείται αντίστοιχα μέσω συστήματος μεταδόσεως από τον άξονα της μηχανής.

Η ταχύτητα περιστροφής του άξονά τους στις τετράχρονες μηχανές είναι ίση με το 1/2 της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, δεδομένου ότι έχουμε μία έγχυση σε κάθε δύο στροφές του. Στις δίχρονες είναι ίση με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, δεδομένου ότι σε αυτούς έχουμε μία έγχυση σε κάθε μία στροφή του, όπως γίνεται με το διανομέα στις



Σχ. 8.5.

βενζινομηχανές (παράγρ. 4.2.2).

Οι αντλίες μηχανικής εγχύσεως ρυθμίζουν:

- Τη στιγμή της **ενάρξεως της εγχύσεως**.
- Τη στιγμή του **πέρατος της εγχύσεως**.
- Την **ποσότητα του πετρελαίου**, που εισέρχεται στον κύλινδρο ανά κύκλωμα.
- Την υδραυλική **πίεση της εγχύσεως**.

Ιδιαίτερος μηχανισμός, ο οποίος κινείται από το χειριστήριο της μηχανής ή από το ρυθμιστή ταχύτητάς της, επιτρέπει να μεταβάλλομε τη στιγμή ενάρξεως και πέρατος της εγχύσεως και συνεπώς και την ποσότητα του πετρελαίου που καταθλίβεται ανάλογα με το φορτίο ή την ταχύτητα της μηχανής.

Για τον έλεγχο αυτό της καταθλιβόμενης ποσότητας πετρελαίου εφαρμόζονται οι εξής μέθοδοι:

- Μεταβολή της διαδρομής του εμβόλου της αντλίας.
- Επιστροφή μέρους της αναρροφούμενης ή της καταθλιβόμενης ποσότητας πετρελαίου στη δεξαμενή από την οποία αυτή αναρροφά το πετρέλαιο.

Για την πρώτη περίπτωση το έκκεντρο κινήσεως του εμβολίσκου της αντλίας κατασκευάζεται λοξό κατά το μήκος του (σχ. 8.6α). Με τη μετακίνηση του άξονα του εκκέντρου κατά τη διαμήκη έννοια από το μηχανισμό ελέγχου επιτυγχάνεται η μεταβολή της διαδρομής του εμβολίσκου της αντλίας.

Στη δεύτερη περίπτωση ο μηχανισμός ελέγχου επιδρά:

- Στη βαλβίδα αναρροφήσεως και την κρατά ανοικτή κατά ένα τμήμα της αρχής της διαδρομής καταθλίψεως του εμβόλου, ώστε το πετρέλαιο να επιστρέφει στην αναρρόφηση. Έτσι ρυθμίζεται η ενεργός διαδρομή καταθλίψεως του εμβόλου από τη στιγμή που θα κλείσει η βαλβίδα αναρροφήσεως μέχρι το τέλος του εμβολισμού της καταθλίψεως.

- Στη βαλβίδα επιστροφής η οποία συγκοινωνεί με το χώρο καταθλίψεως, ώστε μόλις αυτή ανοίξει το πετρέλαιο να επιστρέφει στη δεξαμενή αναρροφήσεως. Το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται αν αντί για βαλβίδες αναρροφήσεως και επιστροφής υπάρχουν θυρίδες στο τοίχωμα του κυλινδρίσκου της αντλίας εγχύσεως, όπως θα δούμε λεπτομερέστερα στα επόμενα περιγράφοντας την αντλία Bosch.

Το άνοιγμα του εγχυτήρα πραγματοποιείται, κατά τα γνωστά, με τη δύναμη της υδραυλικής πίεσεως της εγχύσεως, η οποία ανάλογα με τον τύπο της μηχανής κυμαίνεται από 100 - 300 bar και μερικές φορές περισσότερο, μέχρι και 600 bar. Το κλείσιμό του, όταν σταματήσει η δράση της υδραυλικής πίεσεως, γίνεται με τη βοήθεια του ελατηρίου επαναφοράς της βελόνας του καυστήρα στην έδρα της.

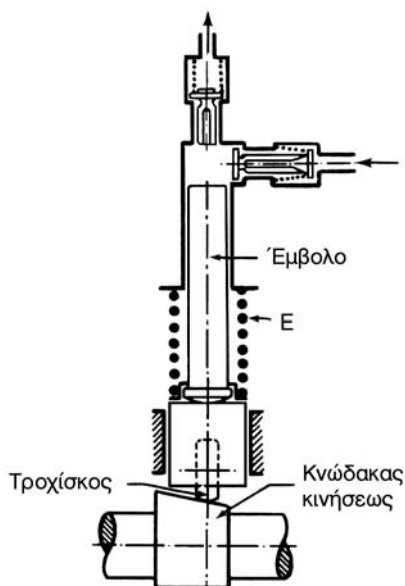
### **8.6.1 Αντλία πετρελαίου μηχανικής εγχύσεως με βαλβίδες.**

Το σχήμα 8.6β παριστάνει μια στοιχειώδη τυπική μορφή αντλίας μηχανικής εγχύσεως με σφαιροειδείς βαλβίδες. Η λειτουργία της είναι προφανής.

Το σχήμα 8.6γ παριστάνει αντλία μηχανικής εγχύσεως με τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

Το έμβολο της αντλίας 1 (σχ. 8.6γ) κινείται από το έκκεντρο 2, που βρίσκεται επάνω στον εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής. Αυτό εκτελεί πάντοτε σταθερή διαδρομή και η ποσότητα του καταθλιβόμενου στον εγχυτήρα πετρελαίου ρυθμίζεται από το μηχανισμό 3, ο οποίος ανοίγει τη βαλβίδα επιστροφής 4 και την κρατά ανοικτή μέχρι το τέλος της διαδρομής του εμβόλου της





Σχ. 8.6α.

αντλίας. 5 και 6 στο σχήμα είναι οι σωλήνες αναρρόφησης και καταθλίψεως του πετρελαίου και 7 και 8 οι αντίστοιχες βαλβίδες.

Η βαλβίδα της επιστροφής 4 όταν ανοίγει, φέρει σε επικοινωνία την κατάθλιψη με την αναρρόφηση και έτσι, παρ' όλο που το έμβολο κινείται προς τα πάνω, η κατάθλιψη σταματά.

Το τμήμα της διαδρομής, στο οποίο η βαλβίδα επιστροφής παραμένει ανοικτή, ρυθμίζεται από το έκκεντρο 9 που συνδέεται με το ρυθμιστή στροφών ή το χειριστήριο της μηχανής.

Το περικόχλιο 10, το οποίο συνδέει τα δύο τμήματα του βάρκρου 11, ρυθμίζει το μήκος του με δύο εσωτερικά αντίθετα σπειρώματα και επηρεάζει τη μικρομετρική ρύθμιση της παροχής. Χρησιμεύει για την εξίσωση του φορτίου των διαφόρων κυλίνδρων της μηχανής, ρυθμίζει δηλαδή την ποσότητα του πετρελαίου που καταθλίβεται στον κάθε κύλινδρο.

### 8.6.2 Αντλία Bosch.

Η αντλία αυτή μηχανικής εγχύσεως παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και χρησιμοποιείται σε μεγάλο αριθμό μηχανών μικρού και μεσαίου μεγέθους.

Στο σχήμα 8.6δ παριστάνεται σε τομή το εσωτερικό της αντλίας για ένα μόνο κύλινδρο της μηχανής, δηλαδή ένα **στοιχείο της αντλίας**. Κάθε αντλία Bosch έχει τόσο στοιχεία, όσα και οι κύλινδροι της μηχανής. Αυτά βρίσκονται ενσωματωμένα σε ένα κοινό κιβώτιο και κινούνται από δικό τους μικρό εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος βρίσκεται μέσα στο κιβώτιο της αντλίας. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις κάθε κύλινδρος τροφοδοτείται από δικιά του ατομική αντλία (στοιχείο) Bosch η οποία κινείται από το γενικό ή ιδιαίτερο εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής.

Στο σχήμα 8.6δ διακρίνουμε τον εμβολίσκο 1 της αντλίας, ο οποίος παλινδρομεί με τη βοήθεια του εκκέντρου, το οποίο βρίσκεται κάτω από την αντλία (δεν διακρίνεται στο σχήμα) και κινείται από άξονα λαμβάνοντας κίνηση από τον άξονα της μηχανής.

Το έμβολο αυτό προς τα κάτω καταλήγει σε ένα 1, το οποίο εφαρμόζει μέσα σε κατάλληλη εγχοπή του χιτωνίου 2.

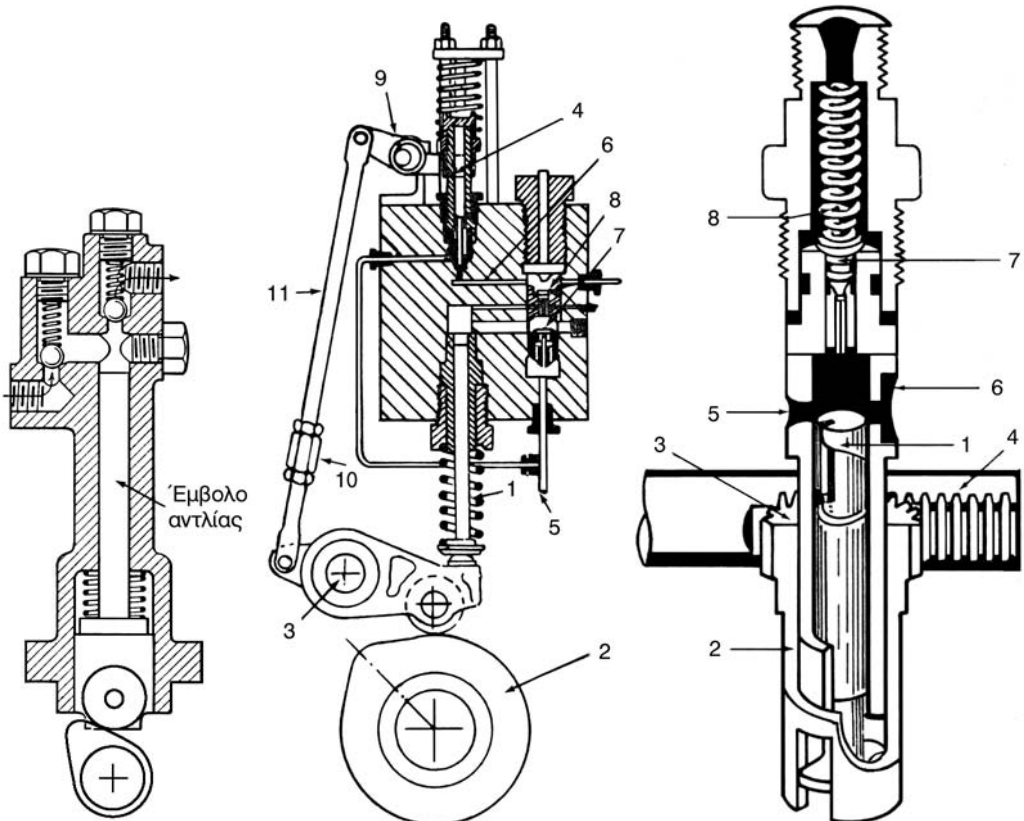
Το χιτώνιο 2 προς τα πάνω καταλήγει σε έναν οδοντωτό τροχό 3, ο οποίος εμπλέκεται με

τον οδοντωτό κανόνα 4.

Ο μικρός κύλινδρος της αντλίας δεν έχει βαλβίδα εισαγωγής του πετρελαίου, αλλά μόνο μια θυρίδα 5 αριστερά, καθώς και μια θυρίδα επιστροφής 6 δεξιά και στο ανώτερο σημείο του φέρει τη βαλβίδα καταθλίψεως 7 με το ελατήριό της 8.

Το έμβολο της αντλίας 1 φέρει στην παράπλευρη επιφάνειά του μιαν ελικοειδή και μιαν κάθετη αύλακα.

Όταν το έμβολο βρίσκεται στη θέση του σχήματος, το πετρέλαιο έρχεται με το βάρος του από τη δεξαμενή στάθμης ή με τη βοήθεια της αντλίας παροχής (η οποία συχνά βρίσκεται



Σχ. 8.6β.

Σχ. 8.6γ.

Σχ. 8.6δ.

ενσωματωμένη στο κιβώτιο της αντλίας εγχύσεως και κινείται από τον ίδιο με αυτήν εκκεντροφόρο άξονα) και γεμίζει το χώρο του κυλίνδρου, εισερχόμενο σε αυτόν από τη θυρίδα εισαγωγής.

Όταν το έμβολο κινηθεί από το έκκεντρο προς τα επάνω σε μια στιγμή θα κλείσει τις θυρίδες του κυλίνδρου και τη στιγμή ακριβώς αυτήν αρχίζει η κατάθλιψη του πετρελαίου, οπότε **ταυτόχρονα** ανοίγουν η βαλβίδα καταθλίψεως και η βελόνα του εγχυτήρα και πραγματοποιείται η έγχυση του πετρελαίου στον κύλινδρο της μηχανής.

Η κατάθλιψη συνεχίζεται, μέχρι το σημείο που το έμβολο ανερχόμενο θα έλθει σε θέση

ώστε η ελικοειδής κόψη του να ανοίξει τη δεξιά θυρίδα επιστροφής, οπότε στο σημείο αυτό το πετρέλαιο, που συμπιεζόταν μέχρι τη στιγμή αυτή, κατέρχεται από το κάθετο αυλάκι και εξέρχεται προς την επιστροφή. Έτσι σταματά η κατάθλιψη.

Με τον οδοντωτό κανόνα 4, ο οποίος μετακινείται από το χειριστήριο της μηχανής ή από το ρυθμιστή ταχύτητας, μπορούμε να περιστρέφουμε, την ώρα που εργάζεται η μηχανή, τον οδοντωτό τροχό 3 και με αυτόν ολόκληρο το χιτώνιο 2, πράγμα που με τη βοήθεια του  $\perp$  προκαλεί την περιστροφή του εμβόλου της αντλίας.

Περιστρέφοντας το έμβολο της αντλίας φέρομε την έλικά του σε θέση, ώστε αυτή να ανοίξει την επιστροφή του πετρελαίου νωρίτερα ή αργότερα. Έτσι κανονίζουμε το πέρας της εγχύσεως και την ποσότητα του εγγεόμενου ανά κύκλωμα πετρελαίου μέσα στον κύλινδρο, δηλαδή τη στιγμιαία ισχύ της μηχανής.

Στις πέντε θέσεις του σχήματος 8.6ε παριστάνεται αναλυτικά η λειτουργία της αντλίας Bosch, όπως παρακάτω:

Στις θέσεις 1 και 2 το έμβολο είναι στραμμένο όλο προς τα αριστερά και βρίσκεται στη θέση της μέγιστης παροχής. Στη θέση 1 η θυρίδα α της εισαγωγής και η θυρίδα ε της επιστροφής είναι ανοικτές. Όταν το έμβολο κινηθεί προς τα πάνω, θα κλείσει τις θυρίδες και θα αρχίσει να καταθλίβει πετρέλαιο, μέχρις ότου η ελικοειδής ακμή της αύλακας να έλθει «κόψη με κόψη» έτοιμη να ανοίξει, τη θυρίδα της επιστροφής, οπότε και σταματά η κατάθλιψη του πετρελαίου. Το έμβολο συμπληρώνει το υπόλοιπο τμήμα της διαδρομής του προς τα πάνω, χωρίς πια να καταθλίβει πετρέλαιο και στη συνέχεια κατέρχεται.

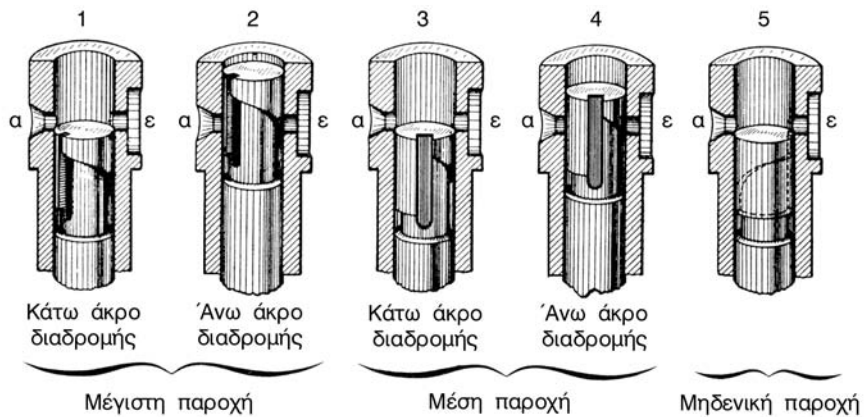
Στις θέσεις 3 και 4 το έμβολο έχει στραφεί σε μία μεσαία θέση για μια μέση παροχή. Βλέπουμε εδώ ότι η λειτουργία είναι όμοια όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, μόνον ότι το ωφέλιμο τμήμα της καταθλίψεως του πετρελαίου, δηλαδή η απόσταση μεταξύ θυρίδας επιστροφής και της ελικοειδούς ακμής της αύλακας είναι μικρότερη από ό,τι στην προηγούμενη περίπτωση, δηλαδή η κατάθλιψη στον εγχυτήρα σταματά νωρίτερα και επομένως στον κύλινδρο εισέρχεται μικρότερη ποσότητα πετρελαίου.

Στη θέση 5 το έμβολο είναι στραμμένο τελείως δεξιά, πράγμα που σημαίνει ότι η κατακόρυφη αύλακα βρίσκεται ακριβώς απέναντι στη θυρίδα της επιστροφής και δεν γίνεται καμιά κατάθλιψη πετρελαίου. Στη θέση αυτή επομένως η μηχανή σταματά.

Το σχήμα 8.6στ παριστάνει ένα στοιχείο αυτής της αντλίας σε φωτογραφία.

Από την όλη ανάπτυξη της λειτουργίας της αντλίας Bosch συμπεραίνουμε ότι με αυτήν σε όλα τα φορτία της μηχανής, δηλαδή σε όλες τις παροχές, η αρχή της εγχύσεως του πετρελαίου γίνεται πάντοτε στο ίδιο σημείο, όταν το έμβολο καλύψει τις θυρίδες, ενώ το τέλος της εγχύσεως στα μικρά φορτία γίνεται νωρίτερα, και στα μεγάλα αργότερα, όταν η ελικοειδής αύλακα του εμβόλου κατά την άνοδο του αποκαλύψει τη θυρίδα της επιστροφής. Αυτό εξαρτάται από τη γωνιακή θέση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο της αντλίας.

Είναι, σύμφωνα με τα παραπάνω η αντλία Bosch αντλία «σταθερής ενάρξεως της εγχύσεως και μεταβλητού πέρατός της». Από το πέρας της εγχύσεως εξαρτάται η ποσότητα του πετρελαίου, που εγχέεται στον κύλινδρο και η ιπποδύναμη της μηχανής. Το γεγονός ότι η αρχή της εγχύσεως γίνεται πάντοτε την ίδια στιγμή, αποτελεί ένα μικρό μειονέκτημα της αντλίας αυτής, γιατί αυτό σημαίνει ότι η προσαρμογή της, στις μεταβολές ταχύτητας του κινητήρα δεν είναι τέλεια, αφού δεν υπάρχει δυνατότητα ρυθμίσεως της αναγκαίας κάθε φορά προεγχύσεως ή προεισαγωγής του καυσίμου. Κατά τα λοιπά η αντλία αυτή παρέχει προϋποθέσεις άριστης λειτουργίας του κινητήρα.



Σχ. 8.6ε.

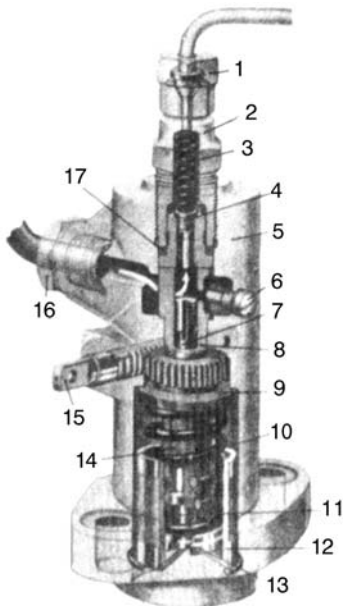
### 8.6.3 Αντλία τύπου Timken.

Είναι αντλία παρόμοιας λειτουργίας προς την αντλία Bosch. Για μια εξακύλινδρη μηχανή παρίσταται στο σχήμα 8.6ζ.

### 8.7 Εγχυτήρες.

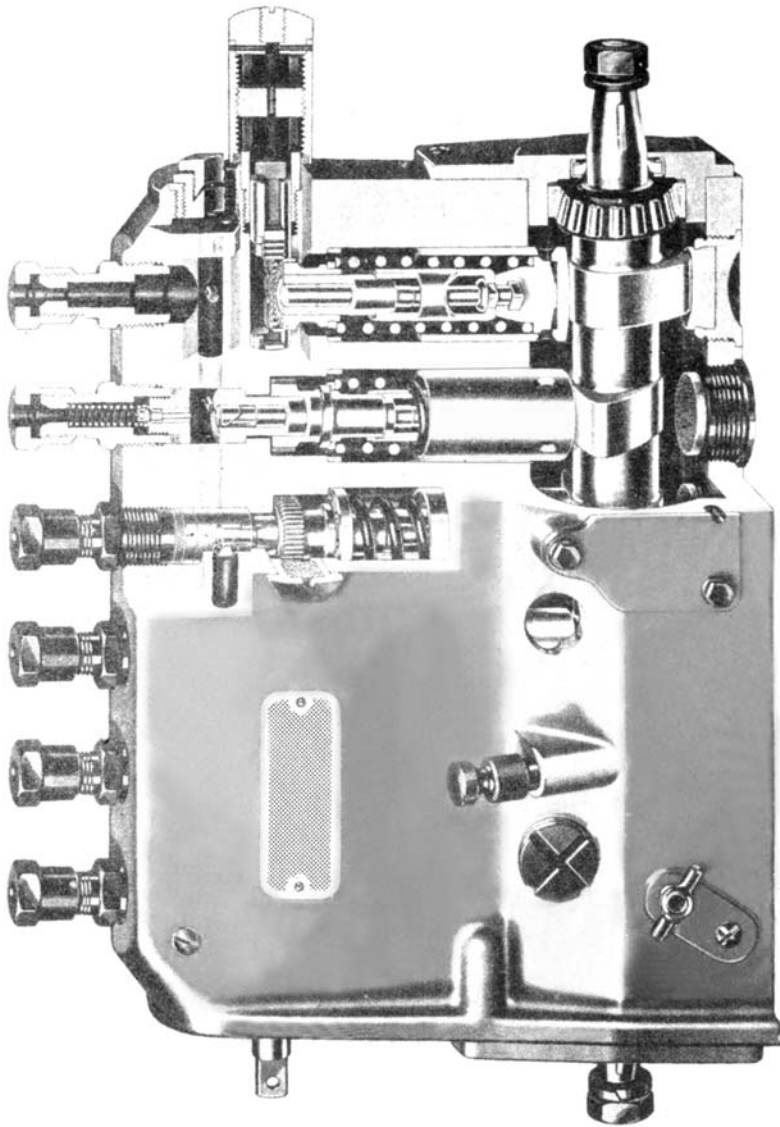
Οι **εγχυτήρες** ή, όπως αλλιώς ονομάζονται στις πετρελαιομηχανές, οι **καυστήρες** (μπεκ), διαίρονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους εγχυτήρες εγχύσεως με **εμφύσηση** και τους εγχυτήρες με **μηχανική έγχυση**.

Εδώ, όπως και για τις αντλίες καυσίμου, θα ασχοληθούμε μόνο με τους εγχυτήρες μηχανικής εγχύσεως. Υπάρχουν πολλά είδη ανάλογα με το θάλαμο καύσεως των μηχανών, τα



Σχ. 8.6στ.

- 1) Σύνδεσμος σωληνίσκου καταθλίψεως πετρελαίου.
- 2) Περικόχλιο.
- 3) Ελατήριο βαλβίδας καταθλίψεως.
- 4) Βαλβίδα καταθλίψεως.
- 5) Σώμα αντλίας.
- 6) Πείρος χιτωνίου.
- 7) Αυλάκια εμβόλου.
- 8) Κύλινδρος.
- 9) Αναστολέας ελατηρίου.
- 10) Ελατήριο.
- 11) Έμβολο.
- 12) Περιβλήμα ελατηρίου.
- 3) Αναστολέας ελατηρίου.
- 14) Χιτώ-νιο.
- 15) Οδοντωτός κανόνας.
- 16) Σύνδεσμος σωληνίσκου εισαγωγής πετρελαίου.
- 17) Με-τάλλικος παράκλυτος.



Σχ. 8. 'Xz

οποία φέρονται στο εμπόριο συνήθως με το όνομα του κατασκευαστή τους, όπως π.χ. Sulzer, M.A.N., Bosch, Fulton κλπ. Οι διάφοροι αυτοί εγχυτήρες δεν διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους. Κοινό χαρακτηριστικό όλων είναι ότι ο προσδιορισμός της στιγμής, που ανοίγουν ή κλείνουν, και η ρύθμιση της ποσότητας του πετρελαίου, που εγγέουν μέσα στον κύλινδρο, γίνεται υδραυλικά με την **υδραυλική πίεση της μηχανικής εγχύσεως, που ρυθμίζεται επακριβώς από την αντλία μηχανικής εγχύσεως** του πετρελαίου.

### 8.7.1 Εγχυτήρας τύπου M.A.N.

Ο εγχυτήρας αυτός (σχ. 8.7α) χρησιμοποιείται σε μηχανές M.A.N. με μεγάλη ιπποδύναμη. Περιλαμβάνει τη **βελόνα 1**, το **χιτώνιο 2**, το **ακροφύσιο 3**, το **σώμα** του εγχυτήρα 4, το **περικόχλιο 5** (που συσφίγγει το σώμα 4 με το χιτώνιο 2 και το ακροφύσιο 3), το **ελατήριο 6** και το **στέλεχος 7**, που χρησιμεύουν για τη ρύθμιση της πίεσεως, στην οποία θα ανυψωθεί η βελόνα, για να γίνει η έγχυση. 8 είναι η είσοδος του καυσίμου, το οποίο καταλήγει στον κενό δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ βελόνας και χιτωνίου ακριβώς πάνω από την έδρα της βελόνας. 9 και 10 είναι οι σχετοί εισόδου και εξόδου του πετρελαίου από τον καυστήρα.

Η στιγμή της ενάρξεως και του πέρατος της εγχύσεως ρυθμίζεται στον καυστήρα αυτόν, όπως άλλωστε σε όλους σχεδόν τους καυστήρες μηχανικής εγχύσεως, από την αντλία μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου. Από τη συνολική διάρκεια της εγχύσεως προκύπτει η ιπποδύναμη που αναπτύσσεται κάθε φορά από τη μηχανή.

### 8.7.2 Εγχυτήρας τύπου Sulzer.

Αυτός παριστάνεται σε τομή στο σχήμα 8.7β όπου διακρίνεται η εισαγωγή και η επιστροφή του πετρελαίου, το προστόμιο, η βελονοειδής βαλβίδα, το ελατήριο διατηρήσεως της βελονοειδούς βαλβίδας κλειστής και λοιπές λεπτομέρειες της κατασκευής του.

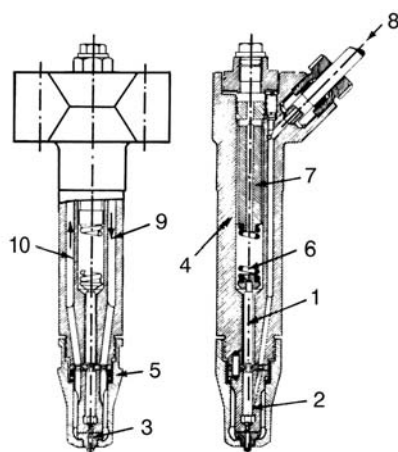
### 8.7.3 Εγχυτήρας τύπου Polar.

Αυτός παριστάνεται σε τομή στο σχήμα 8.7γ. Το πετρέλαιο εισέρχεται από τον κατακόρυφο αγωγό στη βαλβίδα, την οποία ανυψώνει λόγω της υψηλής πίεσεως της εγχύσεως την κατάλληλη στιγμή. Η υψηλή πίεση ρυθμίζεται από την αντλία μηχανικής εγχύσεως υπερνικώντας την αντίσταση του ελατηρίου που την κρατά δυνατά κλειστή επάνω στην έδρα της. Στην κορυφή του καυστήρα διακρίνεται ο ρυθμιστικός κοχλίας της εντάσεως του ελατηρίου της βαλβίδας, δηλαδή της πίεσεως στην οποία αυτή θα ανοίξει. Όταν η βαλβίδα ανυψωθεί, το πετρέλαιο αρχίζει να ψεκάζεται από το προστόμιο μέχρις ότου η αντλία μηχανικής εγχύσεως να διακόψει την κατάθλιψη. Τυχόν διαρροές από τη βελονοειδή βαλβίδα επιστρέφουν στη δεξαμενή από τον αγωγό επιστροφής, επάνω στον οποίο τοποθετείται και ο χειροκίνητος κρουσός για τον εξαιρεισμό του καυστήρα κατά την προετοιμασία της λειτουργίας του.

### 8.7.4 Εγχυτήρας Bosch.

Ο εγχυτήρας Bosch αποτελείται από πολλά τμήματα, τα οποία βασικά συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίωση. Στο σχήμα 8.7δ φαίνεται η **βελόνα β** της εγχύσεως, το **προστόμιο** ή ακροφύσιο σ, από το οποίο γίνεται η έγχυση του πετρελαίου και το οποίο είναι ταυτόχρονα και **χιτώνιο** της βελόνας και περιλαμβάνει και την έδρα της, το **ελατήριο Ε**, το οποίο πιέζει ισχυρά τη βελόνα στην έδρα της και τη διατηρεί κλειστή και η **εισαγωγή π** του πετρελαίου από την αντλία προς τον καυστήρα. Τέλος Χ είναι το ρυθμιστικό **περικόχλιο**, με το οποίο ρυθμίζουμε την





Σχ. 8.7α.

ένταση του ελατηρίου Ε και επομένως την πίεση του πετρελαίου στην οποία θα ανοίξει η βελόνα για να γίνει η έγχυσή του μέσα στον κύλινδρο.

Όταν η αντλία καταθλίψει την ορισμένη στιγμή το πετρέλαιο με την πίεση της μηχανικής εγχύσεως, αυτό θα πιέσει τη βελόνα από κάτω στον κωνικό δακτύλιο και θα την ανυψώσει, οπότε μόνο του θα διασκορπισθεί στη συνέχεια μέσα στον κύλινδρο. Όταν πάλι σταματήσει να δρα η υδραυλική πίεση της εγχύσεως, τότε η βελόνα επαναφέρεται στην έδρα της και κλείνει με τη δύναμη του επανατακτικού ελατηρίου Ε.

Διάφοροι τύποι των ακροφυσίων ή προσομίμων, που προσαρμόζονται στους εγχυτήρες Bosch, παριστάνονται στο σχήμα 8.7ε και διακρίνονται βασικά σε προσόμια με μίαν οπή ή με πολλές οπές ή με δακτυλοειδή δέσμη εγχύσεως.

## 8.8 Συνδυασμός αντλίας και εγχυτήρα σε ενιαίο συγκρότημα εγχυτήρα τύπου General Motors.

Η επιτυχημένη αυτή κατασκευή αντλίας μηχανικής εγχύσεως και εγχυτήρα σε ενιαίο σώμα χρησιμοποιήθηκε από τα αμερικανικά εργοστάσια General Motors Corporation στις μηχανές που κατασκευάζουν.

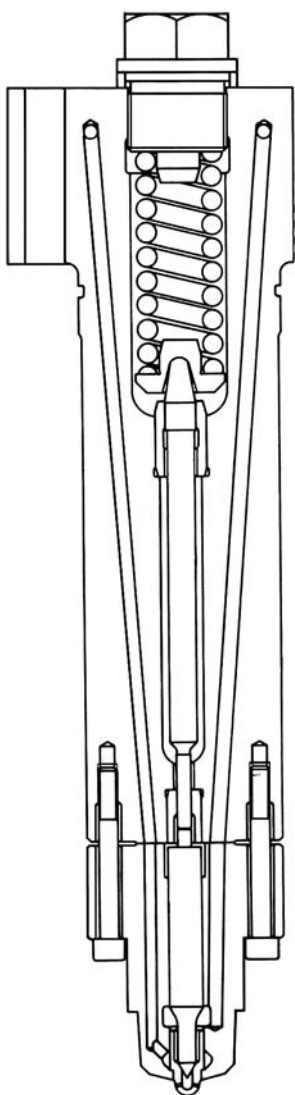
Ο συνδυασμός φέρεται από τότε στη βιομηχανία και το εμπόριο με την ονομασία **ενιαίους εγχυτήρας** ή στην αγγλική «Unit Injector».

Ο ενιαίος εγχυτήρας συνδυάζει σε ένα σώμα όλα τα απαραίτητα τμήματα της ρυθμίσεως της **ποσότητας** του εγχέομένου πετρελαίου και της στιγμής **ενάρξεως** και **πέρατος** της εγχύσεως, και αποτελεί κατ' αυτόν το τρόπο ένα πλήρες ανεξάρτητο συγκρότημα για κάθε κύλινδρο.

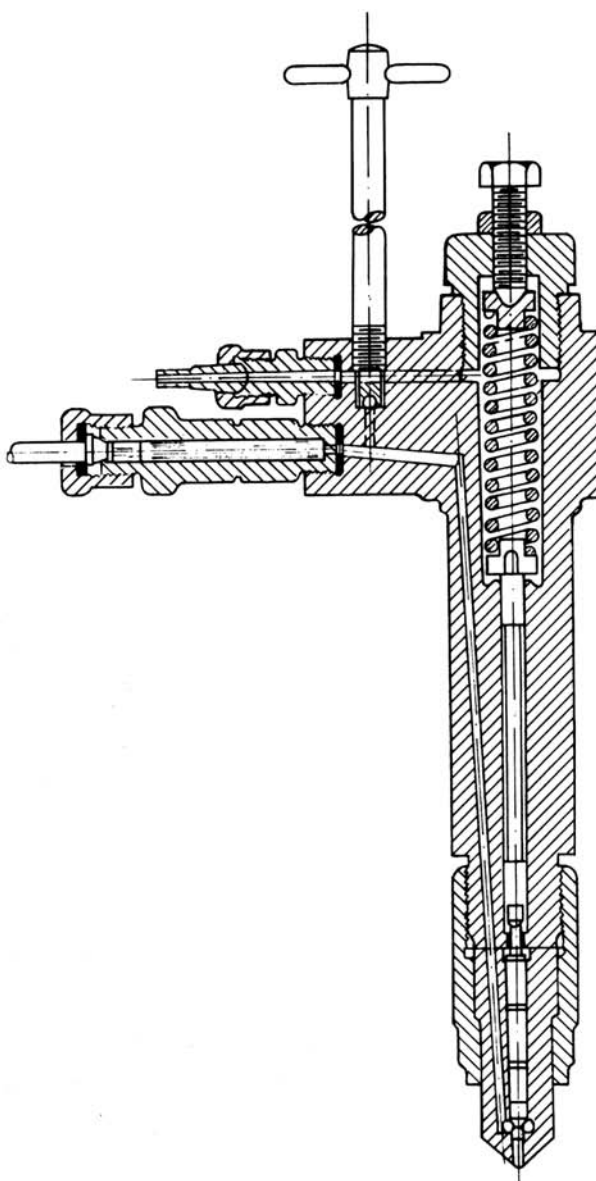
Ο έλεγχος της στιγμής που ανοίγει και κλείνει ο καυστήρας αυτός γίνεται από έκκεντρο προσαρμοσμένο στον εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής στον οποίο βρίσκονται και τα έκκεντρα ελέγχου των βαλβίδων.

Το σχήμα 8.8α παριστάνει σε τομή έναν ενιαίο καυστήρα General Motors. Το πετρέλαιο





Σχ. 8.7β.



Σχ. 8.7γ.

έρχεται από την αντλία παροχής με πίεση περίπου 20 p.s.i, εισέρχεται στον εγχυτήρα, αφού πρώτα περάσει από το πορώδες ειδικής κατασκευής ορειχάλκινο φίλτρο Φ, και καταλαμβάνει όλο το εσωτερικό του εγχυτήρα από τον κάθετο οχετό α και γύρω από τον κύλινδρο Κ του εμβόλου ε.

Το έμβολο κινείται προς τα κάτω από το αντίστοιχο έκκεντρο του εκκεντροφόρου άξονα

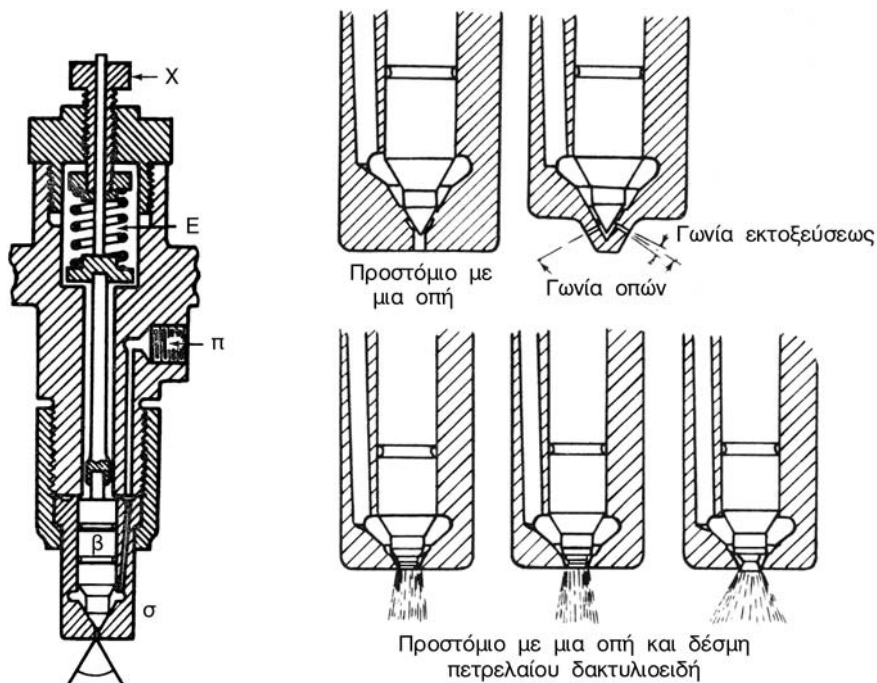
και, όταν η ενέργεια του εκκέντρου σταματήσει, ανέρχεται προς τα πάνω με τη βοήθεια του επανατακτικού ελατηρίου Σ.

Εκτός από την κατακόρυφη αυτή παλινδρόμηση, το έμβολο είναι δυνατόν να εκτελεί και γωνιακή κίνηση, δηλαδή να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του μέσα στα όρια μιας γωνίας, με τη βοήθεια του οδοντωτού τροχού τ, ο οποίος εμπλέκεται με τον οδοντωτό καινόνα Τ.

Το έμβολο φέρει περιφερειακή αύλακα, της οποίας τόσο η επάνω όσο και η κάτω ακμή είναι ελικοειδείς. Στην κάτω όψη του φέρει οπή, με την οποία ο χώρος κάτω από το έμβολο επικοινωνεί με την αύλακα στην οποία φθάνει η οπή κατακόρυφα και στη συνέχεια εγκάρσια σε σχήμα Τ.

Ο κύλινδρος φέρει δύο θυρίδες, την επάνω και την κάτω.

Η αύλακα του εμβόλου με τις ελικοειδείς ακμές της και η κεντρική οπή στο σώμα του



Σχ. 8.7δ.

Σχ. 8.7ε.

εμβόλου έχουν ως σκοπό να ρυθμίζουν την έναρξη και το τέλος της εγχύσεως και την ποσότητα πετρελαίου που εγχέεται.

Η σχετική θέση των ακμών της αύλακας αλλάζει με την αλλαγή της γωνιακής θέσεως του εμβόλου.

Όπως το έμβολο κινείται προς τα κάτω, το πετρέλαιο αρχικά εκτοπίζεται μέσα από τις θυρίδες πίσω προς τον θάλαμο πληρώσεως, μέχρις ότου η κατώτερη ακμή του εμβόλου να κλείσει την κάτω θυρίδα. Στη συνέχεια το συμπιεζόμενο πετρέλαιο εξωθείται προς τα πίσω πάλι από την κεντρική οπή του εμβόλου, μέχρις ότου η ανώτερη ελικοειδής ακμή της εγκοπής του

εμβόλου να κλείσει την ανώτερη θυρίδα. Τότε αρχίζει η κατάθλιψη, η οποία συνεχίζεται, μέχρις ότου η κάτω ελικοειδής ακμή της αύλακας να αποκαλύψει την κάτω θυρίδα, οπότε η κατάθλιψη σταματά.

Η περιστροφή του εμβόλου με τον οδοντωτό κανόνα ρυθμίζει τη στιγμή που θα κλείσουν ή θα ανοίξουν οι θυρίδες, δηλαδή την αρχή και το πέρας της εγχύσεως και την ποσότητα του εγχεόμενου πετρελαίου.

Στις θέσεις (α), (β), (γ) και (δ) του σχήματος 8.8β παριστάνεται για μια **μέση παροχή** πετρελαίου η κίνηση του εμβόλου από την ανώτερη μέχρι την κατώτερη θέση του.

Στη θέση (α) παριστάνεται αυτό στην ανώτερη θέση του, στη θέση (β), όπου η πάνω ελικοειδής ακμή έκλεισε την πάνω θυρίδα, παριστάνεται η **έναρξη της εγχύσεως**, στη θέση (γ), όπου η κάτω ελικοειδής ακμή ανοίγει την κάτω θυρίδα, παριστάνεται το τέλος της **εγχύσεως** και στη θέση (δ) το έμβολο παριστάνεται στο κατώτερο σημείο της διαδρομής του.

Στις θέσεις πάλι (α), (β), (γ) και (δ) του σχήματος 8.8γ παριστάνεται η μεταβολή του φορτίου με περιστροφή του εμβόλου.

Βλέπουμε ότι στη θέση (α) η έναρξη και το τέλος της εγχύσεως συμπίπτουν, πράγμα που σημαίνει ότι καμιά **κατάθλιψη** πετρελαίου δεν γίνεται, δηλαδή η **μηχανή σταματά**.

Στη θέση (β) το ωφέλιμο τμήμα της καταθλίψεως X, είναι ελάχιστο, αρκετό για την κίνηση της μηχανής σε **άφορτη κατάσταση** λειτουργίας (ρελαντί).

Στη θέση (γ) το ωφέλιμο τμήμα της καταθλίψεως X είναι μεγαλύτερο, δηλαδή η μηχανή εργάζεται σε ένα **μέσο φορτίο**.

Στη θέση (δ) έχουμε το μεγαλύτερο τμήμα ωφέλιμης διαδρομής καταθλίψεως X, δηλαδή η μηχανή εργάζεται στο **μέγιστο φορτίο της**.

Από την ανάλυση της λειτουργίας του εγχυτήρα General Motors βλέπουμε ότι μοιάζει πολύ με την αντλία Bosch, πλεονεκτεί από αυτήν, γιατί ρυθμίζει **κάθε φορά** και την **έναρξη της εγχύσεως** του πετρελαίου, δηλαδή την προέγχυση ή την προεισαγωγή του καυσίμου διαφορετική για κάθε φορτίο, πράγμα που είναι απαραίτητο στις σύγχρονες ταχύστροφες μηχανές Diesel, που λειτουργούν με συχνές μεταβολές της ταχύτητας, όπως π.χ. οι μηχανές αυτοκινήτων, ελαφρών πλοίων κλπ.

Είναι επομένως η αντλία του εγχυτήρα General Motors αντλία μηχανικής εγχύσεως **μεταβλητής αρχής** και **μεταβλητού τέλους** της εγχύσεως.

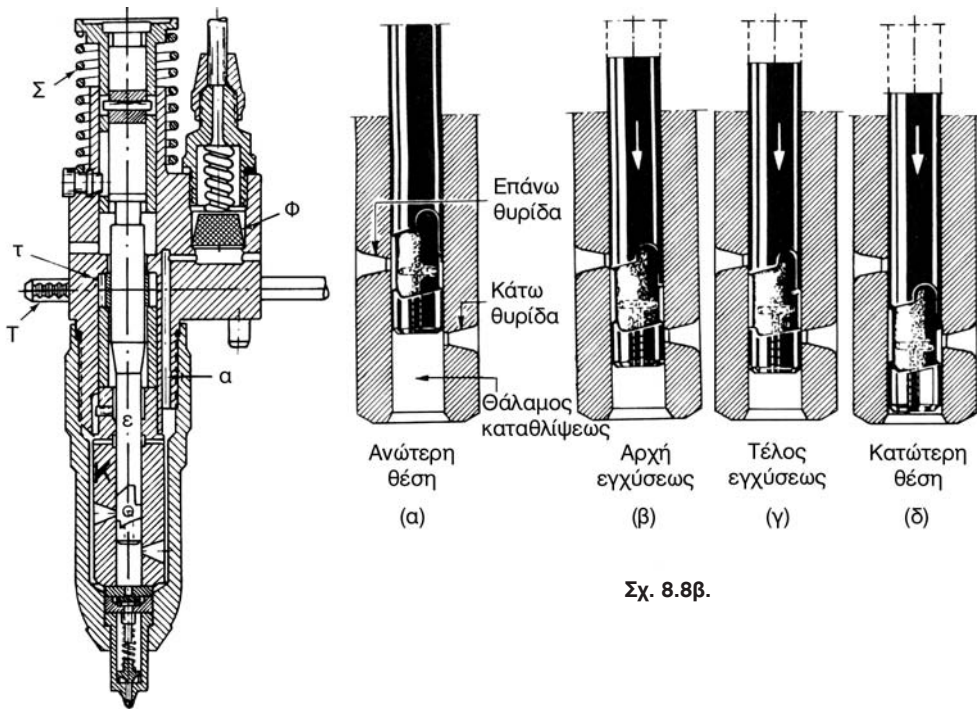
Ο έλεγχος του εγχυτήρα αυτού γίνεται με τον οδοντωτό κανόνα Γ (σχ. 8.8α). Όλοι οι κανόνες των καυστήρων των διαφόρων κυλίνδρων της μηχανής συνδέονται ο καθένας με ένα μοχλό στον κοινό άξονα του χειριστηρίου ή του ρυθμιστή στροφών της μηχανής. Με αυτόν τον τρόπο είναι εύκολη η ρύθμιση του φορτίου της μηχανής με το χειριστήριο απευθείας ή μέσω του ρυθμιστή.

Ο συνδυαστικός μοχλός του καθένα εγχυτήρα έχει δικιά του μικρομετρική ρύθμιση του μήκους του, με την οποίαν μπορούμε να επιτύχουμε τη ρύθμιση της εγχεόμενης ποσότητας πετρελαίου σε κάθε κύλινδρο χωριστά και να επιτύχουμε έτσι την ομοιόμορφη κατανομή του συνολικού φορτίου της μηχανής σε όλους τους κυλίνδρους.

## 8.9 Ειδικές παρατηρήσεις για τους εγχυτήρες των μηχανών Diesel.

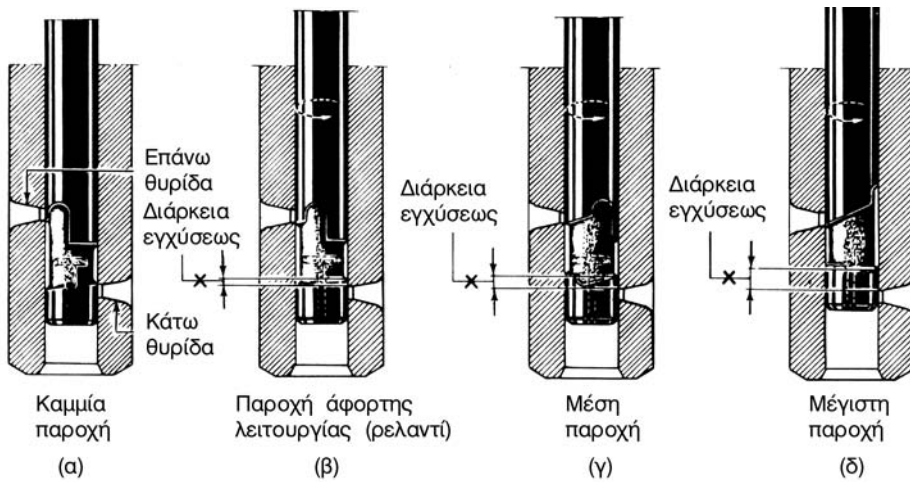
Κατά κανόνα για τους εγχυτήρες αυτούς πρέπει:

α) Η βελόνα να εφαρμόζει στεγανά στο εσωτερικό του χιτωνίου της, γιατί αλλιώς δεν είναι



Σχ. 8.8β.

Σχ. 8.8α.



Σχ. 8.8γ.

δυνατόν να αναπτυχθεί η πίεση της εγχύσεως. Για το λόγο αυτό και η βελόνα και το χιτώνιο κατασκευάζονται από χάλυβα «βαμμένο» άριστης ποιότητας και λειανόνται (ρεκτιφιάρονται)

με μέγιστη ακρίβεια, ώστε να επιτυγχάνεται τέλεια εφαρμογή μεταξύ τους και να αποτελούν ένα αδιαίρετο ζεύγος. Στις επισκευές δεν επιτρέπεται η αντικατάσταση του ενός μόνο τεμαχίου. Αντικαθίστανται και τα δύο μαζί, όταν υπάρχει λόγος αντικαταστάσεώς τους.

β) Η βελόνα πρέπει να εδράζεται με απόλυτη στεγανότητα επάνω στην έδρα της.

γ) Αν το ακροφύσιο είναι χωριστό από το χιτώνιο, όπως στον καυστήρα του σχήματος 8.7δ, τότε και μεταξύ των προσώπων του χιτωνίου και του ακροφυσίου πρέπει να υπάρχει απόλυτη στεγανότητα, χωρίς δηλαδή ειδικό παράκνυλο (ροδέλλα). Αυτό επιτυγχάνεται με λεπτότατη λείανση (ρεκτιφιέ) των δύο προσώπων, ώστε να εφαρμόζουν απόλυτα.

δ) Το ακροφύσιο, που εισέρχεται στον κύλινδρο και είναι εκτεθειμένο στην υψηλή θερμοκρασία της καύσεως, όπως και το περικόχλιο, που το στερεώνει επάνω στο στέλεχος του εγχυτήρα, πρέπει να είναι κατασκευασμένο από ειδικό ανοξείδωτο χάλυβα ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες.

### 8.10 Η σειρά καύσεως στις πετρελαιομηχανές.

Στις πολκύλινδρες πετρελαιομηχανές, οι οποίες έχουν και ισάριθμους στροφάλους, πρέπει οι στρόφαλοί τους να τοποθετούνται υπό γωνία μεταξύ τους, ώστε να επιτυγχάνονται:

α) Η ομοιόμορφη κατανομή των περιόδων της καύσεως κατά το μήκος του στροφαλοφόρου άξονα.

β) Η καλύτερη θέση για την εκκίνηση με αέρα.

γ) Η καλύτερη ισορρόπηση των περιστρεφόμενων μαζών, ώστε η άτρακτος να στρέφει ομαλότερα, χωρίς κραδασμούς και να ελαττώνεται ταυτόχρονα το βάρος του σφονδύλου της μηχανής στο ελάχιστο.

Η γωνία, που σχηματίζουν μεταξύ τους δύο στρόφαλοι, των οποίων οι κύλινδροι παρέχουν **διαδοχικές αναφλέξεις**, λέγεται **γωνία σφηνώσεως** των στροφάλων.

Επειδή στους τετράχρονους κινητήρες το κύκλωμα λειτουργίας πραγματοποιείται σε δύο στροφές ή  $720^\circ$  του κύκλου του στροφάλου, η γωνία σφηνώσεως προκύπτει ως  $720: z$ , όπου:  $z$  ο αριθμός των κυλίνδρων.

Στους δίχρονους πάλι κινητήρες θα είναι αντίστοιχα  $360: z$ , δεδομένου ότι το κύκλωμα λειτουργίας τους πραγματοποιείται σε μια μόνο στροφή, δηλαδή  $360^\circ$ .

Όταν λέμε σειρά αναφλέξεως ή καύσεως των κυλίνδρων, εννοούμε τη σειρά, με την οποία γίνονται διαδοχικά οι καύσεις στους κυλίνδρους. Τους κυλίνδρους και τους αντίστοιχους στροφάλους τους αριθμολογούμε με συνεχείς αριθμούς στη σειρά, που τοποθετούνται επάνω στο στροφαλοφόρο άξονα, αρχίζοντας κατά κανόνα από το άκρο, όπου βρίσκεται ο σφόνδυλος.

Έτσι π.χ. αν η σειρά αναφλέξεως σε μια τετρακύλινδρη μηχανή είναι 1.2.4.3, εννοούμε ότι οι καύσεις στους κυλίνδρους θα γίνουν διαδοχικά στον 1ο, τον 2ο, τον 4ο και τελευταία στον 3ο κύλινδρο. Από αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι οι καύσεις δεν γίνονται σύμφωνα με τη σειρά των κυλίνδρων. Αντιλαμβανόμαστε επίσης για ποιο λόγο η γωνία σφηνώσεως σχηματίζεται μεταξύ δύο στροφάλων, που είναι διαδοχικοί κατά τη σειρά αναφλέξεως και όχι κατά τη σειρά της τοποθετήσεώς τους επάνω στο στροφαλοφόρο άξονα, δηλαδή τη σειρά αριθμώσεως των κυλίνδρων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, στην περίπτωση π.χ. μιας τετράχρονης τετρακύλινδρης μηχανής, θα έχουμε μια γωνία σφηνώσεως  $720^\circ : 4 = 180^\circ$  και, αν η σειρά καύσεώς της είναι

όπως προηγουμένως 1. 2. 4. 3, συμπεραίνουμε ότι θα έχουμε γωνία  $180^\circ$  μεταξύ 1ου και 2ου στροφάλου, επίσης μεταξύ 2ου και 4ου, μεταξύ 4ου και 3ου και τέλος μεταξύ 3ου και 1ου. Ο στροφάλος της μηχανής αυτής θα έχει τη μορφή του σχήματος 8.10α.

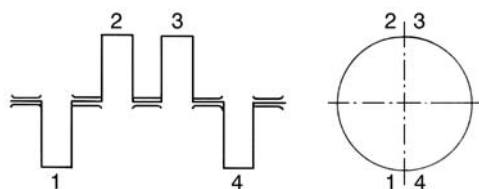
Οι παραπάνω γενικές αρχές αφορούν τη ρύθμιση της σειράς καύσεως.

Στο σχήμα 8.10β δίνεται με τη μορφή πίνακα η συνηθισμένη διάταξη των στροφάλων και η αντίστοιχη σειρά αναφλέξεως των διαφόρων τετραχρόνων και διχρόνων μηχανών, όπως ακολουθείται από τους κατασκευαστές.

Η σειρά αναφλέξεως, πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της μηχανής.

Με βάση τη σειρά αναφλέξεως ρυθμίζεται και η σχεδίαση του εκκεντροφόρου άξονα και η σύνδεση των σωληνίσκων καταθλίψεως του πετρελαίου από την αντλία πετρελαίου προς τους εγχυτήρες.





Σχ. 8.10α.

Αριθμός κυλίνδρων	Διάταξη στροφάλων τετράχρονης μηχανής	Σειρά στροφέ- αναστρέ- ψης	Διάταξη στροφάλων δίχρονης μηχανής	Σειρά αναφέ- ξης
2		1-2 1-2		1-2
3		1-3-2		1-2-3
4		1-2-4-3 ή 1-3-4-2		1-4-2-3
5		1-3-5 4-2		1-4-3 2-5
6		1-5-3-6 2-4		1-4-5-2 3-6
7		1-4-3 6-2-5		1-6-2-4 3-5
8		1-5-2-6 8-7-4-3		1-6-4-7 2-5-3-8
9		1-6-2-8 4-7-3-5		1-8-6-4 2-7-5-3

Σχ. 8.10β.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ BENZINOMHXANΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Από όσα μέχρι τώρα έχουμε αναφέρει, αντιλαμβανόμαστε εύκολα ότι η βασική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών τύπων Μ.Ε.Κ. βρίσκεται στο **καύσιμο** και στον **τρόπο** καύσεώς του.

Οι βενζινομηχανές έχουν ως βάση της λειτουργίας τους το θερμοκύκλο του Otto, στον οποίο η καύση γίνεται υπό σταθερό όγκο, ενώ οι πετρελαιομηχανές τον κύκλο Diesel, όπου η καύση γίνεται υπό σταθερή πίεση. Στην πράξη όμως η διαφορά αυτή αμβλύνεται, ώστε ούτε οι πρώτες να έχουν καθαρά ισόογκη καύση, ούτε οι δεύτερες ισόθλιπη και περιορίζεται στο ότι στις βενζινομηχανές έχουμε μεγαλύτερη αύξηση της πίεσεως κατά την καύση από εκείνη, που δημιουργείται στις πετρελαιομηχανές. Και η διαφορά όμως αυτή γίνεται ακόμη μικρότερη με τη χρήση των πετρελαιομηχανών μικτού κυκλώματος (παράγρ. 5.13 και 5.14), των οποίων η λειτουργία μοιάζει αρκετά με τη λειτουργία των βενζινομηχανών.

Από τη μελέτη αποδόσεως των κυκλωμάτων των Μ.Ε.Κ. (παράγρ. 1.8 και 1.9), γνωρίζουμε ότι ο θεωρητικός κύκλος των βενζινομηχανών έχει μεγαλύτερη απόδοση από το θεωρητικό κύκλο των πετρελαιομηχανών. Θα έπρεπε δηλαδή οι βενζινομηχανές να έχουν μικρότερη κατανάλωση καυσίμου από τις πετρελαιομηχανές. Όμως η απόδοση και των δύο κύκλων συμβαδίζει με το **βαθμό συμπίεσεως**  $r$ , τον οποίο έχουμε ορίσει ως τη σχέση του όγκου του κυλίνδρου με τον όγκο του θαλάμου καύσεως. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση συμπίεσεως, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση της μηχανής και συνεπώς τόσο μικρότερη είναι η κατανάλωσή της σε καύσιμο. Έτσι στις πετρελαιομηχανές, όπου συμπιέζουμε καθαρό αέρα, η σχέση συμπίεσεως φθάνει μέχρι και τον αριθμό 20, και η τελική πίεση συμπίεσεως 35 - 40 bar. Στις βενζινομηχανές, όπου συμπιέζουμε αεριούχο μίγμα, η σχέση συμπίεσεως δεν υπερβαίνει τον αριθμό 10, και η τελική πίεση συμπίεσεως τα 12 bar περίπου λόγω της γνωστής ιδιότητας της εκρηκτικότητας της βενζίνης και του κινδύνου πρόωρης αναφλέξεως.

Στην πραγματικότητα λοιπόν η απόδοση των πετρελαιομηχανών είναι καλύτερη από την απόδοση των βενζινομηχανών και αν λάβουμε υπ' όψη μας και ότι το πετρέλαιο Diesel είναι φθηνότερο από τη βενζίνη, αντιλαμβανόμαστε ότι ο κινητήρας Diesel είναι οικονομικότερος από τον κινητήρα Otto.

Όσον αφορά την **ποιότητα της καύσεως** είναι φανερό ότι, επειδή στις βενζινομηχανές το καύσιμο είναι ελαφρύτερο, είναι καλύτερη, ενώ στις πετρελαιομηχανές χαμηλότερη. Γι' αυτό οι κινητήρες Diesel έχουν ανάγκη από συχνότερο εσωτερικό καθαρισμό και επειδή η καύση τους είναι ατελής, αναδίδουν καυσαέρια που περιέχουν μερικές φορές μονοξείδιο του άνθρακα, το οποίο ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές **δημιουργεί κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου.**

Άλλη μια σύγκριση αφορά το **βάρος**. Οι βενζινομηχανές επειδή είναι ελαφρύτερες από τις πετρελαιομηχανές, προτιμώνται στα αεροπλάνα, τα αυτοκίνητα και τα μικρά πλοία. Έχουν

επίσης μεγάλη ετοιμότητα στην εκκίνηση και την επιτάχυνση. Αντίθετα διατρέχουν μεγαλύτερο **κίνδυνον πυρκαϊάς** επειδή οι ατμοί της βενζίνης είναι πάρα πολύ εύφλεκτοι. Γι' αυτό πρέπει να καταβάλλομε ιδιαίτερη προσοχή και κατά τη λειτουργία της μηχανής, αλλά και κατά τη στιγμή που γεμίζει η δεξαμενή με βενζίνη. Ηλεκτρικοί **σπινθήρες** ή αναμμένα **τσιγάρα** και μάλιστα όχι πολύ κοντά στο σημείο όπου παραλαμβάνοταν βενζίνη, προκάλεσαν πολλές φορές καταστροφικές πυρκαϊές με μεγάλη έκταση.

Το **ηλεκτρικό σύστημα αναφλέξεως** τελικώς των βενζινομηχανών τις κάνει πολύ ευαίσθητες, γιατί υπόκειται εύκολα σε ανωμαλίες.

Από όσα προηγουμένως αναφέραμε, αντιλαμβανόμαστε ότι και οι δύο τύποι μηχανών έχουν και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Επειδή όμως οι πετρελαιομηχανές καταναλώνουν λιγότερα καύσιμα, γι' αυτό χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στις εγκαταστάσεις μεγάλων ιπποδυνάμεων.

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

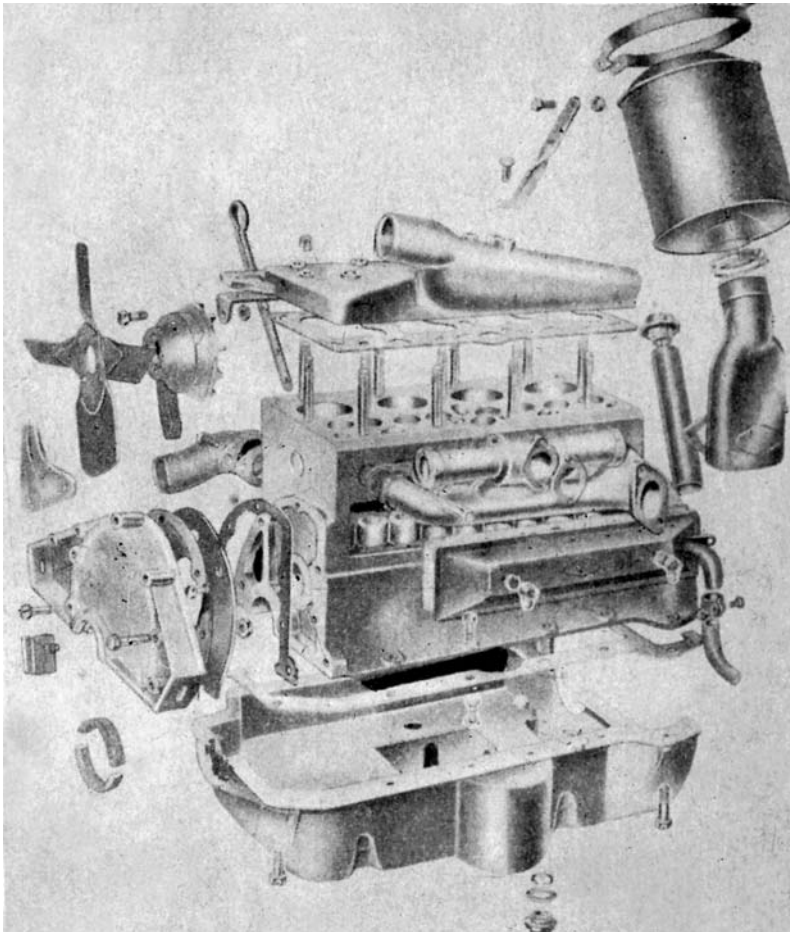
#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

##### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

###### 10.1 Γενικά.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε σε γενικές γραμμές τα μέρη, από τα οποία αποτελούνται οι μηχανές εσωτερικής καύσεως.

Η περιγραφή αφορά και τις βενζινομηχανές και τις πετρελαιομηχανές, γιατί η κατασκευή



Σχ. 10.1α.

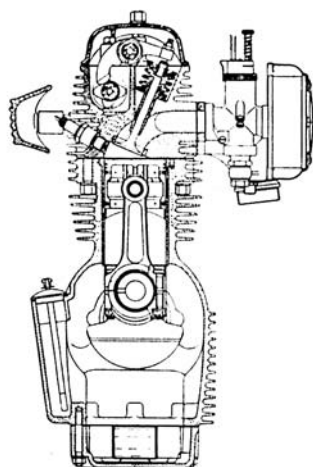
Τετράχρονος βενζινοκινητήρας αυτοκινήτου τύπου Morris με παραστατική εξάριμηση των τμημάτων του.

τους είναι παρόμοια και γίνεται με βάση τις ίδιες αρχές. Από όσα άλλωστε μέχρι τώρα έχουμε αναπτύξει, οι βασικές διαφορές μεταξύ τους βρίσκονται στο καύσιμο και στα όργανα, που σχετίζονται με αυτό.

Τα μέρη των Μ.Ε.Κ. γενικά διακρίνονται σε **σταθερά** και **κινητά**. Σταθερά π.χ. είναι η βάση, ο κύλινδρος, το πάμα κλπ., και κινητά αντίστοιχα το έμβολο, ο διωστήρας, ο στροφαλοφόρος άξονας, οι βαλβίδες τα ωστήριά τους κλπ.

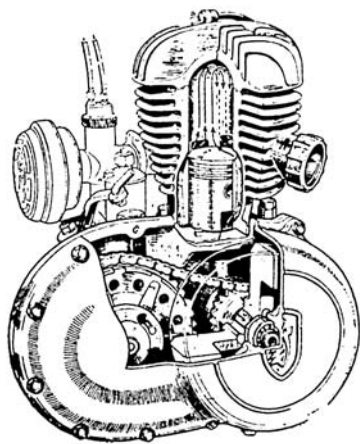
Από όλα αυτά υπάρχει μεγάλη ποικιλία στη βιομηχανία και όπως είναι ευνόητο δεν είναι δυνατόν να περιλάβουμε εδώ την περιγραφή πολλών τύπων από το καθένα. Θα περιορισθούμε επομένως στην περιγραφή των περισσότερο συνηθισμένων μορφών ή αντιπροσωπευτικών τύπων τους.

Προτού προχωρήσουμε στην ειδική περιγραφή των διαφόρων μερών των Μ.Ε.Κ. κρίνεται σκόπιμο να παραθέσουμε ορισμένες απεικονίσεις μηχανών εσωτερικής καύσεως από τις πιο σύγχρονες, οι οποίες και θα συντελέσουν στην καλύτερη κατανόηση της περιγραφής των επί μέρους τμημάτων.



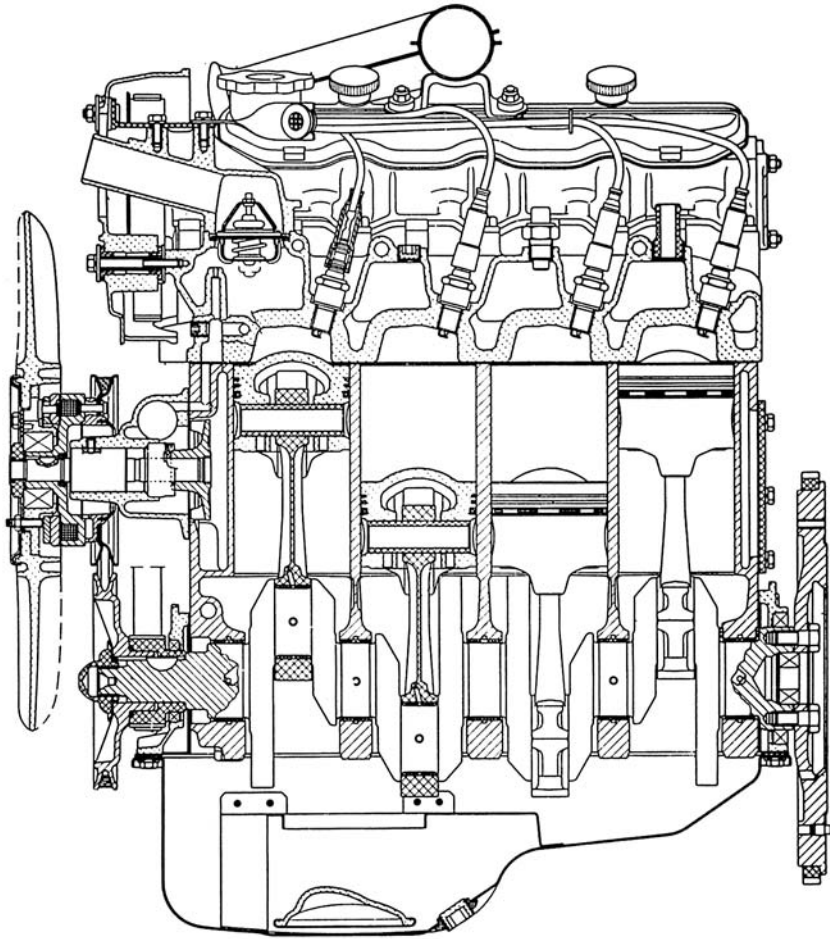
**Σχ. 10.1β.**

Τετράχρονος αερόψυκτος βενζινοκινητήρας μοτοσυκλέτας Sunbeam.



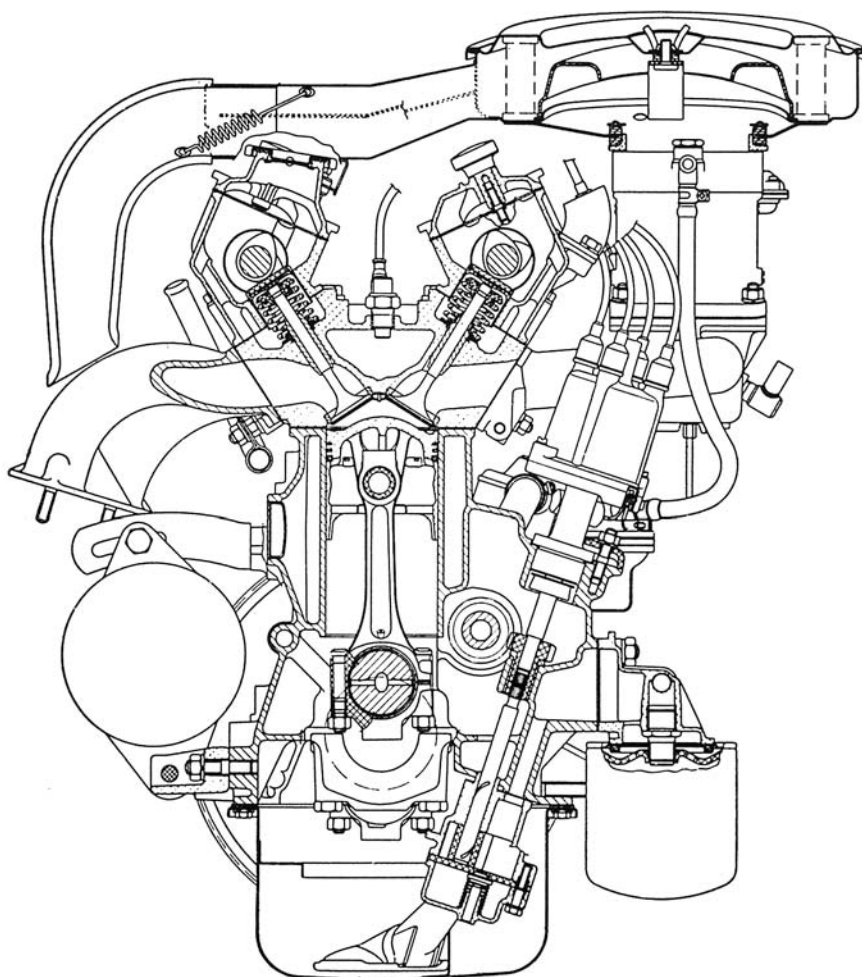
**Σχ. 10.1γ.**

Δίχρονος βενζινοκινητήρας μοτοσυκλέτας Zundapp.



**Σχ. 10.18.**

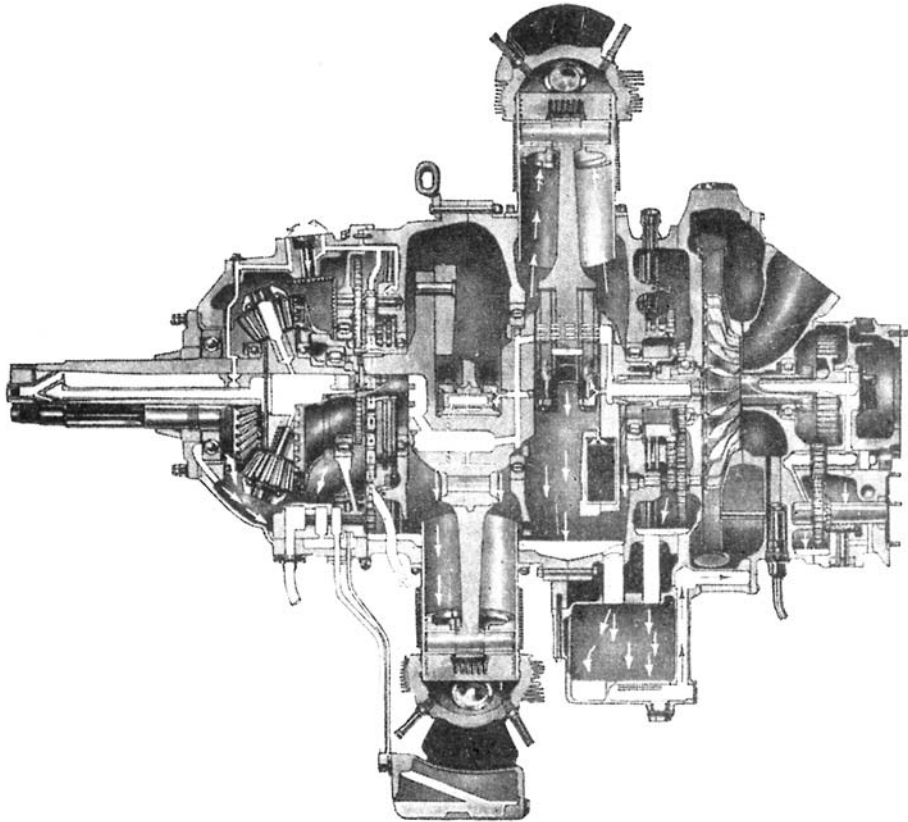
Διαμήκης τομή βενζινοκινητήρα αυτοκινήτου τύπου FIAT 125.



**Σχ. 10.1ε.**

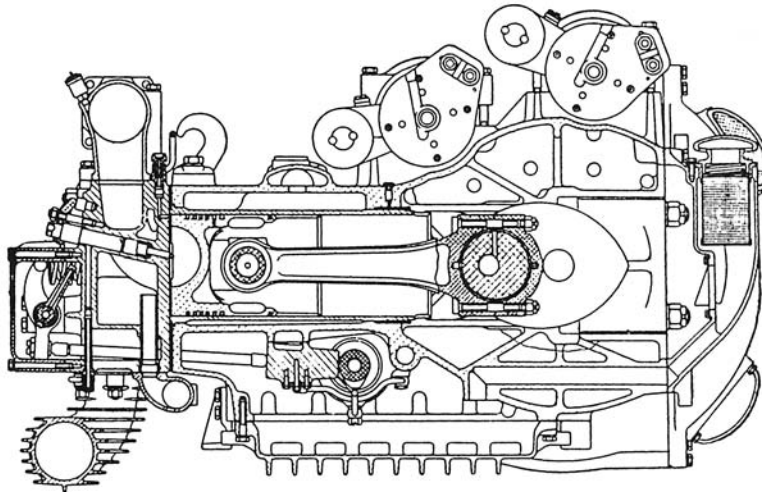
Εγκάρσια τομή βενζινοκινητήρα αυτοκινήτου τύπου FIAT 125.





Σχ. 10.1στ.

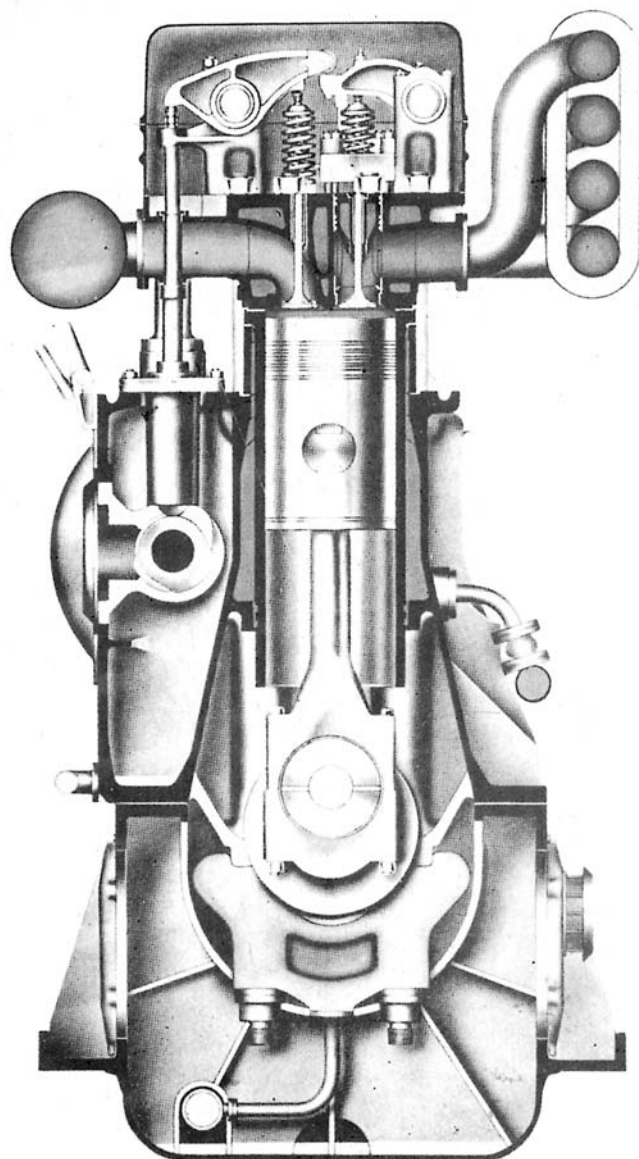
Τετράχρονος βενζινοκινητήρας αεροπλάνου τύπου Pratt και Whitney.



Σχ. 10.1ζ.

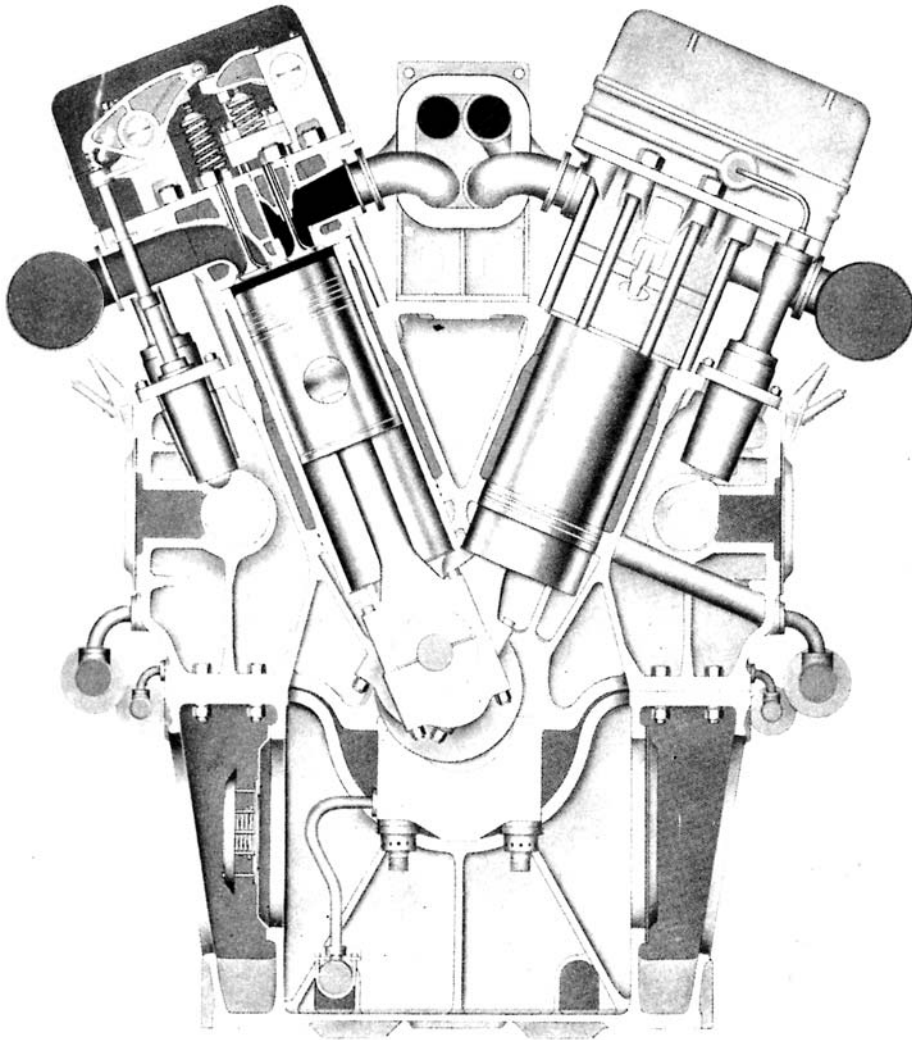
Οριζόντιος τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας Diesel για αυτοκινητάμαξα (οτομοτορίς).





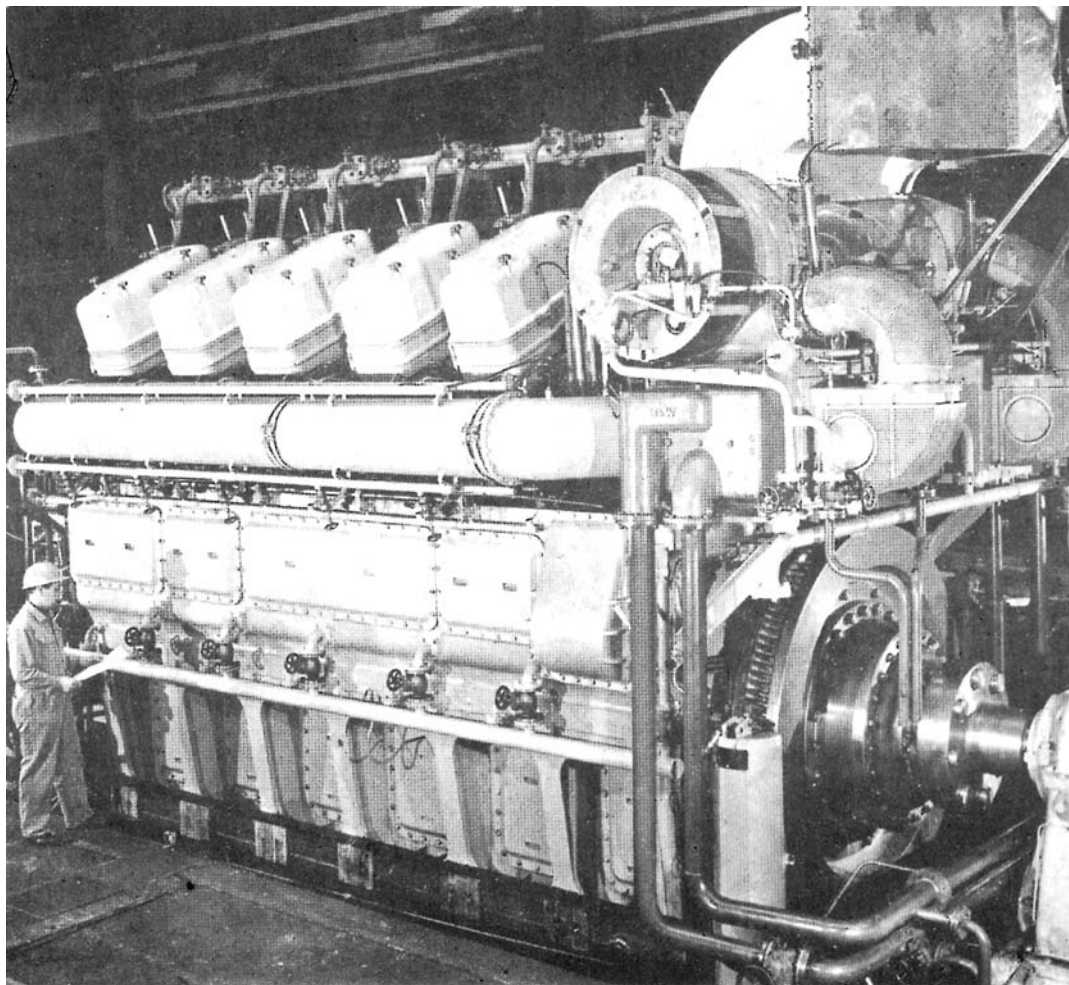
**Σχ. 10.1η.**

Τετράχρονος κατακόρυφος βιομηχανικός πετρελαιοκινητήρας Burmeister και Wain (B και W) σε εγκάρσια τομή τύπου S45H με ιπποδύναμη υπερφορτίσεως 660 B.H.P. ανά κύλινδρο στις 478 r.p.m. (στροφές ανά λεπτό) και μέση πραγματική πίεση 14,5 kp/cm<sup>2</sup>. Ο κινητήρας κατασκευάζεται με 5, 6, 7, 8 ή 9 κυλίνδρους με μέγιστη ιπποδύναμη στους 9 κυλίνδρους στις 450 στροφές ανά λεπτό I.H.P. = 5.880 PS και B.H.P. = 4.950 PS.



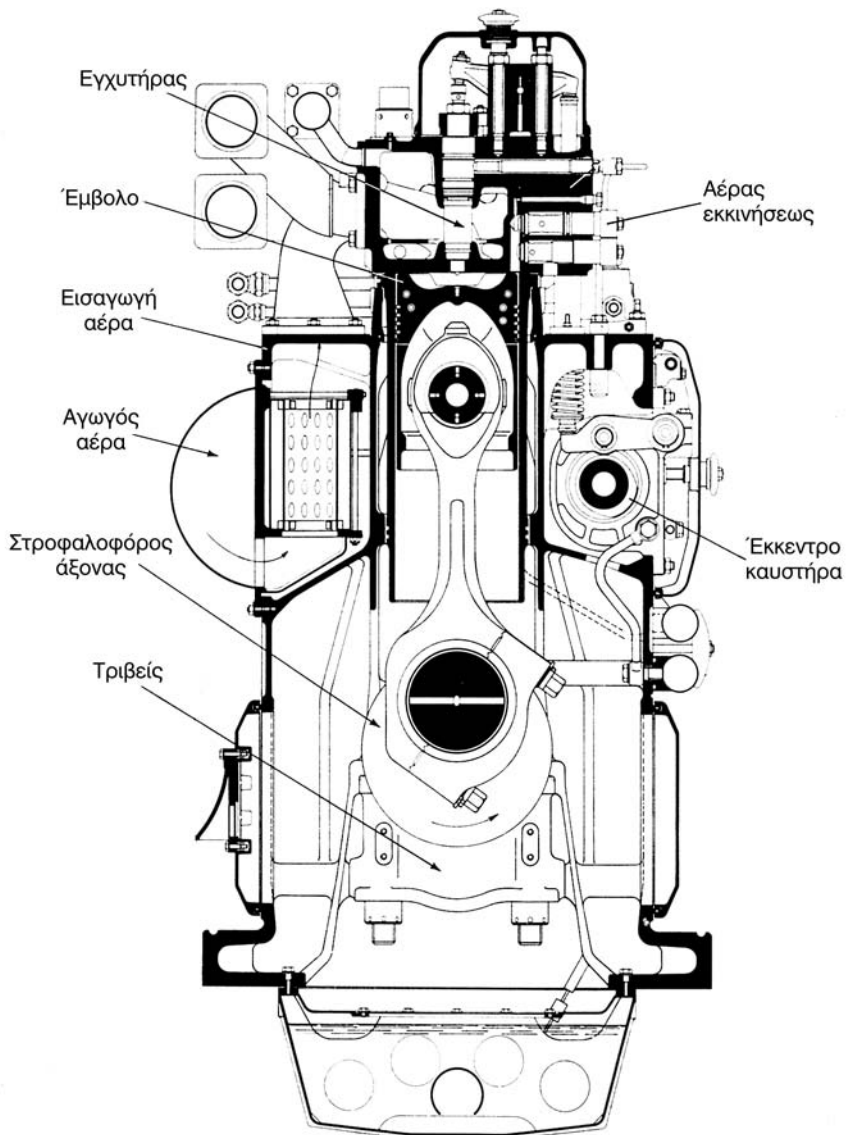
**Σχ. 10.10.**

Τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας με διάταξη κυλίνδρων «V» κατασκευής B και W τύπου U45H σε εγκάρσια τομή με ιπποδύναμη υπερφορτίσεως στις 478 r.p.m., 660 B.H.P. ανά κύλινδρο με μέση πραγματική πίεση 14,5 kp/cm<sup>2</sup>. Κατασκευάζεται με 8, 10, 12, 14, 16 ή 18 κυλίνδρους με μέγιστη ιπποδύναμη στους 18 κυλίνδρους στις 465 r.p.m. I.H.P. = 12.950 PS και B.H.P. = 10.890 PS.



**Σχ. 10.1ι.**

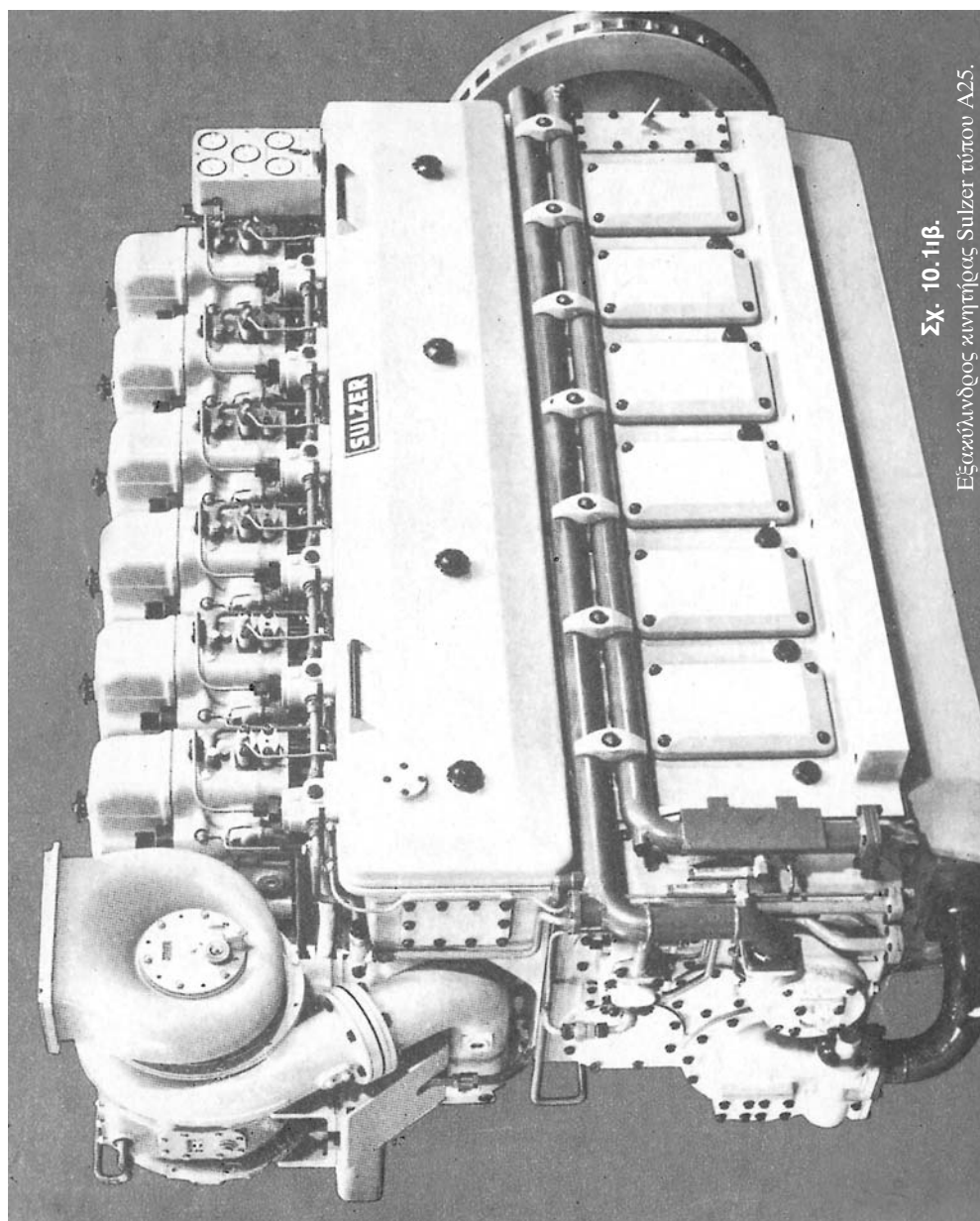
Κινητήρας B & W τύπου K 45H με διάταξη κυλίνδρων «V».



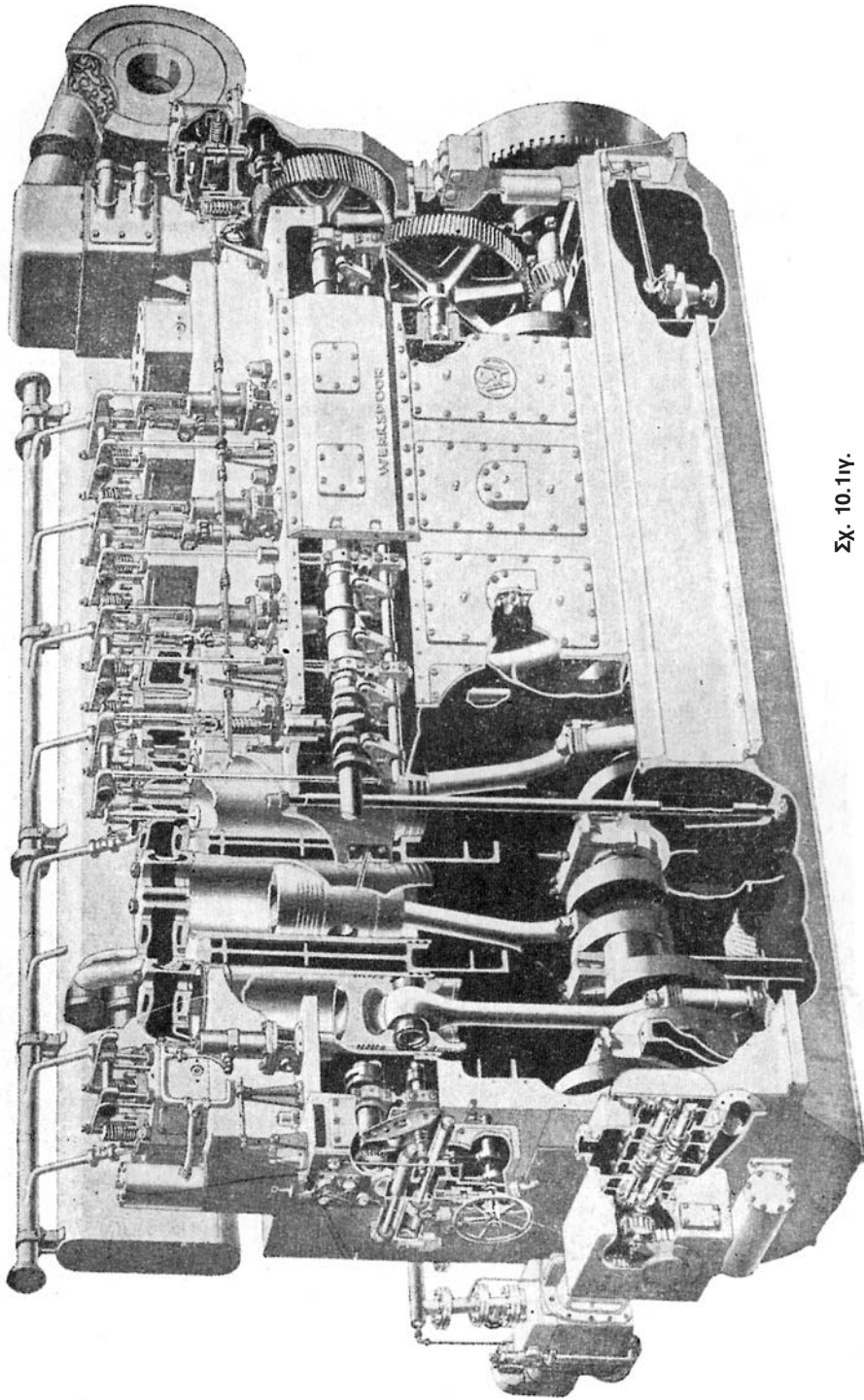
**Σχ. 10.1α.**

Τετράχρονος πετρελαιοκινητήρας Sulzer τύπου A 25. Τα χαρακτηριστικά του είναι: – Διάμετρος κυλίνδρου 250 mm. – Διαδρομή 300 mm. – Στροφές 750 r.p.m. – Μέση πραγματική πίεση 15  $\text{kr/cm}^2$ . – Ισχύς με 10 κυλίνδρους 1.850 PS.



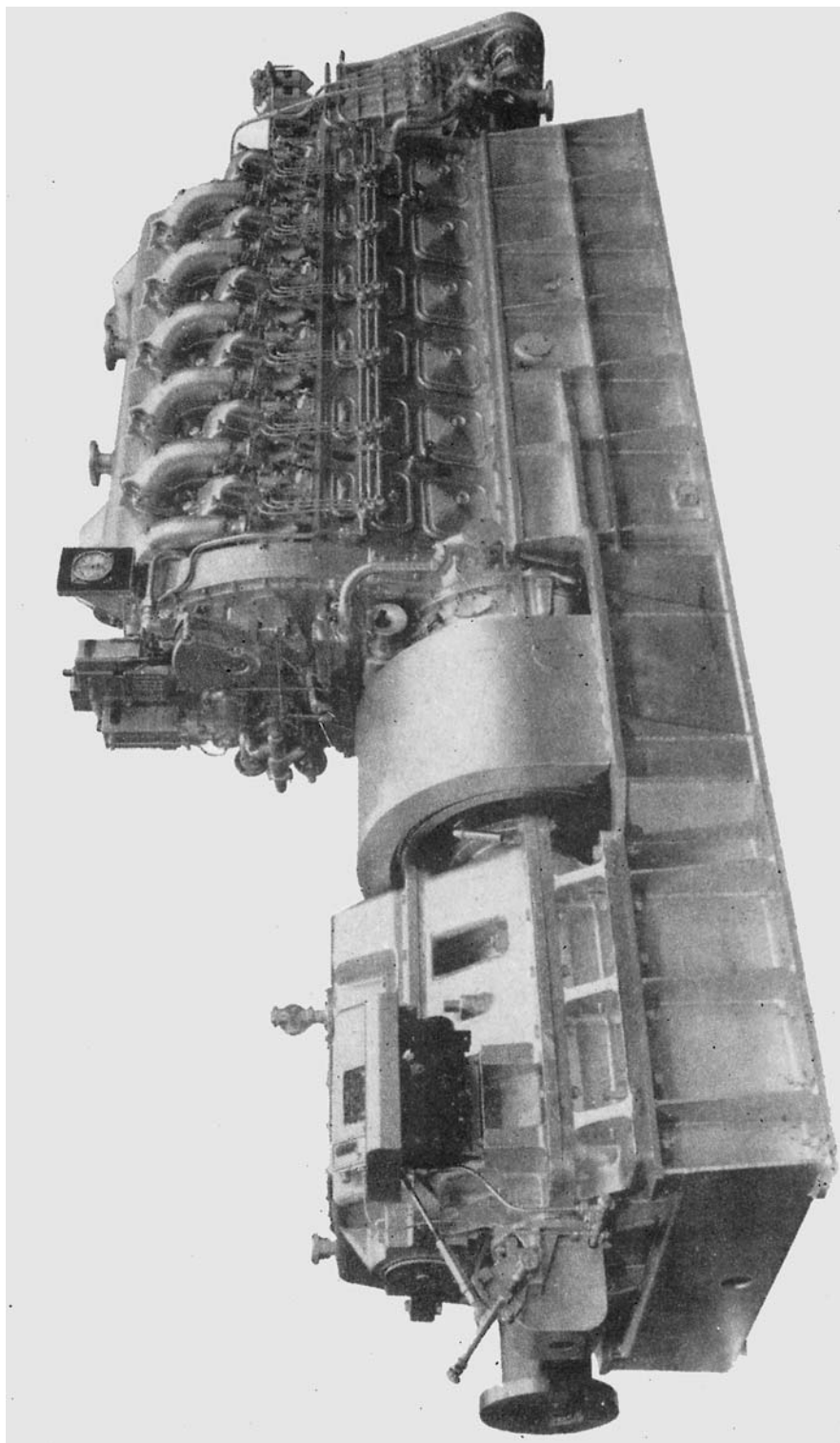


Σχ. 10.11β.  
Εξαακύλινδρος κινητήρας Sulzer τύπου A25.



**Σχ. 10.11γ.**

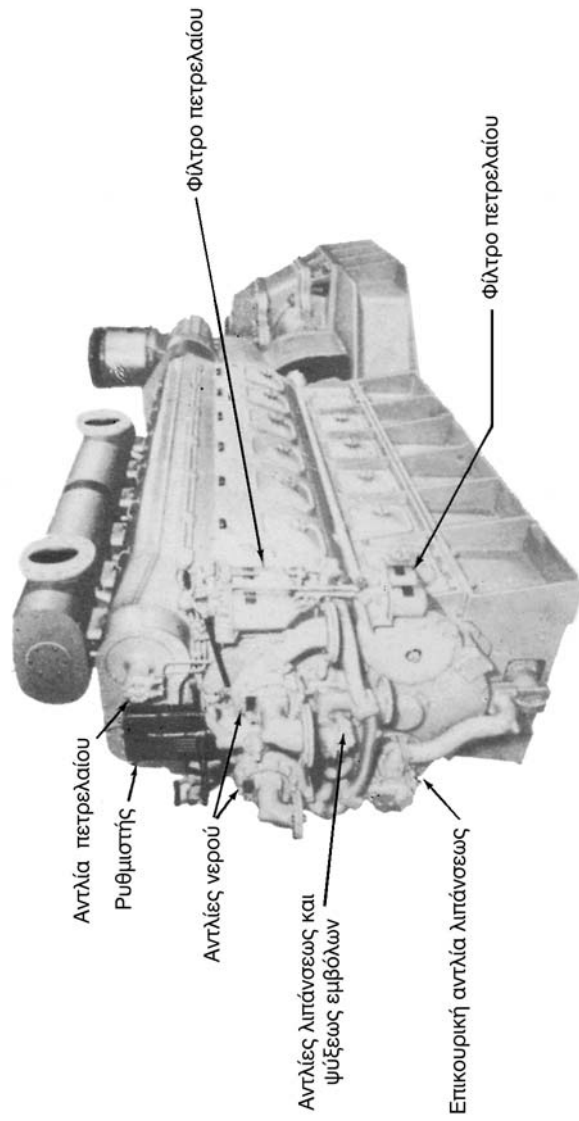
Μεγαλή προοπτική τομή 4-χρονου κινητήρα Werkspoor τύπου TM ABS 398 με υπερθέρμανση, ισχύος 1.700 PS σε 275 r.p.m. και καταπόληση 164 γράμμια ανά περσμιταζό λεπτό και ώρα.



**Σχ. 10.11δ.**

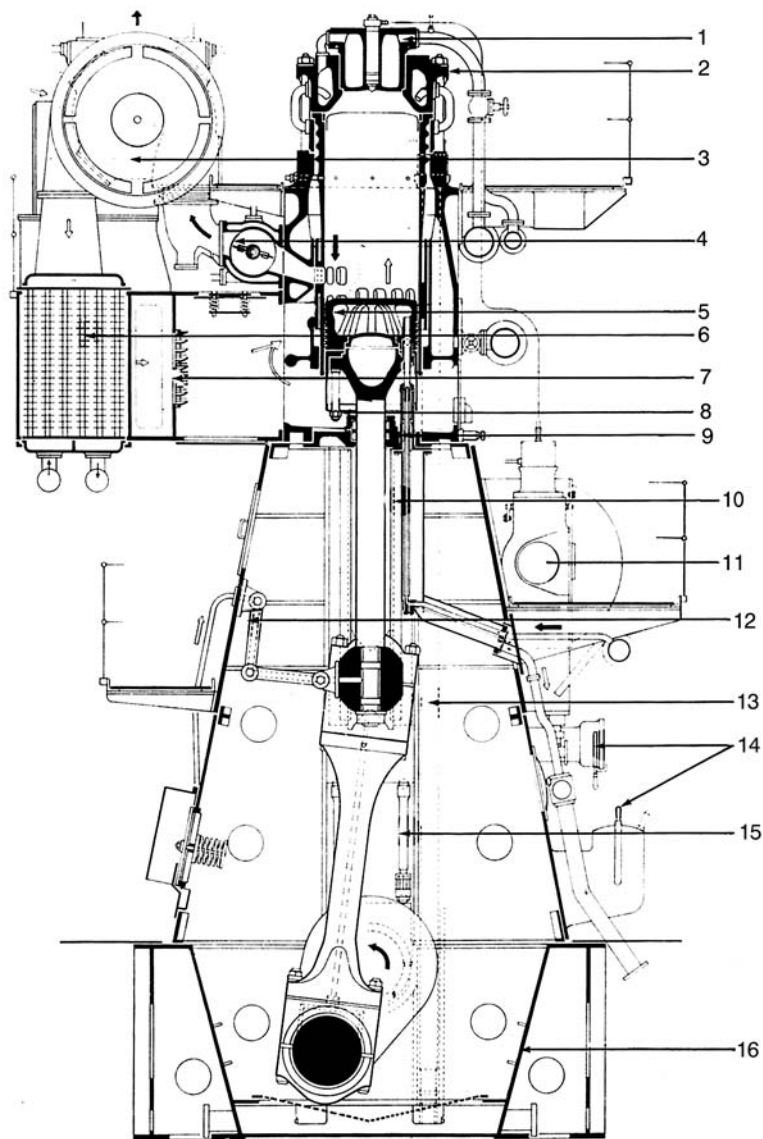
Δίχρονη πετρελαιομηχανή τύπου «ν» για ναυτική χρήση κατασκευής General Motors 12 - 278 Α σε ευρεία χρήση σε ταχύπλοα σκάφη, αλλά και σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς. Στο εμπρόσθιο μέρος διακρίνεται ο συμπιεστής αερίων και στο πίσω το συγκροτήμα συμπλέκτη και αναστροφέα με αέρα και τέλος το ζυβόπιο οδοντωτών τροχών του μειωτήρα των στρόφιων. Ο κινητήρας αποδίδει 900 άππους Β.Η.Ρ. σε 744 r.p.m.





**Σχ. 10.11ε.**

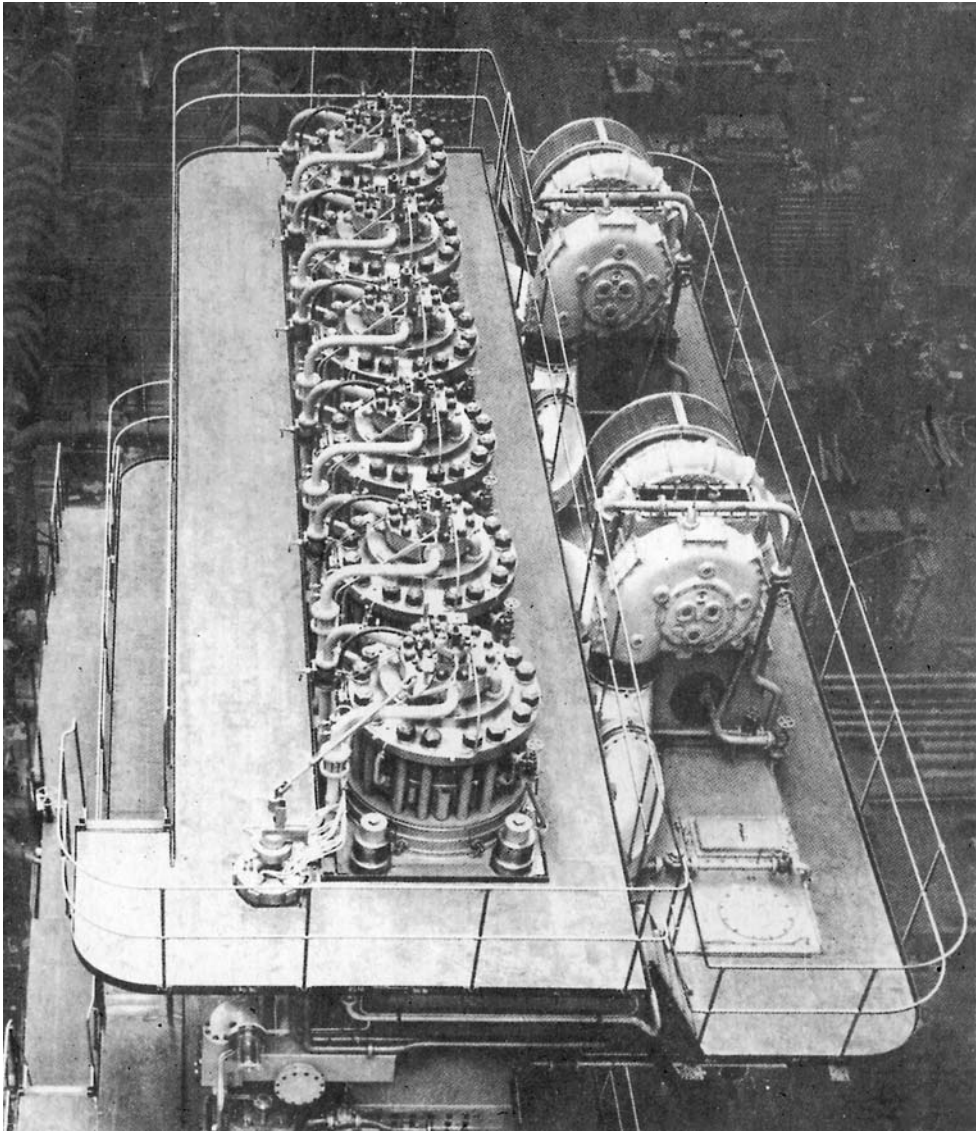
Κινητήρας G.M. τύπου 12.567.



Σχ. 10.1ιστ.

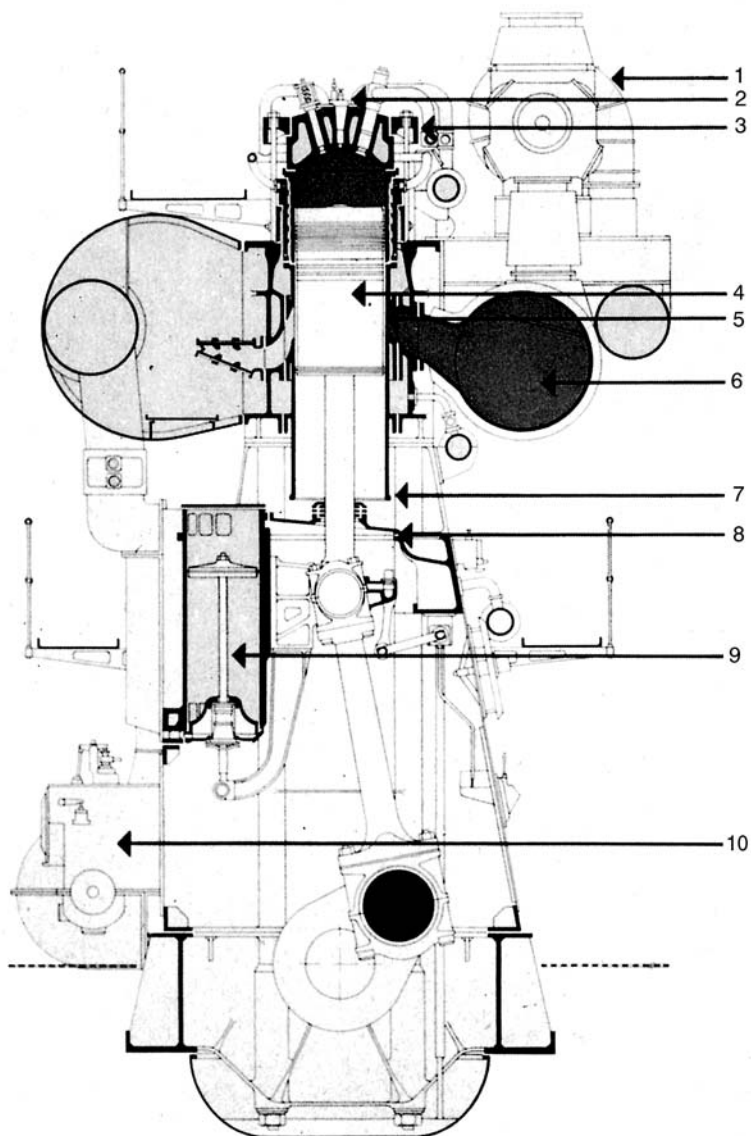
Κατασκευαστικές λεπτομέρειες απλής ενέργειας δίχρονης με υπερτροφοδότηση μηχανής της σειράς RD της Sulzer.

- 1) Αφαιρετό τμήμα του πόματος.
- 2) Πόμα κυλίνδρου.
- 3) Στροβιλοσυμπιεστής.
- 4) Περιστροφική βαλβίδα εξαγωγής.
- 5) Κάτω περιχιτώνιος θάλαμος ψύξεως.
- 6) Ψυκτήρας αέρα.
- 7) Ανεπίστροφες βαλβίδες αέρα σαρώσεως.
- 8) Έμβολο.
- 9) Αερίζομενη συσκευή στεγανότητας.
- 10) Σύστημα ψύξεως εμβόλων με νερό.
- 11) Σύμα αντλιών μηχανικής εγχύσεως πετρελαίου.
- 12) Αρθρωτοί σωλήνες λαδιού λιπάνσεως.
- 13) Ελκυστήρες συσφιξεως (τιράντες) της μηχανής.
- 14) Τηλέγραφος - χειριστήριο.
- 15) Εντατήρες πόματος τριβέων εδράνων.
- 16) Βάση της μηχανής.



**Σχ. 10.1ιζ.**

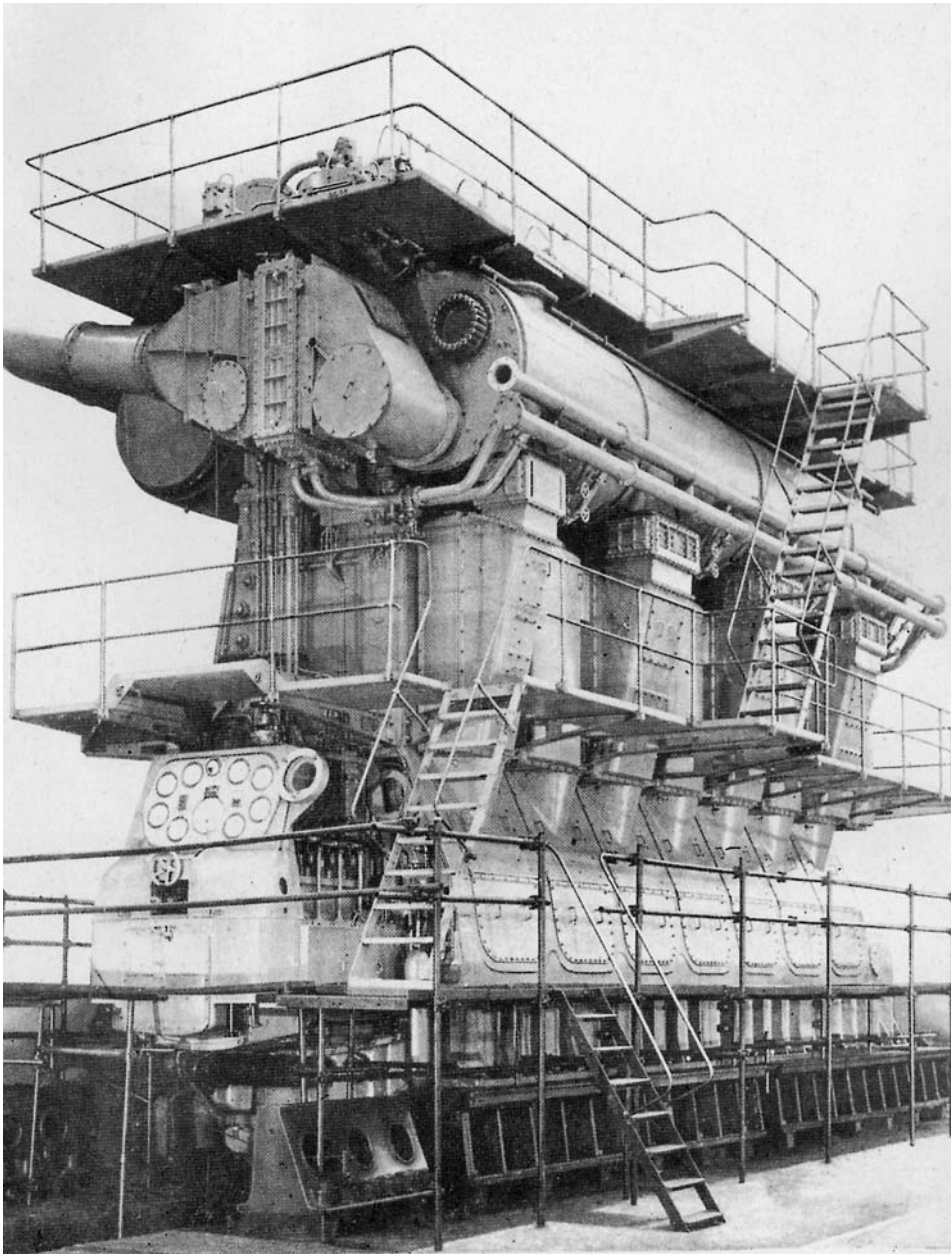
Κάτοψη εξακύλινδρης μηχανής Sulzer RD όπου φαίνονται οι κεφαλές των κυλίνδρων με τα εξαρτήματά τους και δεξιά οι δύο στροβιλοφυσητήρες υπερπληρώσεως. Ο τύπος RD με διάμετρο κυλίνδρου 1.550 mm και διαδρομή 900 mm με 12 κυλίνδρους και με στροφές 19 - 122 r.p.m. αποδίδει ισχύ 27.600 PS.



Σχ. 10.1η.

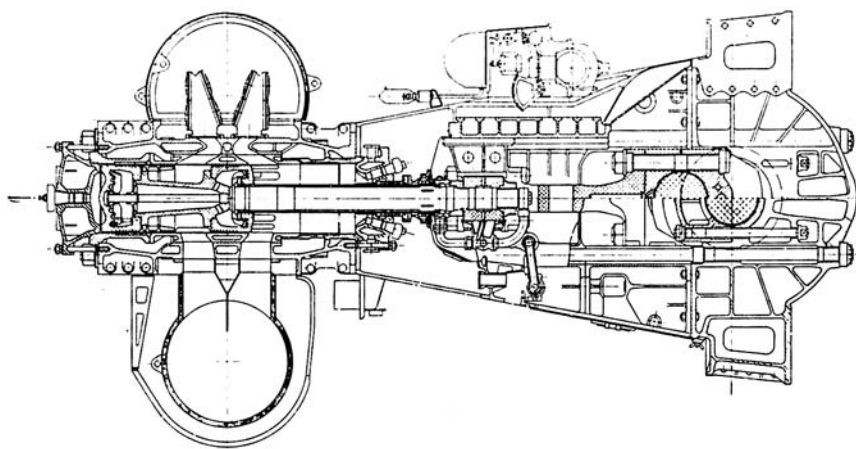
Πετρελαιοκινητήρας σε τομή δέχρονης απλής ενέργειας τύπου FIAT της σειράς 900S τύπου 9012S ισχύος 30.000 PS με 12 κυλίνδρους με στροφές 125 r.p.m. Σε αυτόν είναι: 1) Στροβιλοσυμπιεστής με καυσαέρια της μηχανής - πρώτη φάση συμπίεσης. 2) Καυστήρας. 3) Κεφαλή κυλίνδρου 4) Έμβολο. 5) Θυρίδες εξαγωγής. 6) Αγωγός καυσαερίων. 7) Κύλινδρος. 8) Διάφραγμα με στυπιοθλίπτη μεταξύ κυλίνδρου και στροφαλοθαλάμου. 9) Αντλία σαρώσεως - δεύτερη φάση συμπίεσης. 10) Αντλία εγχύσεως.





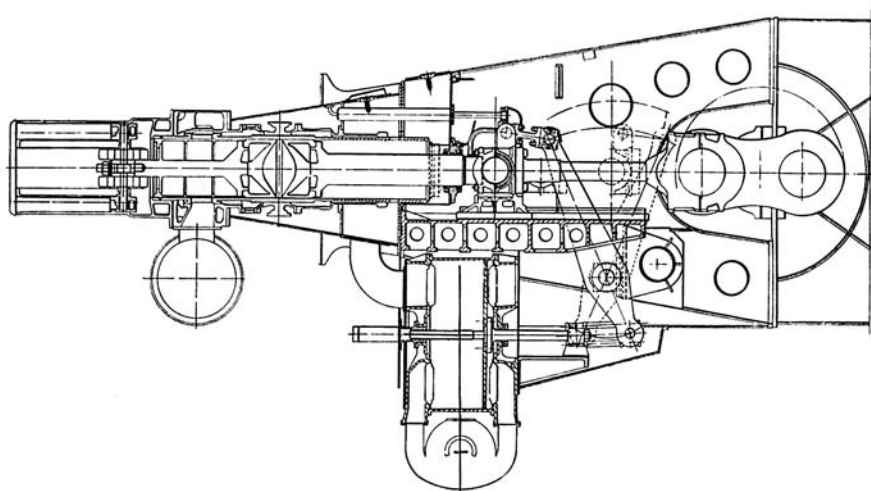
**Σχ. 10.11θ.**

12κύλινδρος κινητήρας τύπου FIAT της σειράς 680S - 750S ο οποίος αποδίδει στις 135 r.p.m. 18.000 PS ιπποδύναμη. Οι τύποι FIAT 1060S με διάμετρο  $D = 1.060$  mm, διαδρομή  $C = 1.900$  mm σε 106 r.p.m. αποδίδουν 4.000 PS ανά κύλινδρο, δηλαδή με 12 κύλινδρους 48.000 PS ιπποδύναμη.



Σχ. 10.1κα.

Μηχανή FIAT δέχρονη διαπής ενέργειας με διάμετρο κυλίνδρου 650 mm και διαδρομή 960 mm, με 12κυλίνδρους. Στις 190 γ.ρ.μ. αποδίδει 20.000 PS ισοδύναμη.



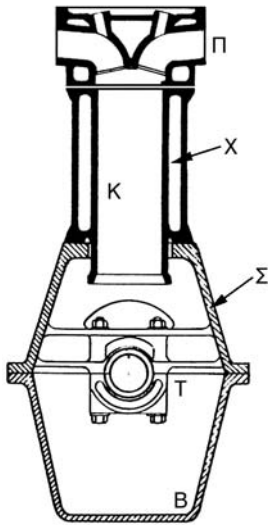
Σχ. 10.1κ.

Δέχρονος πετρελαιοκινητήρας Doxford με αντισταθμισμένα έμβολα.

## 10.2 Το πλαίσιο της μηχανής.

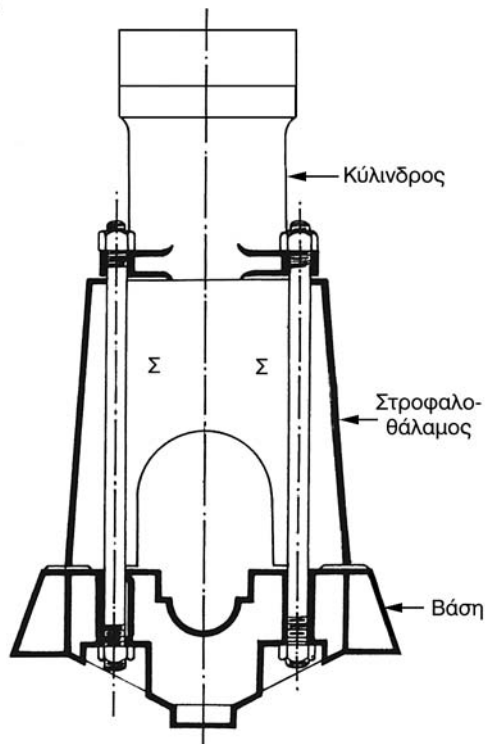
**Πλαίσιο** ονομάζεται το συγκρότημα της μηχανής, που αποτελείται από τον **κύλινδρο** ή τους κυλίνδρους, το **στροφαλοθάλαμο** (κάρτερ) και τη **βάση** της μηχανής.

Το πλαίσιο της μηχανής κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο καλής ποιότητας, και σε ορισμένες ελαφρές κατασκευές από ειδικό κράμα αλουμινίου.



Σχ. 10.2α.

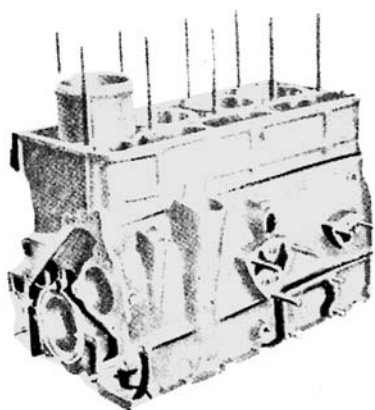
Πλαίσιο μηχανής με πώμα, σε εγκάρσια τομή μικρής ταχύστροφης πετρελαιομηχανής ή βενζινομηχανής. Β = Βάση (και ελαιολεκάνη), Σ = Στροφαλοθάλαμος, Τ = Έδρανα βάσεως στροφαλοφόρου άξονα. Κ = Περιχιτώνιος θάλαμος ψύξεως. Π = Πώμα κυλίνδρου που φέρει, τους οχετούς εισαγωγής αέρα ή αεριούχου μίγματος, ανάλογα και εξαγωγής των καυσαερίων μαζί με τις έδρες των βαλβίδων.



Σχ. 10.2β.

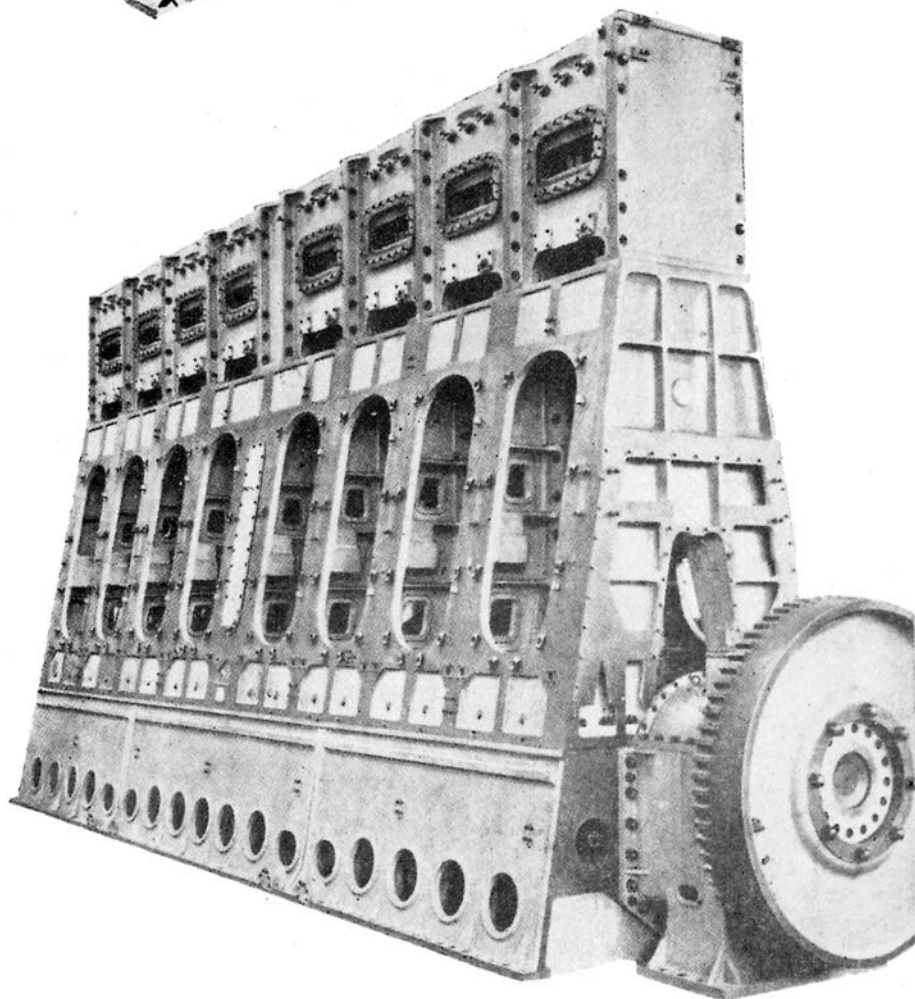
Γενικό πλαίσιο μεγάλης πετρελαιομηχανής. Σ - Σ = Ενισχυτικοί στύλοι [ή ελκυστήρες ή γοçλίες (τιράντες)] οι οποίοι συνδέουν το όλο συγκρότημα από τον κύλινδρο ως τη βάση.





**Σχ. 10.2γ.**

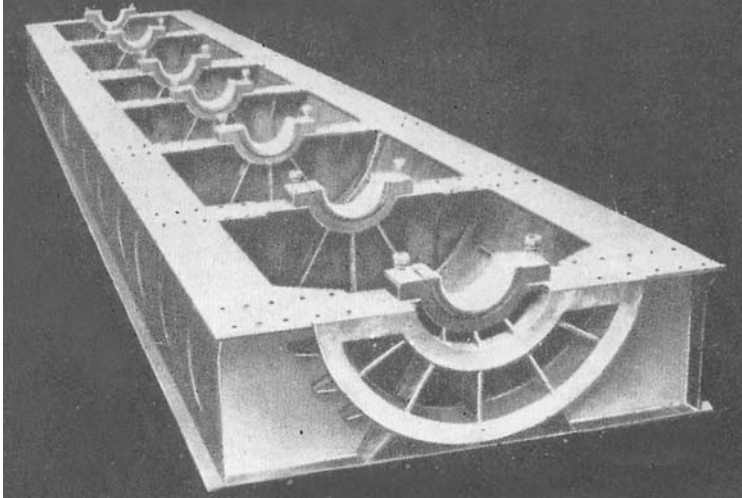
Μονοζόμιατο συγκρότημα κυλίνδρων  
ταχύστροφης πετρελαιομηχανής.



**Σχ. 10.2δ.**

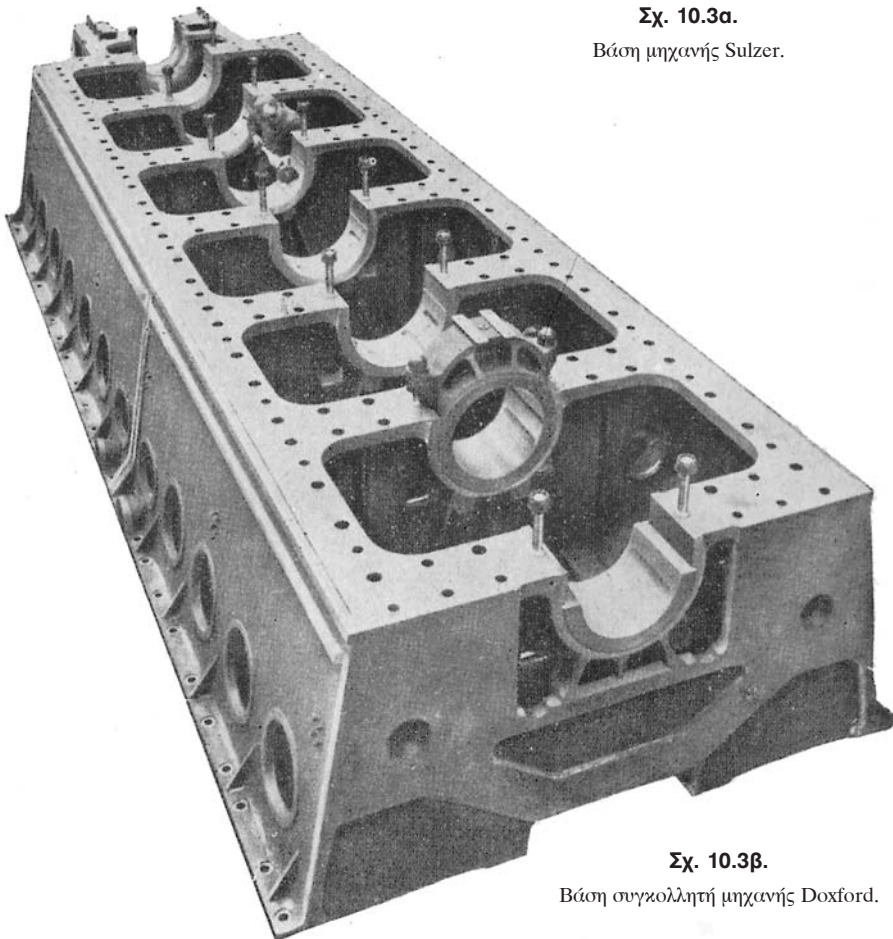
Ολόκληρο πλαίσιο 8κύλινδρης μηχανής Sulzer.

### 10.3 Βάσεις – σκελετοί.



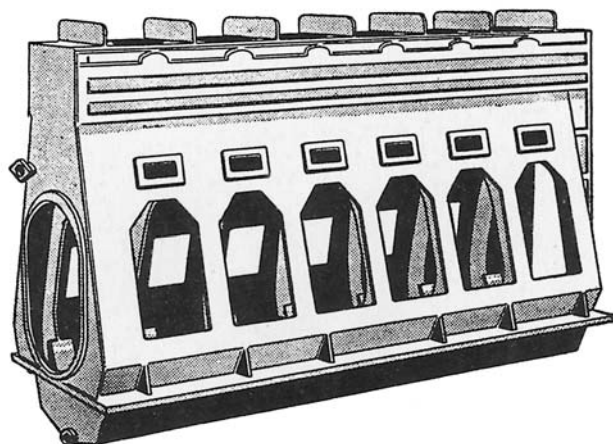
**Σχ. 10.3α.**

Βάση μηχανής Sulzer.

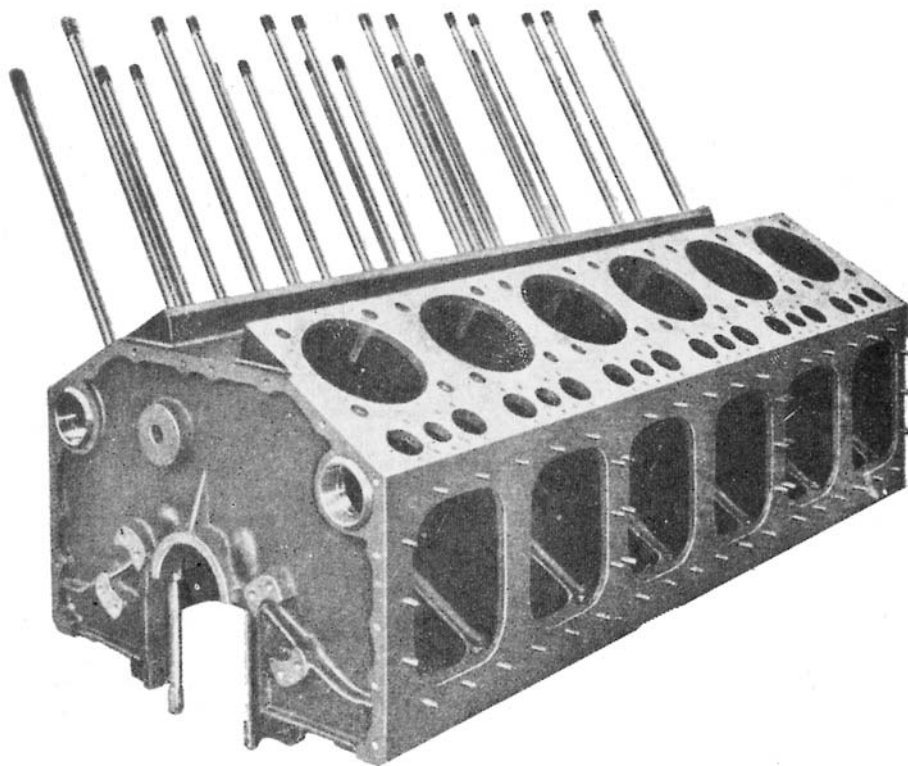


**Σχ. 10.3β.**

Βάση συγκολλητή μηχανής Doxford.

**Σχ. 10.3γ.**

Μονοκόμματο σύστημα βάσεως σκελετού πετρελαιοκινητήρα από συγκολλητό έλασμα.

**Σχ. 10.3δ.**

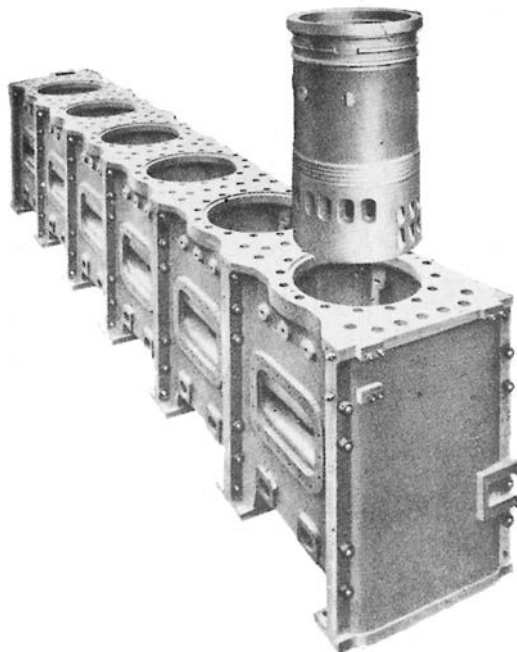
Σκελετός ταχύστροφου κινητήρα Werkspoor τύπου «V».

#### 10.4 Κύλινδροι – χιτώνια.

Το σχήμα 10.4α παριστάνει μονοκόμματο συγκρότημα εξακύλινδρης μηχανής Sulzer.

Οι κύλινδροι σε παλιότερες μηχανές κατασκευάζονταν από ένα τεμάχιο, ενώ σήμερα για λόγους οικονομίας και ευκολίας κατά τις επισκευές εφοδιάζονται εσωτερικά με τα λεγόμενα **χιτώνια** (πουκάμισα).

Ο κύλινδρος φέρει περιφερειακά, ένα θάλαμο, όπου κυκλοφορεί νερό ψύξεως. Τα χιτώνια



Σχ. 10.4α.

που κατασκευάζονται συνήθως, είναι τριών ειδών.

- Ξηρά χιτώνια (σχ. 10.4β).
- Υγρά χιτώνια (σχ. 10.4γ).
- Χιτώνια με θάλαμο ψύξεως (σχ. 10.4δ).

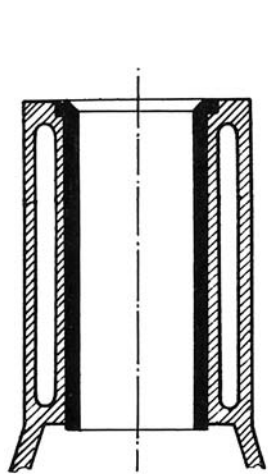
Στις βενζινομηχανές και μικρές ταχύστροφες πετρελαιομηχανές χρησιμοποιούνται τα ξηρά και υγρά χιτώνια κατά προτίμηση, ενώ σε μεγαλύτερες πετρελαιομηχανές τα χιτώνια με θάλαμο ψύξεως.

Τα χιτώνια τοποθετούνται μέσα στους κύλινδρους με απόλυτη εφαρμογή με ισχυρή πίεση (περαστά) και επί πλέον στα σημεία, όπου εφαρμόζουν στον κύλινδρο, τοποθετούνται δακτύλιοι από συνθετικό ελαστικό για τη στεγανότητα.

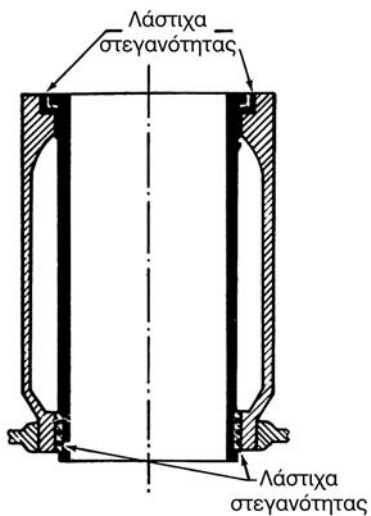
Συνήθως στο επάνω μέρος δεν τοποθετούνται ελαστικοί δακτύλιοι και η στεγανότητα επιτυγχάνεται με άριστη εφαρμογή του κάτω προσώπου του χιτωνίου στην αντίστοιχη επιφάνεια (πατούρα) του κυλίνδρου.

Και οι κύλινδροι και τα χιτώνια κατασκευάζονται από καλής ποιότητας χυτοσίδηρο.

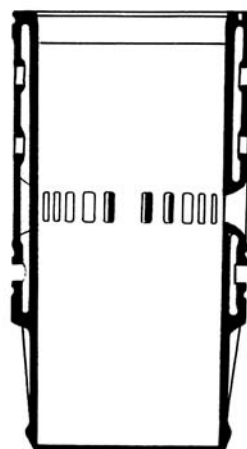




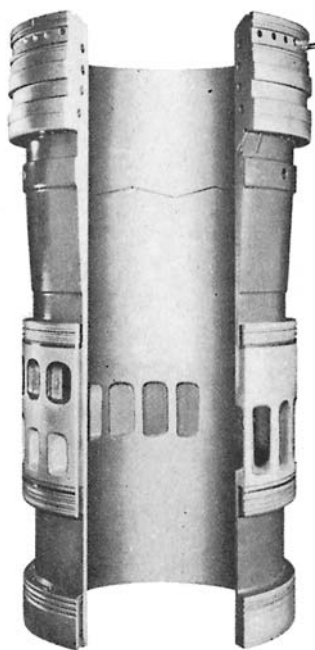
Σχ. 10.4β.



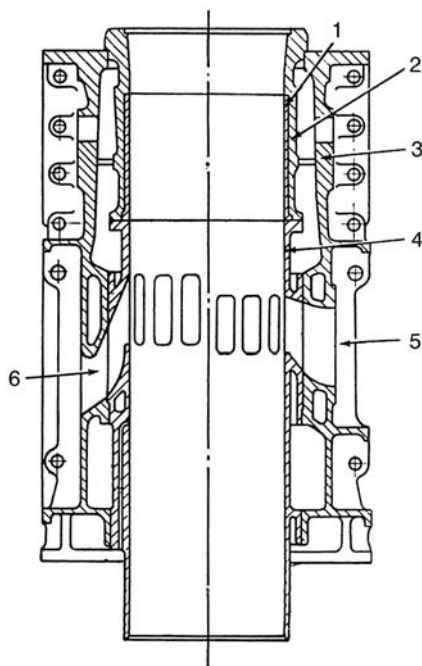
Σχ. 10.4γ.



Σχ. 10.4δ.



Σχ. 10.4ε.



Σχ. 10.4στ.

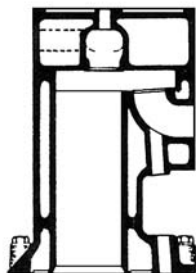
Το σχήμα 10.4ε παριστάνει χιτώνιο υγρού τύπου μηχανής RND - Sulzer. Εκτός από τα άλλα διακρίνουμε σε αυτό τις σπές και τους αύλακες εσωτερικής λιπάνσεως. Το σχήμα 10.4στ τέλος παριστάνει ομοίως κύλινδρο με χιτώνιο υγρού τύπου δίχρονης μηχανής απλής ενέργειας όπου είναι: 1. Εσωτερικό χιτώνιο. 2. Άνω χιτώνιο. 3. Ο κύλινδρος. 4. Κάτω χιτώνιο. 5. Θυρίδες

εξαγωγής. 6. Θυρίδες σαρώσεως. Διευκρινίζεται ότι το εσωτερικό χιτώνιο αποτελείται από κράμα ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες της καύσεως και τοποθετείται μέσα στο επάνω μέρος του κυρίως χιτωνίου. Αυτό γίνεται για λόγους οικονομίας, ώστε να αντικαθίσταται το τμήμα αυτό που καταπονείται και φθείρεται και όχι όλο το χιτώνιο.

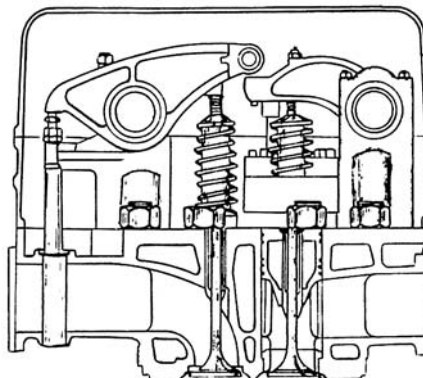
### 10.5 Πώματα.

Το **πώμα** ή **κεφαλή** της μηχανής (καπάκι) κλείνει από επάνω τον κύλινδρο (σχ. 10.5α). Κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή κράμα αλουμινίου. Φέρει τους οχετούς εισαγωγής και εξαγωγής, τα ανοίγματα των βαλβίδων και του εγχυτήρα ή του σπινθηριστή αντιστοιχώς. Εσωτερικά είναι κοίλο, ώστε μέσα από την κοιλότητά του να κυκλοφορεί το νερό ψύξεως για την ψύξη του. Το νερό αυτό εισέρχεται στο πώμα, αφού έχει προηγουμένως κυκλοφορήσει μέσα στο θάλαμο ψύξεως του κυλίνδρου.

Το σχήμα 10.5α δείχνει ένα πώμα για **πλευρικές βαλβίδες**, οι οποίες ανοίγουν από κάτω προς τα επάνω, ενώ το σχήμα 10.5β παριστάνει ένα πώμα για **βαλβίδες ανεστραμμένες**, οι οποίες ανοίγουν από επάνω προς τα κάτω και τοποθετούνται ακριβώς επάνω από τον κύλινδρο.



Σχ. 10.5α.



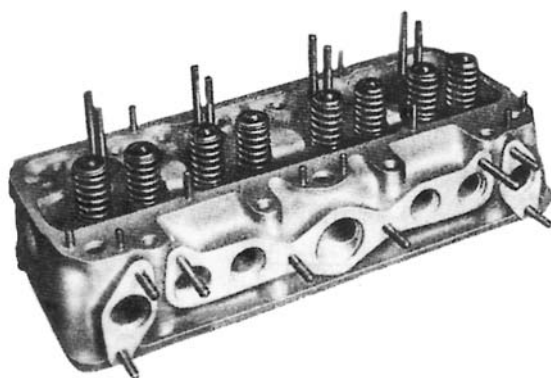
Σχ. 10.5β.

Σε αυτό διακρίνονται επίσης οι οχετοί αέρα και καυσαερίων, οι αγκωνωτοί μοχλοί κινήσεως των βαλβίδων, ή οι βαλβίδες με τα ελατήριά τους και το προστατευτικό εξωτερικό κάλυμμα του πώματος.

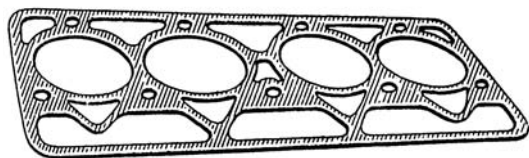
Μεταξύ πώματος και κυλίνδρου παρεμβάλλεται για τη στεγανότητα μια **μεταλλοπλαστική ένωση** (τσόντα).

Το σχήμα 10.5γ δείχνει ένα πώμα ενιαίο για τετρακύλινδρη τετραάχρονη βενζινομηχανή και το σχήμα 10.5δ μια αντίστοιχη μεταλλοπλαστική ένωση στεγανότητας.

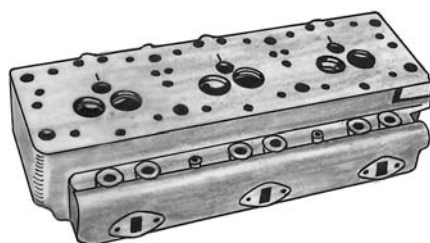
Το σχήμα 10.5ε παριστάνει ένα ανεστραμμένο πώμα για τρικύλινδρη μηχανή στην πλευρά του οποίου διακρίνεται προσαρμοσμένος ο οχετός εξαγωγής.



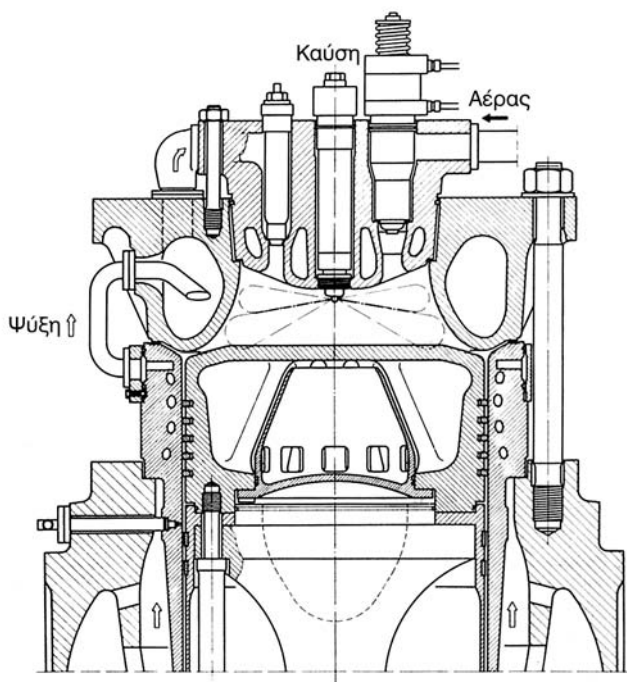
Σχ. 10.5γ.



Σχ. 10.5δ.



Σχ. 10.5ε.



Σχ. 10.5στ.



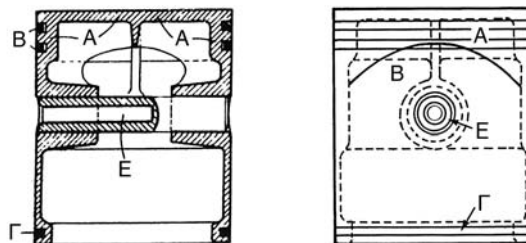
Το σχήμα 10.5στ παριστάνει πώμα κυλίνδρου μηχανής Sulzer RND διαρούμενο. Το εξωτερικό κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα και το εσωτερικό αφαιρετό τμήμα του από ειδικό χυτοσίδηρο. Σε αυτό τοποθετούνται, όπως βλέπουμε, ο καυστήρας, η βαλβίδα του αέρα εκκινήσεως και η ασφαλιστική βαλβίδα. Διακρίνουμε επίσης την πορεία του ψυκτικού νερού από τον περιχιτώνιο θάλαμο προς το χιτώνιο και από αυτό μέσω αγωγών, που διατρύπουν το σώμα του λοξά και εφαπτομενικά, προς το εξωτερικό και συνέχεια στο εσωτερικό πώμα.

## 10.6 Έμβολα – ελατήρια – πείροι εμβόλων – βάκτρα.

Τα έμβολα στις τετράχρονης μηχανές κατασκευάζονται με μικρό σχετικά μήκος, ενώ στις δίχρονης πρέπει να έχουν μεγάλο μήκος λόγω των θυρίδων, οι οποίες βρίσκονται στο κάτω μέρος του κυλίνδρου και τις οποίες το έμβολο πρέπει να αποκαλύπτει όταν κατέρχεται μέχρι το Κ.Ν.Σ. και να καλύπτει όταν ανέρχεται μέχρι το Α.Ν.Σ. Γι' αυτό στις δίχρονης μηχανές και το χιτώνιο του κυλίνδρου προεκτείνεται επαρκώς μέσα στο στροφαλαθάλαμο.

Πάντως τα έμβολα των Μ.Ε.Κ. έχουν οπωσδήποτε μεγαλύτερο μήκος από τα έμβολα των ατμομηχανών (γιατί τις περισσότερες φορές στις Μ.Ε.Κ. δεν χρησιμοποιείται ευθυντήρια και ζύγωμα), για να εξασφαλίζουν την ομαλή ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου και να εξουδετερώνουν την πλευρική ώθησή του λόγω της πλαγιότητας του διωστήρα. Έτσι στις μηχανές αυτές ο κύλινδρος έχει και θέση ευθυντήριας του εμβόλου. Σε μεγάλες όμως μηχανές, όπου ο σκελετός τους είναι όπως ο σκελετός των ατμομηχανών με κολόνες, ευθυντήριες, βάκτρο, ζύγωμα κλπ., το έμβολο κατασκευάζεται περίπου όμοιο με αυτό των ατμομηχανών και το ύψος του τότε γίνεται μικρότερο. Τέλος το σύστημα ευθυντήριας, βάκτρου, ζυγώματος κλπ. χρησιμοποιείται αναγκαστικά και στις μηχανές Diesel διπλής ενέργειας.

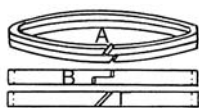
Το έμβολο Α (σχ. 10.6α), κατασκευάζεται από καλής ποιότητας χυτοσίδηρο και έχει περιφερειακά τα **ελατήρια στεγανότητας**, όπου Β είναι τα **ελατήρια συμπίεσεως**, Γ το **ελατήριο ελαίου** και Ε ο **πείρος** του εμβόλου, που το συνδέει με το διωστήρα.



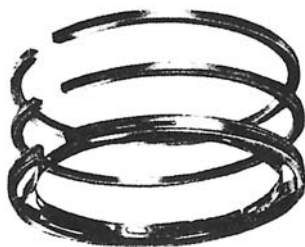
Σχ. 10.6α.

Στα σχήματα 10.6β και 10.6γ φαίνονται τα ελατήρια του εμβόλου. Στο σχήμα 10.6γ επάνω είναι το **ελατήριο συμπίεσεως**, στη μέση το **ελατήριο αποξέσεως του λαδιού** και κάτω το **ελατήριο περισυλλογής του λαδιού** και επαναφοράς του στην ελαιολεκάνη. Αυτό έχει εσωτερικά και τα λεγόμενα **εντατικά ελατήρια**.

Το σχήμα 10.6δ παριστάνει διάφορους τύπους πείρων εμβόλων με τις εγκλυφές ή αύλακες για τη λήψή τους, ενώ το σχήμα 10.6ε παριστάνει τρεις διαφόρους τρόπους συνδέσεως του πείρου με το έμβολο και το ζύγωμα. Στην 1 ο πείρος σταθεροποιείται με το έμβολο, στη 2 με το διωστήρα και στην 3 είναι ελεύθερος και μέσα στο έμβολο και επάνω στο διωστήρα.



Σχ. 10.6β.



Σχ. 10.6γ.

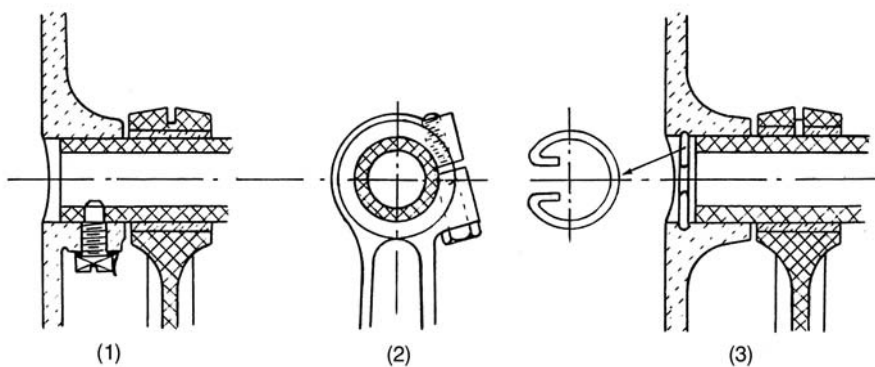


Σχ. 10.6δ.

Παραπλεύρως διακρίνομε τη λεγόμενη **ασφάλεια** του πείρου του εμβόλου για τη σύνδεση 3.

Σε μεγάλες μηχανές και ιδιαίτερα στις δίχρονες, που εργάζονται σε ψηλότερες θερμοκρασίες, είναι ανάγκη να ψύχεται το έμβολο εσωτερικά. Γι' αυτό μέσα στο θάλαμο που σχηματίζεται στο εσωτερικό του, κυκλοφορεί ψυκτικό υγρό, νερό ή τις περισσότερες φορές λάδι.

Το λάδι αυτό έρχεται μέσα από το διωστήρα ή το βάκτρο, που είναι για το σκοπό αυτό

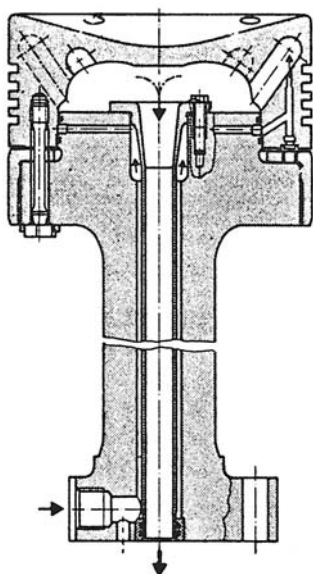


Σχ. 10.6ε.

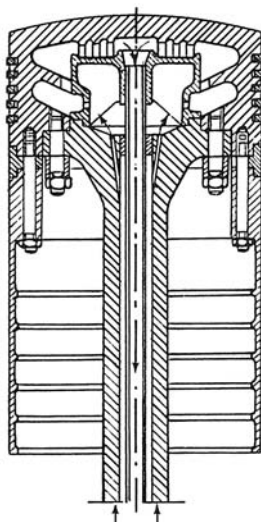
διάτρητα και, μόλις πραγματοποιήσει την κυκλοφορία του, χύνεται μέσα στο κάρτερ ή επιστρέφει με ειδική σωλήνωση στο δίκτυο.

Το σχήμα 10.6στ δείχνει έμβολο με βάκτρο τετράχρονης μηχανής απλής ενέργειας τύπου Sulzer RTA 38, το σχήμα 10.6ζ έμβολο με βάκτρο δίχρονης μηχανής απλής ενέργειας με θάλαμο ψύξεως και το σχήμα 10.6η έμβολο χωρίς βάκτρο με απ' ευθείας σύνδεση με το διωστήρα δίχρονης μηχανής απλής ενέργειας με θάλαμο ψύξεως και το σχήμα 10.6θ έμβολο δίχρονης μηχανής διπλής ενέργειας με βάκτρο και θάλαμο ψύξεως.

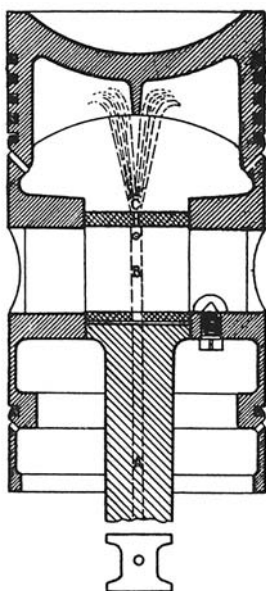
Το σχήμα 10.6ι δείχνει το όλο συγκρότημα εμβόλου - ζυγώματος και διωστήρα, όπου διακρίνονται και οι λεγόμενοι **τηλεσκοπικοί σωλήνες** εισόδου και εξόδου του ψυκτικού υγρού, λαδιού ή νερού, για την ψύξη του. Με αυτή θα ασχοληθούμε λεπτομερέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.



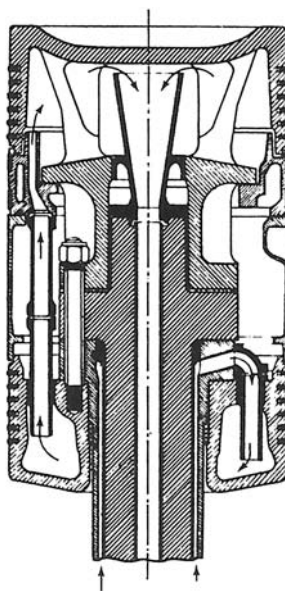
Σχ. 10.6στ.



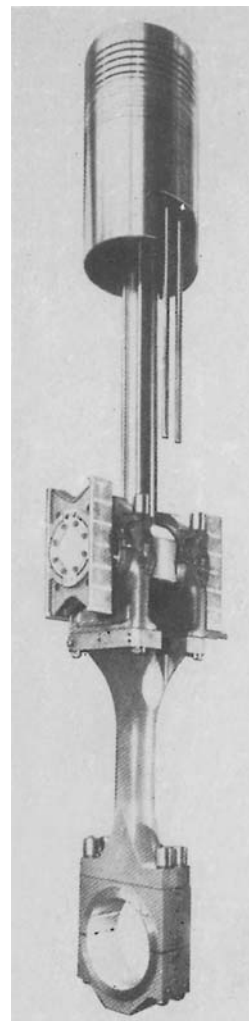
Σχ. 10.6ζ.



Σχ. 10.6η.



Σχ. 10.6θ.



Σχ. 10.6ι.

Σε ορισμένους τύπους μηχανών κατασκευής General Motors εφαρμόζεται και ο τύπος του εμβόλου ελεύθερης περιστροφής (Full Floating Piston) που αρθρώνεται επάνω σε έναν εσωτερικό κατακόρυφο κύλινδρο ο οποίος τοποθετείται στο εσωτερικό του εμβόλου το οποίο έτσι είναι ελεύθερο να περιστραφεί γύρω από αυτόν. Έτσι το έμβολο δεν εργάζεται πάντοτε

στην ίδια θέση μέσα στον κύλινδρο και η φθορά του είναι σημαντικά μικρότερη.

Σε άλλο τύπο εμβόλου ελεύθερης περιστροφής, η άρθρωση μεταξύ πείρου και εμβόλου έχει σφαιρική μορφή.

### 10.7 Διωστήρες – στροφαλοφόροι άξονες – τριβείς.

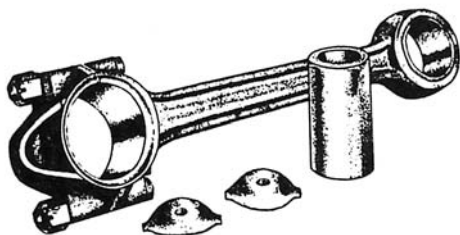
Οι **διωστήρες** των Μ.Ε.Κ. κατασκευάζονται πάντοτε από σφυρήλατο χάλυβα. Συνδέονται με το έμβολο μέσω πείρου ή μέσω ζυγώματος και βάρτρου και με το στροφαλοφόρο άξονα με το κομβίο του στροφάλου.

Το σχήμα 10.7α παριστάνει ένα διωστήρα με τον πείρο του, και το σχήμα 10.7β ένα συγκρότημα από δύο διωστήρες μηχανής τύπου V.

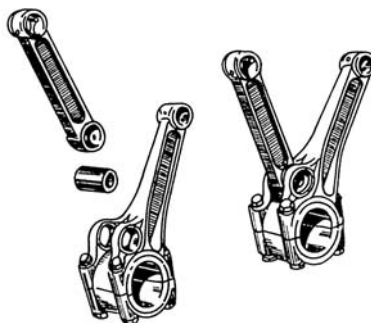
Το σχήμα 10.7γ παριστάνει τους τριβείς του διωστήρα με την εσωτερική επένδυση από λευκό μέταλλο αντιτριβής.

Στο σχήμα 10.7δ φαίνεται ο διωστήρας μιας μηχανής, ο τριβέας του διωστήρα και η **προσθήκη συμπίεσης** που τοποθετείται μεταξύ τους κατά τη σύνδεση. Το πάχος της προσθήκης μπορεί να αυξομειώνεται ώστε να ρυθμίζεται το μήκος του διωστήρα και η συμπίεση στον κύλινδρο.

Στο σχήμα 10.7ε φαίνεται στο εργαστάσιο ένας διωστήρας με το ζύγωμα μηχανής K 98FF



Σχ. 10.7α.



Σχ. 10.7β.

της B & W ισχύος 3.800 B.H.P. ανά κύλινδρο.

Ο **στροφαλοφόρος άξονας** κατασκευάζεται συνήθως από σφυρήλατο χάλυβα και έχει τόσα κομβία όσοι και οι κύλινδροι, όταν οι τελευταίοι τοποθετούνται σε σειρά. Οι στροφάλοι σχηματίζουν μεταξύ τους, τη γωνία σφηνώσεως, η οποία εξαρτάται όπως είναι γνωστό από τη σειρά καύσεως.

Το σχήμα 10.7στ παριστάνει ένα στροφαλοφόρο άξονα τετρακύλινδρης μηχανής. Αυτός είναι εσωτερικά διάτρητος για τη μέσω αυτού κυκλοφορία του ελαίου.

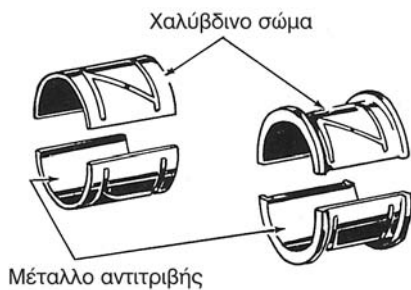
Τα κομβία του άξονα τορνίζονται με μεγάλη ακρίβεια, ενανθρακίζονται επιφανειακά (βάφονται) και λειαίνονται (ρεκτιφιάζονται), για να αναπτύξουν τη λιγότερη δυνατή τριβή κατά την περιστροφή τους.

Το σχήμα 10.7ζ παριστάνει στροφαλοφόρο άξονα εξακύλινδρης μηχανής Maybach με τους στροφάλους, τα αντίβαρα, τα κομβία στροφάλου και εδράνων κλπ.

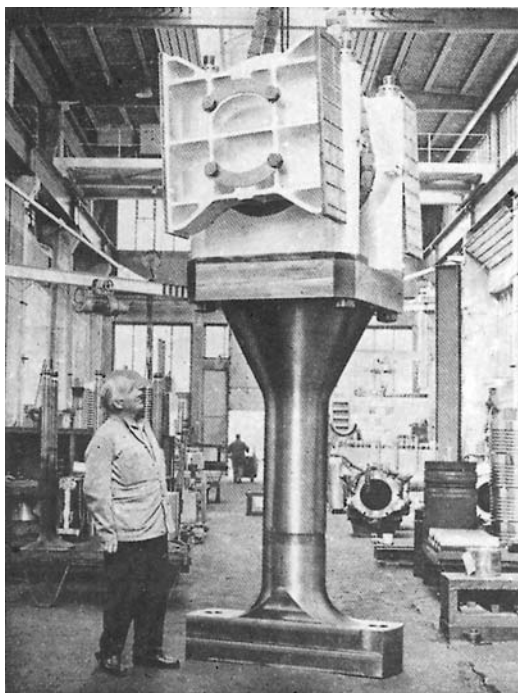
Το σχήμα 10.7η παριστάνει σε δύο όψεις έναν τριβέα βάσεως με το κάλυμμά του, τους συνδετικούς κοχλίες και το λευκό μέταλλο αντιτριβής στο εσωτερικό του.

Σε νεότερες μηχανές μικρής ισχύος μερικές φορές αντί για τριβείς με λευκό μέταλλο στα έδρανα βάσεως τοποθετούνται **κυλινδροτριβείς**, για να ελαττώνεται ακόμα περισσότερο η τριβή και η φθορά από αυτή, κατά την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα.

### 10.8 Βαλβίδες – ωστήρια – έκκεντρα – εκκεντροφόρος άξονας.



Σχ. 10.7γ.

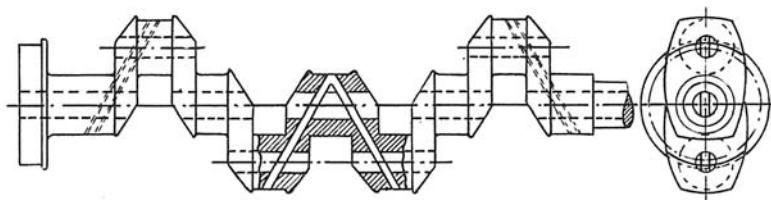


Σχ. 10.7ε.



Σχ. 10.7δ.

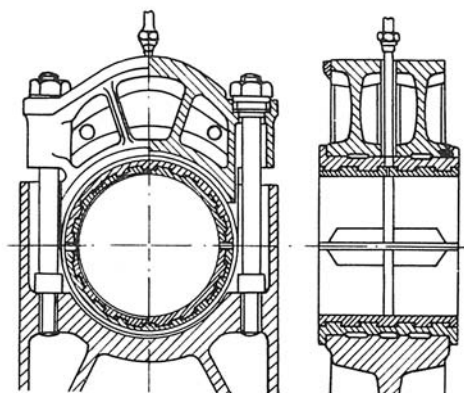




Σχ. 10.7στ.



Σχ. 10.7ζ.

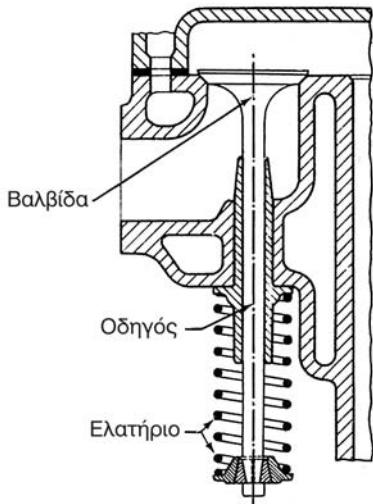


Σχ. 10.7η.

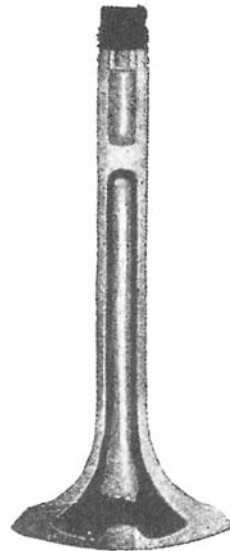
Το σχήμα 10.8α παριστάνει ένα συνηθισμένο τύπο βαλβίδας, η οποία παλινδρομεί μέσα στον οδηγό της. Το ελατήριο της την κρατά πάντοτε κλειστή, ώστε να ανοίγει, μόνον όταν το ωστήριό της, το οποίο κινείται από το έγκκεντρο, την ωθήσει προς τα επάνω.

Οι βαλβίδες ανοίγουν πάντοτε προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Κατασκευάζονται από καλής ποιότητας χάλυβα και συνήθως από ειδικό νικέλιο - χρώμιο - χάλυβα. Σε μεγάλες μηχανές γίνονται κοίλες, ώστε μέσα στην κοιλότητά τους να κυκλοφορεί νερό για την ψύξη τους. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα στις βαλβίδες εξαγωγής.

Άλλοτε στις βαλβίδες εξαγωγής, ιδίως των κινητήρων αεροπλάνων (σχ. 10.8β), η κοιλότητα γεμίζει με άλας **λιθίου** και **νατρίου**, το οποίον λειώνει στη θερμοκρασία λειτουργίας της βαλβίδας και απορροφά έτσι ένα μέρος της θερμότητας, την οποία μεταδίδει ευκολότερα προς



Σχ. 10.8α.



Σχ. 10.8β.

το βάκτρο της.

Οι έδρες των βαλβίδων επενδύονται συνήθως με στελλίτη.

Η τοποθέτηση των βαλβίδων γίνεται με πολλούς τρόπους, από τους οποίους τέσσερεις παριστάνονται στο σχήμα 10.8γ.

Στο σχήμα 10.8δ παριστάνονται δύο συνηθισμένοι τρόποι ανοίγματος της πλευρικής και της ανεστραμμένης βαλβίδας.

Στις πλευρικές βαλβίδες η μετάδοση της κινήσεως από το έκκεντρο γίνεται κατ' ευθείαν μέσω του **ωστηρίου**, ενώ στις ανεστραμμένες μεσολαβεί ο **αγκωνωτός μοχλός** ή **ζύγωθρο** (κοκκοράκι) που διακρίνεται στο σχήμα 10.8δ.

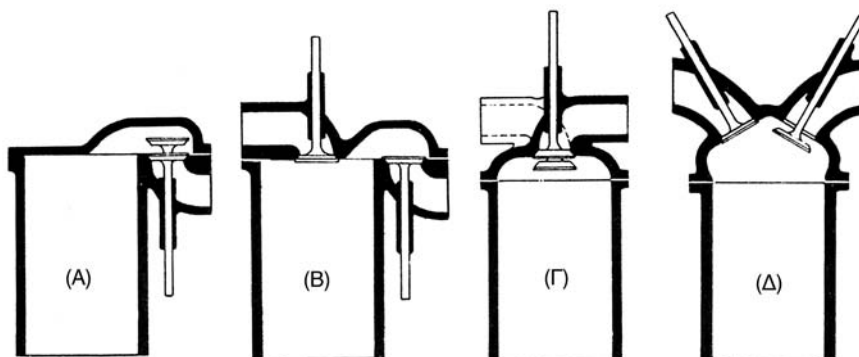
Το σχήμα 10.8ε παριστάνει βαλβίδα εξαγωγής Β μηχανής Diesel μεσαίου μεγέθους. Διακρίνονται τα δύο ελατήριά της ( $E_1 - E_2$ ), το άκρον του αγκωνωτού μοχλού Ρ, που την πιέζει προς τα κάτω, όταν πρόκειται να ανοίξει και ο ρυθμιστικός κοχλίας Κ με το ασφαλιστικό του περικόχλιο Μ (κόντρα παξιμάδι), με τα οποία ρυθμίζεται το διάκενο της βαλβίδας. Η ρύθμιση του διάκενου γίνεται, όταν η μηχανή είναι θερμή.

Σε ορισμένες μηχανές για τον περιορισμό της φθοράς των βαλβίδων εξαγωγής εφαρμόζεται σύστημα οδοντωτού ωρολογιακού μηχανισμού με τον οποίο η βαλβίδα περιστρέφεται κατά τη λειτουργία της, ώστε να μην εργάζεται πάντοτε στην ίδια θέση.

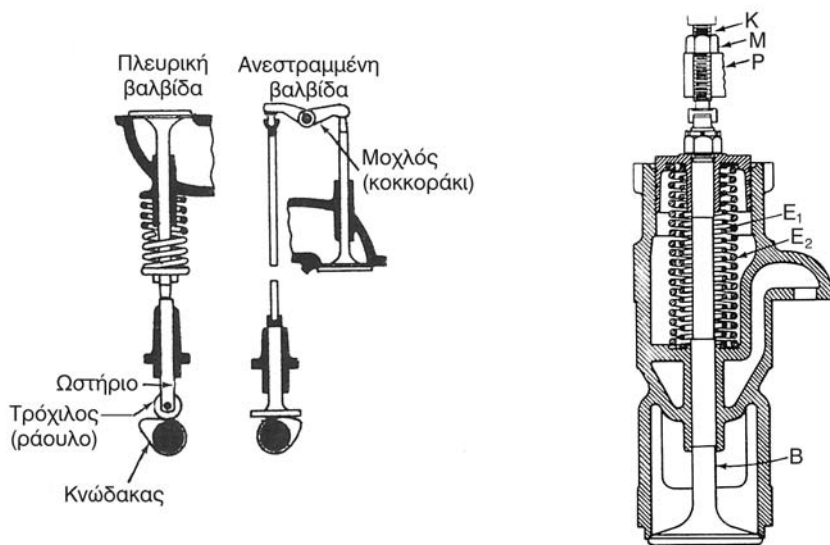
Σε άλλο σύστημα η βαλβίδα γύρω από το βάκτρο της περιβάλλεται από χιτώνιο με ελικοειδή περύγια κατά το ύψος του, τα οποία περύγια αναγκάζουν τη βαλβίδα να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της με τη δύναμη των εξερχομένων καυσαερίων. Η περιστροφή αυτής της βαλβίδας γίνεται τόσο πιο γρήγορα όσο περισσότερα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα. Είναι δηλαδή ανάλογος προς την ισχύ που αναπτύσσει η μηχανή.

Στο σχήμα 10.8στ φαίνεται μια τέτοια βαλβίδα εξαγωγής Μ.Α.Ν., όπου διακρίνομε το





Σχ. 10.8γ.



Σχ. 10.8δ.

Σχ. 10.8ε.

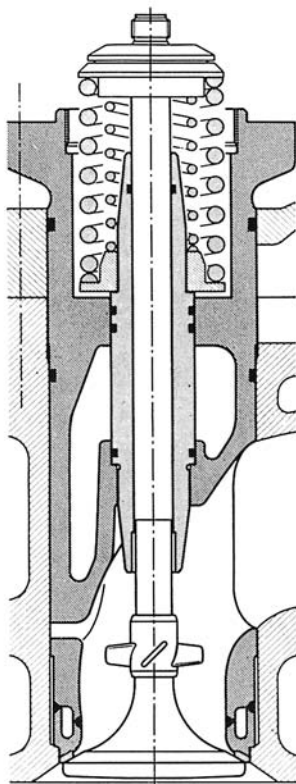
δακτύλιο με τα ελικοειδή πτερώγια περιστροφής της. Ο δακτύλιος τοποθετείται εφαρμοστός εν θερμώ γύρω από το βάκτρο της και συστελλόμενος συσφίγγεται ισχυρά επάνω σε αυτό.

Στο σχήμα 10.8ζ τέλος φαίνεται το πώμα του κυλίνδρου με βαλβίδες αυτού του τύπου εργαζόμενες με ένα ωστήριο και δύο αγκωνοτούς μοχλούς (ζύγωθρα), από τους οποίους ο ένας μεταδίδει την κίνηση προς τον άλλο με τρόπο, ώστε και οι δύο βαλβίδες να κινούνται ταυτόχρονα.

Το σχήμα 10.8η παριστάνει έναν εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος για κάθε κύλινδρο φέρει και από ένα έκκεντρο (κνώδακα), για τη βαλβίδα της εισαγωγής και άλλο ένα για τη βαλβίδα της εξαγωγής.

Σε μηχανές, όπου ο εγχυτήρας ανοίγει μηχανικά από έκκεντρο, ο εκκεντροφόρος άξονας φέρει και ανά ένα έκκεντρο για κάθε εγχυτήρα.

Στις βενζινομηχανές ο εκκεντροφόρος άξονας έχει στο μέσον του περίπου ένα οδοντωτό τροχό (σχ. 10.8η). Με αυτόν μεταδίδει την κίνηση σε έναν περίπου κατακόρυφο άξονα, ο οποίος κινεί την αντλία του λαδιού και το διανομέα (ντιστριμπυτέρ).



Σχ. 10.8στ.

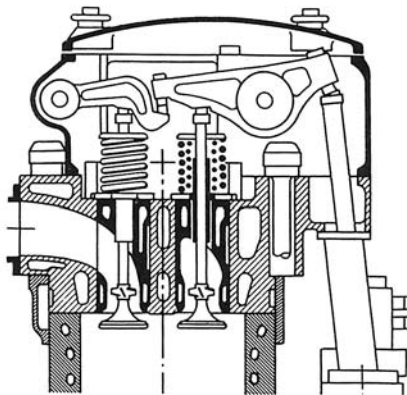
Σε τετράχρονα μηχανές η σχέση ταχύτητας περιστροφής του εκκεντροφόρου άξονα σε σύγκριση με την ταχύτητα του στροφαλοφόρου, είναι πάντοτε 1:2, γιατί κάθε φάση λειτουργίας, εισαγωγή, εξαγωγή ή έγχυση, γίνεται σε δύο πλήρεις στροφές της μηχανής.

Σε δίχρονα ο εκκεντροφόρος (για τον εγχυτήρα μόνο και τις βαλβίδες εξαγωγής, αν υπάρχουν) περιστρέφεται με σχέση περιστροφής 1:1, γιατί οι φάσεις της πραγματοποιούνται η κάθε μια ανά μία φορά σε μια στροφή της μηχανής.

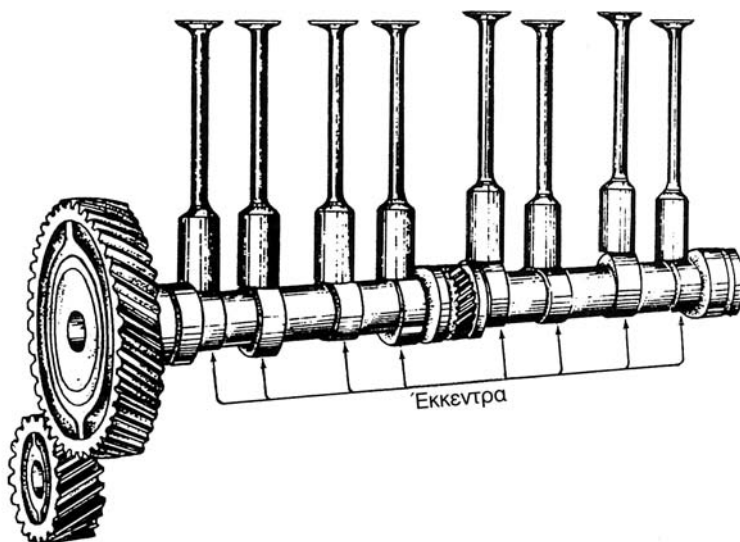
Το σχήμα 10.8θ παριστάνει εκκεντροφόρο άξονα αναρτημένο κατά την τοποθέτησή του στη

μηχανή.

Τα σχήματα 10.8i και 10.8ια παριστάνουν τη μετάδοση της κινήσεως από το στροφαλοφόρο



Σχ. 10.8ζ.



Σχ. 10.8η.

προς τον εκκεντροφόρο άξονα τετράχρονης μηχανής με οδοντωτούς τροχούς και με αλυσίδα.

**Μεγάλη σημασία πρέπει να δίνεται** κατά την άρμωση των τροχών αυτών μεταξύ τους ή της αλυσίδας με τους τροχούς, γιατί από τη σωστή εμπλοκή τους **εξαρτάται απόλυτα η ορθή ρύθμιση** της λειτουργίας της μηχανής. Συνήθως ο κατασκευαστής τοποθετεί διάφορα σημεία (πόντες) επάνω στους τροχούς και στην αλυσίδα, ώστε να μη χάνεται η ρύθμιση της μηχανής.

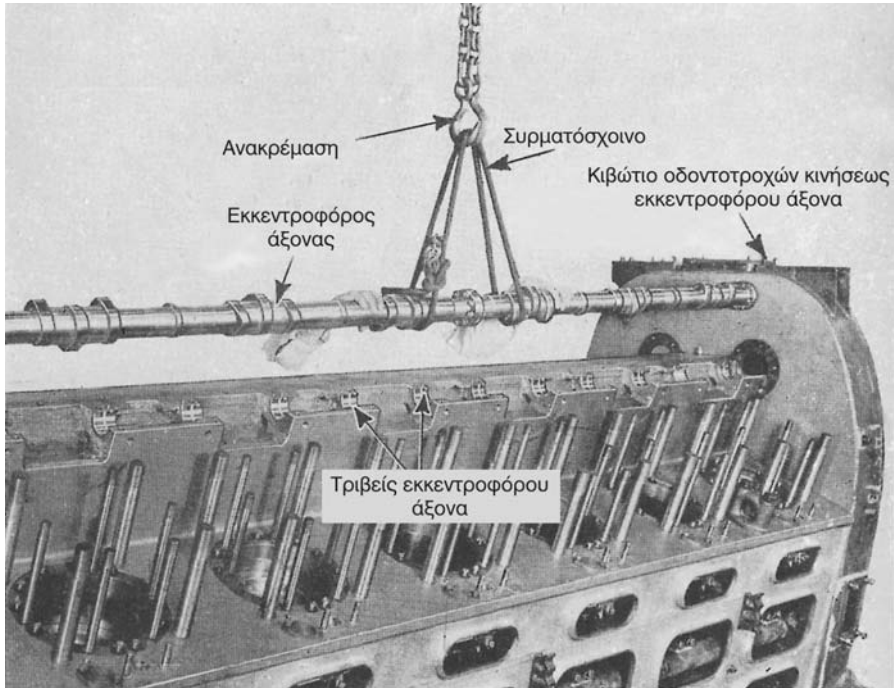
Το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται οι εκκεντροφόροι άξονες, είναι γενικά σφυρήλατος χάλυβας. Επίσης από το ίδιο υλικό κατασκευάζονται και τα ωστήρια των

βαλβίδων, ενώ οι αγκωνωτοί μοχλοί των βαλβίδων γίνονται από χυτό χάλυβα.

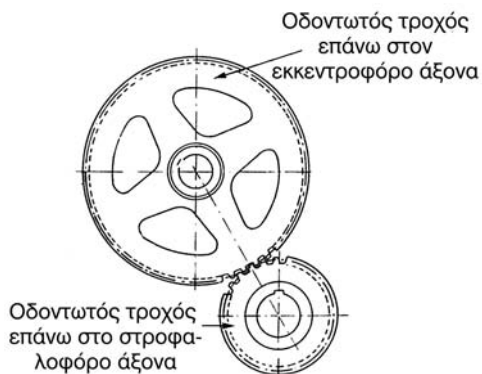
Τα σχήματα 10.8ιβ και 10.8ιγ παριστάνουν πολύ συνηθισμένες όψεις εκκέντρων.

Από αυτές ο πρώτος δίνει ομαλό άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας, ενώ ο δεύτερος απότομο.

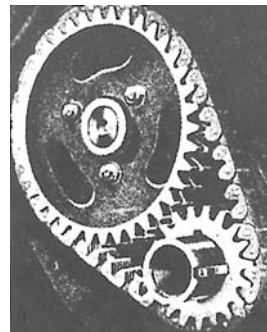
Η μαύρη επιφάνεια, που φαίνεται στο σχήμα, δείχνει την επιφανειακή βαφή του εκκέντρου,



Σχ. 10.8θ.



Σχ. 10.8ι.



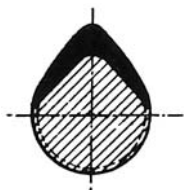
Σχ. 10.8ια.

η οποία γίνεται με σκοπό τη μεγαλύτερη αντοχή του στη φθορά.

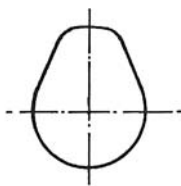
Σε μεγάλες μηχανές τα έκκεντρα κατασκευάζονται χωριστά και σφηνώνονται επάνω στον εκκεντροφόρο άξονα. Μερικές φορές τα έκκεντρα των αντλιών πετρελαίου ή των εγχυτήρων ανάλογα μπορούν να αλλάζουν σχετική θέση επάνω στον εκκεντροφόρο με μικρή περιστροφή

τους και ασφάλιση με ειδικούς κοχλίες. Αυτό γίνεται, όταν επιθυμούμε να αλλάξουμε μόνιμα τη ρύθμιση της λειτουργίας της μηχανής.

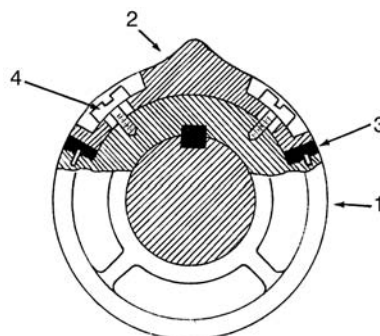
Στο σχήμα 10.8ιδ παριστάνεται ένα εκκέντρο αυτού του είδους, όπου: 1) είναι το σώμα του εκκέντρου, το οποίο σφηνώνεται επάνω στην άτρακτο διανομής, 2) η εκκεντρική βαθμίδα, 3) οι προσθήκες με τις οποίες μπορούμε να ρυθμίζουμε τη γωνιακή θέση του εκκέντρου επάνω στον εκκεντροφόρο άξονα, επομένως και την προπορεία εγχύσεως και την αργοπορία πέρατος αυτής, ώστε η μηχανή να αποδίδει τη μέγιστή της ιπποδύναμη, και 4) οι κοχλίες συσφίξεως της εκκεντρικής βαθμίδας στην οριστική της θέση ρυθμίσεως. Σε ορισμένες περιπτώσεις αντί για



Σχ. 10.8ιβ.



Σχ. 10.8ιγ.



Σχ. 10.8ιδ.

σφήνα όπως παραπάνω, χρησιμοποιείται γωνιώδες πολύσφηνο επάνω στο οποίο προσαρμόζεται η εκκεντρική βαθμίδα η οποία περιβάλλει τον εκκεντροφόρο άξονα και συσφίγγεται με κοχλίες. Με χαλάρωση των κοχλιών και περιστροφή της βαθμίδας κατά ένα ή δύο δόντια επάνω στο πολύσφηνο επιτυγχάνουμε την επιθυμητή ρύθμιση εγχύσεως. Συνήθως κάθε ένα δόντι από το πολύσφηνο αντιστοιχεί με  $3^\circ$  ως  $5^\circ$  γωνία μεταβολής της προεγχύσεως.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

### ΟΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

#### 11.1 Γενικά.

Με τον όρο **βοηθητικές λειτουργίες** εννοούμε τις απαραίτητες εκείνες λειτουργίες, οι οποίες βοηθούν τη μηχανή να πραγματοποιήσει το σκοπό της.

Αντίστοιχα, **βοηθητικά μηχανήματα** ή **συσσκευές** καλούνται όσα μηχανήματα ή συσκευές είναι αναγκαία για την πραγματοποίηση των βοηθητικών αυτών λειτουργιών της μηχανής.

#### 11.2 Η εισαγωγή του αέρα.

Το σύστημα εισαγωγής του αέρα έχει σκοπό να προμηθεύει στη μηχανή τον **καυσιγόνο αέρα**. Επί πλέον εξυπηρετεί την απόπλυση των δίχρονων μηχανών, την υπερπλήρωση των τετραχρόνων και δίχρονων, τον καθαρισμό του αέρα πριν εισέλθει στη μηχανή και την ελάττωση του θορύβου, που προκαλεί η αναρρόφησή του.

Η εισαγωγή του αέρα σε τετράχρονες μηχανές γίνεται, όπως είναι γνωστό, με το κενό του εμβόλου, ενώ στις δίχρονες με την αντλία σαρώσεως ή αποπλύσεως. Η υπερπλήρωση του κυλίνδρου γίνεται με συμπιεστή υπερπληρώσεως, ο οποίος στις δίχρονες μηχανές ταυτίζεται μερικές φορές με την αντλία σαρώσεως.

Ο καθαρισμός και η απόβρωση του θορύβου του αέρα εισαγωγής πραγματοποιούνται με το φίλτρο της αναρροφήσεως, το οποίον παίζει το ρόλο σιγαστήρα και τοποθετείται στον κοινό αγωγό της αναρροφήσεως της μηχανής.

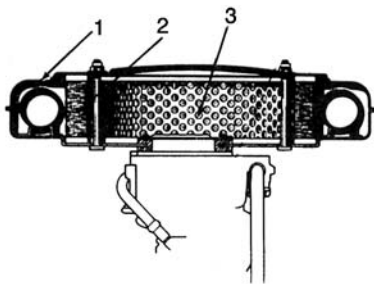
Αυτό εφοδιάζεται με αντιπηκτικά υλικά για την απορρόφηση του ήχου και με «τρυπητό» και «γάζα» εποτισμένη σε λάδι. Έτσι ο αέρας φιλτράρεται, δηλαδή καθαρίζεται από τη σκόνη και άλλες ακαθαρσίες και ο θόρυβος, που προξενεί, ελαττώνεται στο ελάχιστο.

Στο σχήμα 11.2α φαίνεται φίλτρο αέρα βενζινομηχανής με αφαιρετή τη φύσιγγη διηθήσεως, ενώ στο σχήμα 11.2β φίλτρο αέρα με λουτρό λαδιού.

Το σχήμα 11.2γ παρουσιάζει ένα φίλτρο με λουτρό ελαίου επίσης στο οποίο ο αέρας εισέρχεται από το προ-φίλτρο και λόγω αλλαγής κατευθύνσεως απορρίπτει πρώτα τη χονδροκόκκη σκόνη. Στη συνέχεια πορεύεται στο εσωτερικό του φίλτρου και διέρχεται από λουτρό λαδιού μέσα στο οποίο τα λεπτά μόρια ακαθαρσιών επαλείφονται με λάδι. Έτσι, όταν κατά την πορεία του προς τα επάνω ο αέρας διέλθει από τα στρώματα του διηθητικού υλικού, τα μόρια αυτά επικολώνονται και κατακρατούνται από αυτό και ο αέρας εξέρχεται καθαρός για να εισέλθει στη συνέχεια μέσα στον κύλινδρο.

#### 11.3 Η τροφοδότηση με καύσιμο.

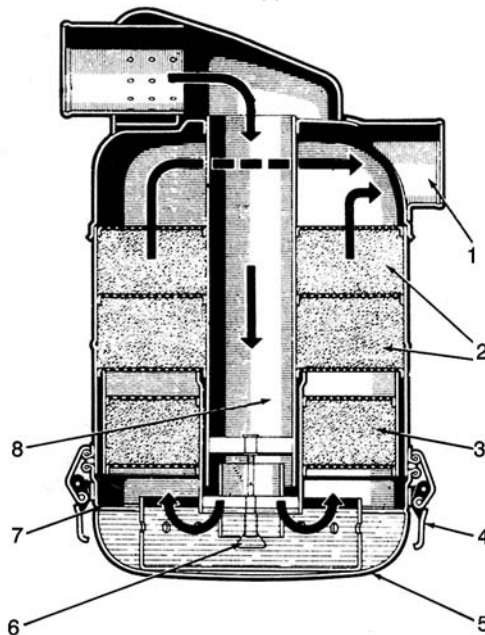




Σχ. 11.2α.

Τμήμα χάρτινου φίλτρου αέρα με σιγαστήρα για αυτοζήνητο.

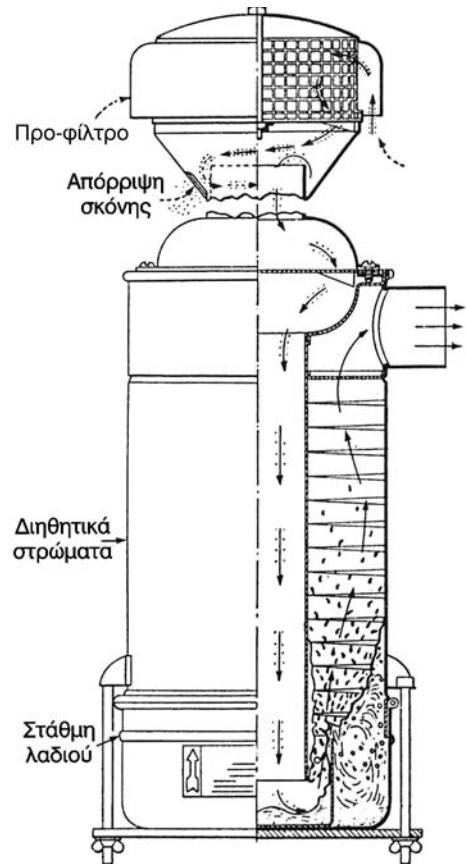
1) Θάλαμος σιγαστήρα. 2) Χάρτινο φίλτρο αλλασσόμενο. 3) Θάλαμος εισαγωγής.



Σχ. 11.2β.

Φίλτρο αέρα με λουτρό λαδιού.

1) Έξοδος φιλτραρισμένου αέρα. 2) Άνω στοιχείο φιλτραρίσματος σταθερό. 3) Κάτω στοιχείο φιλτραρίσματος κινητό. 4) Αγκιστρα συνδέσεως των δύο τμημάτων του φίλτρου. 5) Δοχείο λαδιού. 6) Κοχλίας συγκρατήσεως κατώτερου φίλτρου. 7) Στάθμη λαδιού 8) Δίοδος αέρα.



Σχ. 11.2γ.

Το σύστημα τροφοδοτήσεως της μηχανής με βενζίνη ή με πετρέλαιο είναι ήδη γνωστό από τις αντίστοιχες λεπτομερείς περιγραφές, που δόθηκαν στα κεφάλαια των βενζινομηχανών και των πετρελαιομηχανών. Όπως δε γνωρίζουμε, περιλαμβάνει το δίκτυο βενζίνης, αντλία, εξαεριοτή, εγχυτήρες βενζίνης για τις βενζινομηχανές, ενώ για τις πετρελαιομηχανές, το δίκτυο πετρελαίου, αντλία παροχής, αντλία μηχανικής εγχύσεως και καυστήρες.



### 11.4 Η εξαγωγή των καυσαερίων.

Τα αέρια της εξαγωγής του κάθε κυλίνδρου οδηγούνται σε κοινό αγωγό εξαγωγής, που είναι εφοδιασμένος με σιγαστήρα, από όπου εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα.

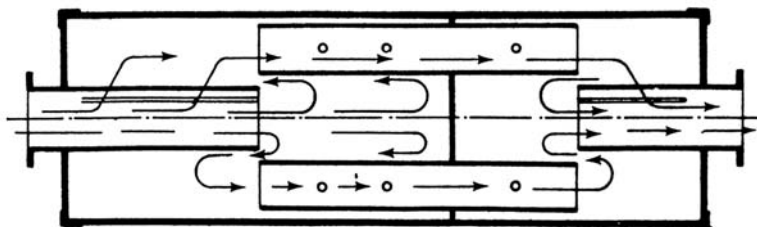
Ο αγωγός και ο σιγαστήρας ψύχονται συνήθως με το νερό ψύξεως, το οποίο προηγουμένως έχει ψύξει την κύρια μηχανή.

Οι **σιγαστήρες** είναι βασικά δύο ειδών: **ξηρού** και **υγρού** τύπου αντίστοιχα.

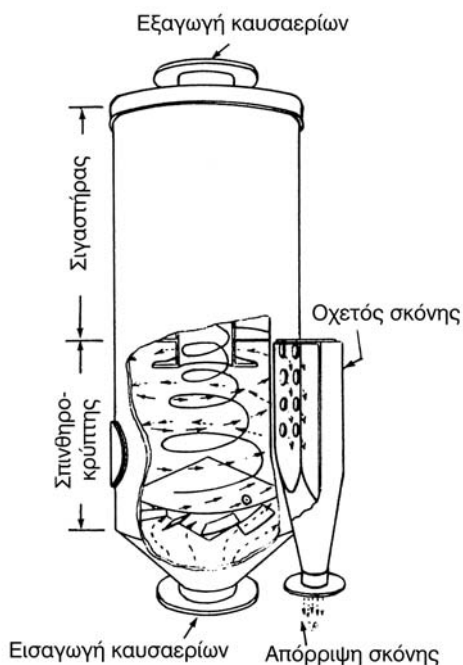
Οι ξηροί σιγαστήρες ψύχονται από το νερό, το οποίον κυκλοφορεί γύρω από αυτούς, χωρίς να αναμιγνύεται με τα καυσαέρια, ενώ στους υγρούς το νερό της ψύξεως ψεκάζεται μέσα στα καυσαέρια, εξατμίζεται και εξέρχεται μαζί με αυτά ως ατμός και υγρασία προς την ατμόσφαιρα.

Στο εσωτερικό των σιγαστήρων τοποθετούνται διαφράγματα, τα οποία υποχρεώνουν τα καυσαέρια να κάμουν πολλαπλές διαδρομές και να χάνουν με αυτόν τον τρόπο ένα μέρος από την κινητική και ηχητική ενέργειά τους.

Στο σχήμα 11.4α παριστάνεται ένας σιγαστήρας ξηρού τύπου και στο σχήμα 11.4β ένας



Σχ. 11.4α.



Σχ. 11.4β.

φυγοκεντρικός σιγαστήρας τύπου Vortex, ο οποίος εργάζεται ως **σπινθηροκρύπτης** και σιγαστήρας ταυτόχρονα. Διακρίνεται σε αυτόν η εισαγωγή των καυσαερίων, η φυγοκέντριση τους στην περιοχή της απορροφήσεως των σπινθήρων, η απόρριψη της σκόνης, η απορρόφηση της ηχητικής ενέργειας των καυσαερίων στην περιοχή του σιγαστήρα και η εξαγωγή τους προς την ατμόσφαιρα. Τα καυσαέρια των Μ.Ε.Κ. χρησιμοποιούνται συχνά σε ορισμένες εγκαταστάσεις βοηθητικών λεβήτων για την παραγωγή θερμού νερού και ατμού για βοηθητικές χρήσεις. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια σοβαρή εκμετάλλευση των θερμίδων, που περιέχουν, όταν εξέρχονται στην ατμόσφαιρα με θερμοκρασία 350° - 450° C περίπου.

### 11.5 Η λίπανση των Μ.Ε.Κ.

Η λίπανση της μηχανής είναι μια αναγκαία λειτουργία για την ελάττωση της τριβής, που αναπτύσσεται στα τριβόμενα μέρη της.

Το σύστημα της λιπάνσεως αποτελείται από τις **δεξαμενές** λαδιού, τις **αντλίες**, τα **φίλτρα**, το **ψυγείο** λαδιού και τις **σωληνώσεις**.

Η βάση της μηχανής χρησιμοποιείται κατά κανόνα και ως δεξαμενή λαδιού χρήσεως και ονομάζεται γι' αυτό και **ελαιολεκάνη**.

Η λίπανση πραγματοποιείται ως εξής:

Η αντλία λαδιού της μηχανής, η οποία είναι συνήθως γραναζωτή, κινείται από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής στις πετρελαιομηχανές, και από τον εκκεντροφόρο στις βενζινομηχανές.

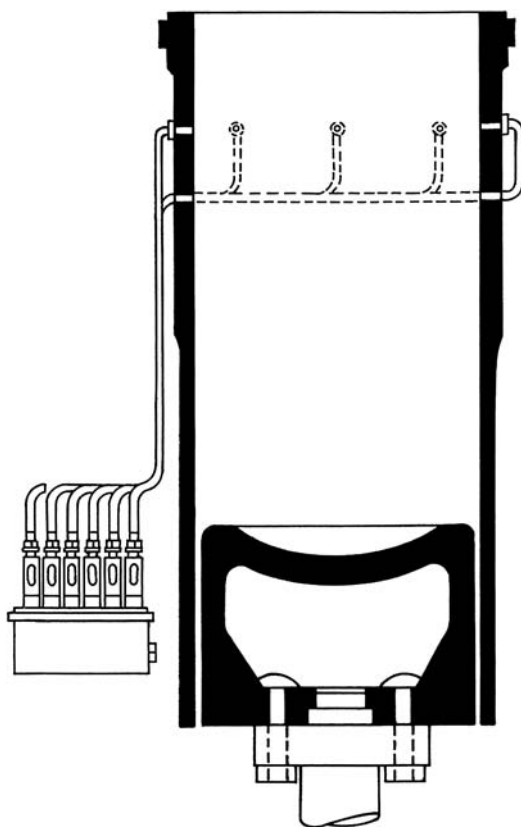
Αυτή αναρροφά λάδι μέσω ενός φίλτρου από την ελαιολεκάνη της μηχανής και το στέλνει, μέσα από ένα μηχανικό φίλτρο και ένα φίλτρο από βαμβάκι στο ψυγείο του λαδιού με πίεση 2 - 2,5 bar. Μετά από το ψυγείο του λαδιού το διανέμει με τις απαραίτητες σωληνώσεις από ένα γενικό καταθλιπτικό σωλήνα στα διάφορα μέρη της μηχανής. Έτσι το λάδι οδεύει πρώτα στους τριβείς των εδράνων. Αφού λιπάνει τα κομβία τους εισέρχεται μέσα στο στροφαλοφόρο άξονα, ο οποίος είναι διάτρητος, και φθάνει στους τριβείς των ποδών των διωστήρων. Αφού λιπάνει και αυτούς, ανέρχεται μέσα από τους διωστήρες, οι οποίοι είναι και αυτοί διάτρητοι, και φθάνει στους πείρους των εμβόλων, τους οποίους και λιπαίνει, ενώ ταυτόχρονα μια μικρή ποσότητα λαδιού εκφεύγει από τα άκρα των πείρων και λιπαίνει το εσωτερικό του κυλίνδρου. Μετά από τη λίπανση των πείρων το λάδι επιστρέφει στην ελαιολεκάνη ζεστό.

Άλλη διακλάδωση πάλι μετά από το ψυγείο λιπαίνει με τον ίδιο τρόπο τους τριβείς του εκκεντροφόρου άξονα και των αγκωνωτών μοχλών των βαλβίδων και τους τριβείς των αξόνων των διαφόρων οδοντωτών τροχών. Τέλος συγκεντρώνεται και αυτή στην ελαιολεκάνη.

Το σύστημα λιπάνσεως εφοδιάζεται με βαλβίδα επιστροφής (μπάι-πας), με την οποία ρυθμίζουμε κάθε φορά την πίεση του λαδιού.

Σε μεγάλες πετρελαιομηχανές είναι αναγκαία η εσωτερική λίπανση των κυλίνδρων. Αυτή πραγματοποιείται με ιδιαίτερη αντλία (λουμπρικέττα) η οποία καταθλίβει το λάδι στο μέσο ύψος περίπου και σε πολλά σημεία της περιφέρειας του κυλίνδρου (σχ. 11.5α) με ειδικά ανεπίστροφα ακροφύσια.

Στις **δύχρονες βενζινομηχανές** ειδικότερα η λίπανση γίνεται με τον εξής ιδιαίτερο τρόπο: αναμιγνύεται το λάδι μέσα στη βενζίνη σε αναλογία 1:16 ως 1:40 και, όπως μέσα από το στροφαλοθάλαμο γίνεται η αναρρόφηση του μίγματος καυσίμου - αέρα το οποίο όμως περιέχει και έλαιο, πραγματοποιείται η λίπανση των διαφόρων μερών της μηχανής και του εσωτερικού



Σχ. 11.5α.

του κυλίνδρου. Έτσι οι μηχανές αυτές μαζί με τη βενζίνη καίουν συνεχώς και μικρή ποσότητα λαδιού.

Στις μηχανές, που δεν έχουν εσωτερική λίπανση, η λίπανση του κυλίνδρου γίνεται με τους διωστήρες, οι οποίοι εμβυαπίζονται στο λάδι της ελαιολεκάνης και εξακοντίζουν σταγόνες λαδιού στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου.

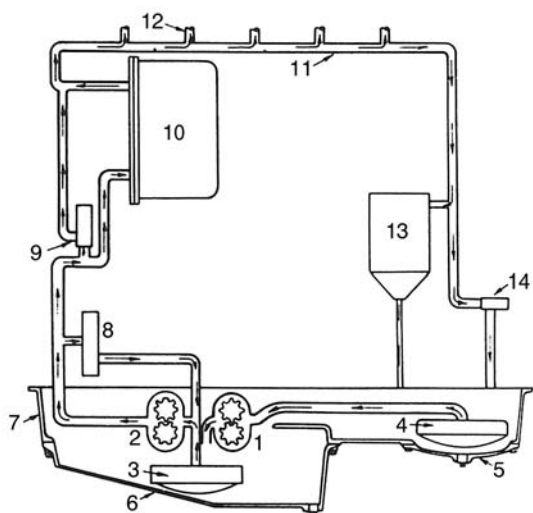
Στο σχήμα 11.5β παριστάνεται διαγραμματικά το σύστημα λιπάνσεως μιας μικρής μηχανής Diesel. Σε αυτό είναι: 1) **Αναρροφητική ή επικουρική αντλία λαδιού**, η οποία το καταθλίβει στην αναρρόφηση της καταθλιπτικής αντλίας με πίεση. Η αναρροφητική αντλία δεν υπάρχει πάντοτε απαραίτητα παρά σε μεγάλες μηχανές μόνον. 2) **Καταθλιπτική αντλία λαδιού**. 3) - 4) **Φίλτρα αναρροφήσεως**. Το 4) υπάρχει, όταν υπάρχει και η αναρροφητική αντλία. 5) **Πρόσθετο φρεάτιο λαδιού** (και αυτό υπάρχει, όταν η μηχανή έχει και αναρροφητική αντλία). 6) **Φρεάτιο λαδιού**. 7) **Ελαιολεκάνη**. 8) **Ασφαλιστική βαλβίδα** υπερπίεσεως (επιστροφής). 9) **Ρυθμιστική βαλβίδα** της ποσότητας του λαδιού, που διέρχεται από το ψυγείο. 10) **Ψυγείο λαδιού**. 11) **Αγωγός λαδιού** προς τη μηχανή. 12) **Σωληνίσκοι διανομής** του λαδιού. 13) **Φίλτρο λαδιού**. 14) **Βαλβίδα ρυθμιστική** της πίεσεως (μπάι-πας).

Ανάλογη προοπτική παράσταση ενός συστήματος λιπάνσεως μικρής μηχανής δίνει και το

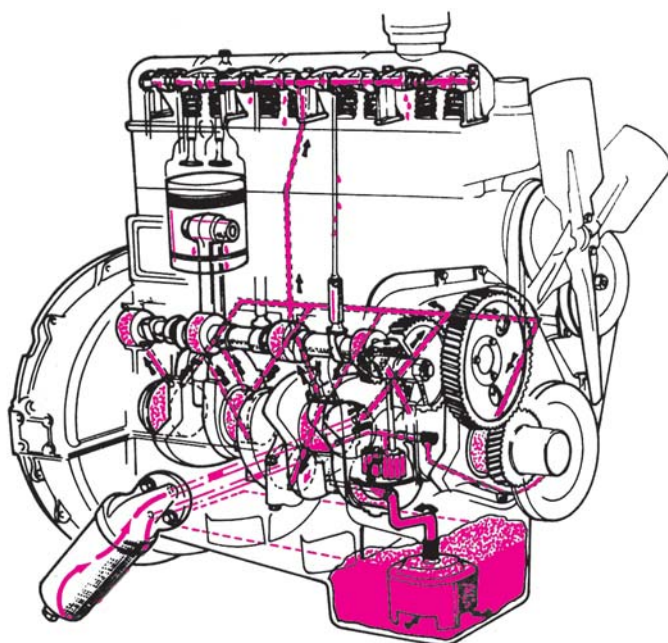
σχήμα 11.5γ.

Το σχήμα 11.5δ παριστάνει γραναζωτή αντλία λιπάνσεως μηχανής Diesel.

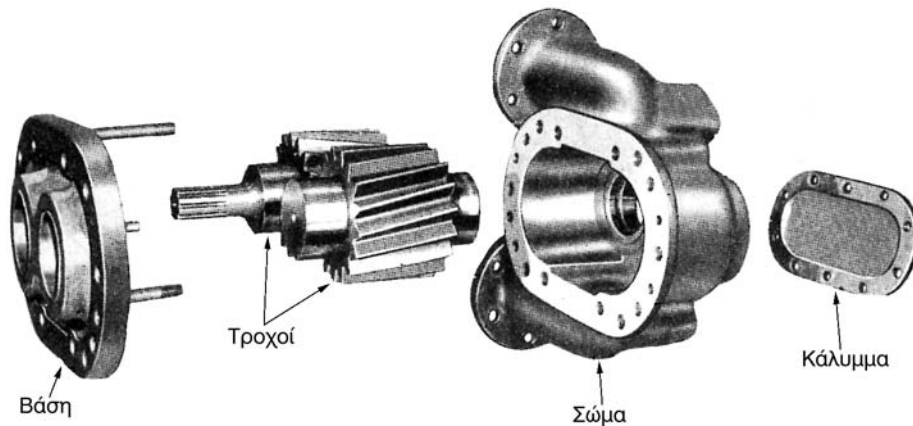
### 11.6 Η ψύξη της μηχανής.



Σχ. 11.5β.



Σχ. 11.5γ.



Σχ. 11.5δ.

### 11.6.1 Γενικά.

Η ψύξη της μηχανής είναι απαραίτητη, για να διατηρήσει τα μέρη της σε χαμηλή θερμοκρασία και να προλάβει τυχόν καταστροφή τους από υπερθέρμανση.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως είναι **αερόψυκτες** ή **υδρόψυκτες**. Οι αερόψυκτες μηχανές ψύχονται από ρεύμα αέρα και γι' αυτό το σώμα τους κατασκευάζεται πτερυγωτό, ώστε να παρουσιάζει μεγάλη επιφάνεια επαφής με το ρεύμα του αέρα.

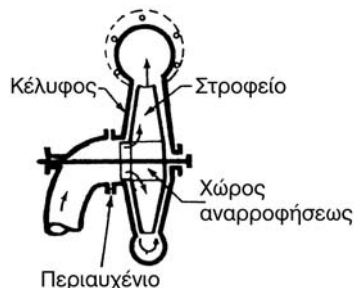
Αερόψυκτες μηχανές είναι συνήθως οι βενζινομηχανές μικρών αυτοκινήτων, μοτοσυκλετών και αεροπλάνων.

Οι περισσότερες βενζινομηχανές και πετρελαιομηχανές είναι υδρόψυκτες. Η ψύξη σε αυτές γίνεται με νερό, το οποίο κυκλοφορεί με **φυσική** ή με **τεχνητή** κυκλοφορία.

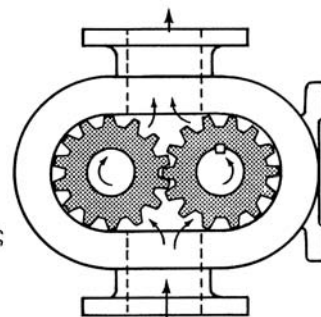
Οι αντλίες, που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του νερού ψύξεως, είναι φυγοκεντρικού τύπου (σχ. 11.6α) ή γραναζωτές (σχ. 11.6β).

### 11.6.2 Φυσική κυκλοφορία.

Στη φυσική κυκλοφορία (σχ. 11.6γ) υπάρχει συνήθως μια δεξαμενή νερού τοποθετημένη ψηλότερα από τη μηχανή. Το κρύο νερό κατέρχεται στη μηχανή, κυκλοφορεί μέσα στους



Σχ. 11.6α.



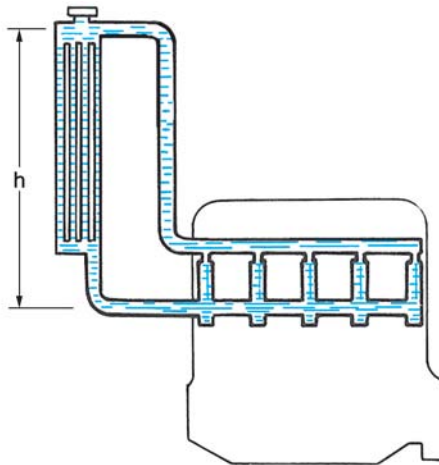
Σχ. 11.6β.

θαλάμους ψύξεώς της και την ψύχει, ενώ το ίδιο ζεσταίνεται, γίνεται ελαφρότερο και επομένως ανέρχεται προς τα επάνω και επιστρέφει στη δεξαμενή.

Η δεξαμενή νερού διαμορφωμένη όπως το ψυγείο, ψύχεται από έναν ανεμιστήρα, ο οποίος κινείται από τον άξονα της μηχανής.

Με αυτόν τον τρόπο γίνεται μια συνεχής κυκλοφορία από τη δεξαμενή προς τη μηχανή και από τη μηχανή προς τη δεξαμενή.

Το σύστημα αυτό της φυσικής κυκλοφορίας ή, όπως αλλιώς λέγεται, ψύξη με θερμοσίφωνα,



Σχ. 11.6γ.

χρησιμοποιείται μόνο σε βενζινομηχανές με μικρή ιπποδύναμη.

### 11.6.3 Τεχνητή κυκλοφορία.

Στο σύστημα **τεχνητής** κυκλοφορίας υπάρχει πάντοτε η αντλία κυκλοφορίας, η οποία κυκλοφορεί το νερό μέσα από τους θαλάμους ψύξεως της μηχανής, υπό πίεση.

Στην τεχνητή κυκλοφορία διακρίνουμε δύο συστήματα ψύξεως:

α) Το **ανοικτό** σύστημα, στο οποίο το νερό ψύξεως κυκλοφορεί από τη μηχανή, την ψύχει και στη συνέχεια απορρίπτεται.

β) Το **κλειστό** σύστημα, στο οποίο χρησιμοποιείται μόνιμα η ίδια ποσότητα νερού. Αυτή ψύχει τη μηχανή, και αφού εξέλθει από αυτή ζεστό, οδηγείται σε ιδιαίτερο ψυγείο, όπου ψύχεται από άλλο ψυκτικό νερό, το οποίο και απορρίπτεται.

#### 1. Ανοικτό σύστημα ψύξεως.

Στο **ανοικτό** σύστημα ψύξεως η μηχανή είναι εφοδιασμένη με αντλία κυκλοφορίας του νερού ψύξεως, η οποία αναρροφεί νερό από θάλασσα, από λίμνη ή από πηγάδι και το καταθλίβει μέσα στο δίκτυο ψύξεως της μηχανής.

Το δίκτυο ψύξεως στην περίπτωση αυτή αποτελείται από έναν αγωγό, από τον οποίο

διακλαδίζονται σωληνίσκοι. Αυτοί διακλαδίζονται στα μέρη της μηχανής που ψύχονται, δηλαδή στους κυλίνδρους, στα πώματα και στο ψυγείο λαδιού. Το νερό που ψύχεται εισέρχεται στο κάτω μέρος του περιχιτωνίου θαλάμου κάθε κυλίνδρου και εξέρχεται από το πάνω μέρος του και στη συνέχεια εισέρχεται στο πώμα. Μετά από το πώμα εισέρχεται στον οχετό της εξαγωγής και το σιγαστήρα και από εκεί πλέον εκρέει και πέφτει στη θάλασσα, ποτάμι, λίμνη κλπ., από όπου προέρχεται.

Στο παραπάνω σύστημα το μειονέκτημα είναι ότι το νερό της κυκλοφορίας περιέχει **άλατα** και δημιουργεί εναποθέσεις στους χώρους ψύξεως, οι οποίες είναι πολύ δυσθερμαγωγές και ελαττώνουν την ψύξη της μηχανής. Πολλές φορές γίνονται αφορμή ρηγμάτων στα πώματα και τους κυλίνδρους. Τα ρήγματα αυτά προκαλούνται και από τη χαμηλή θερμοκρασία εισόδου του νερού στη μηχανή λόγω μεγάλων τάσεων του υλικού από την απότομη συστολή του.

## 2. Κλειστό σύστημα ψύξεως.

Στο **κλειστό** σύστημα χρησιμοποιείται δεξαμενή στάθμης ή **δεξαμενή διαστολής** ή **διακυμάνσεων**, όπως λέγεται, η οποία περιέχει **αποσταγμένο** νερό.

Η αντλία ψύξεως αναρροφεί από τη δεξαμενή και καταθλίβει το αποσταγμένο νερό στα ψυχόμενα μέρη της μηχανής, αφού προηγουμένως το αναγκάσει να περάσει από το ψυγείο, όπου ψύχεται από νερό της θάλασσας, πηγής, λίμνης κλπ.

Αφού το αποσταγμένο νερό του κλειστού κυκλώματος κάμει την ψύξη της μηχανής, επιστρέφει στη δεξαμενή διαστολής, η οποία χρησιμεύει για να συμπληρώνει και τις απώλειες του συστήματος των σωληνώσεων.

Το αποσταγμένο νερό της ψύξεως ψύχει και το λάδι, αν αυτό δεν ψύχεται με άλλο φυσικό νερό με την κυκλοφορία του μέσα από το ψυγείο λαδιού.

Έτσι στο κλειστό σύστημα ψύξεως καθαρίζεται μόνο το ψυγείο νερού ή και του λαδιού και αποφεύγεται ο καθαρισμός των χώρων ψύξεως της ίδιας της μηχανής.

Σε εγκαταστάσεις, όπου δεν υπάρχει νερό της θάλασσας ή της λίμνης κλπ., το νερό ψύξεως ψύχεται ιδιαίτερα σε αερόψυκτους **υδατόπυργους** ψύξεως με **φυσικό** ή **τεχνητό ρεύμα αέρα** ή σε **τεχνητές δεξαμενές φυσικής ροής και αποψύξεως** (στερνες).

Το κλειστό κύκλωμα έχει και το πλεονέκτημα ότι, εκτός από την καθαρότητα του νερού ψύξεως, ρυθμίζεται σε αυτό και η θερμοκρασία εισαγωγής του νερού, η οποία συνήθως διατηρείται γύρω στους 55° - 70° C. Η παροχή του νερού ρυθμίζεται τόσο, ώστε το νερό να εξέρχεται από τη μηχανή πιο ζεστό κατά 20° C περίπου, δηλαδή με θερμοκρασία 75° - 90° C περίπου.

Χαμηλότερες θερμοκρασίες νερού δεν συνιστώνται, γιατί δεν εξασφαλίζουν ομαλές συνθήκες λειτουργίας της μηχανής. Έχουν δηλαδή ως αποτέλεσμα χαμηλές θερμοκρασίες των εσωτερικών τοιχωμάτων των κυλίνδρων της, που γίνονται αφορμή οξειδώσεώς τους.

Η θερμοκρασία εισαγωγής και εξαγωγής μπορεί να ρυθμίζεται και αυτόματα με ένα **θερμοστάτη**, ο οποίος κανονίζει το ποσοστό του νερού ψύξεως, που θα περάσει από το ψυγείο, ενώ ταυτόχρονα στέλνει το υπόλοιπο, όπως είναι ζεστό, προς τη μηχανή. Εκεί, πριν εισέλθει στη μηχανή, αναμιγνύεται με το κρύο, που έρχεται από το ψυγείο.

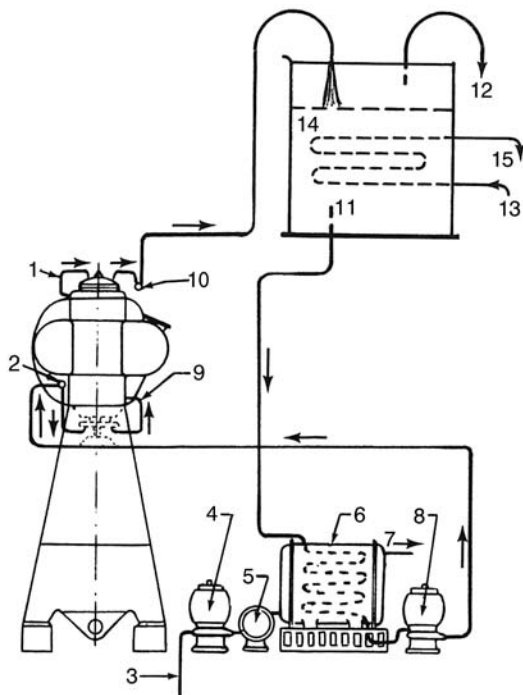
Μέσα στη μηχανή το νερό κυκλοφορεί όπως και στο ανοικτό σύστημα, με τη διαφορά ότι καταλήγει πάλι στη δεξαμενή.

Στο σχήμα 11.6δ παριστάνεται ένα τυπικό διάγραμμα ψύξεως με αποσταγμένο νερό σε κλειστό κύκλωμα για κινητήρα Diesel διπλής ενέργειας εγκατεστημένο σε πλοίο.

Για να ολοκληρώσουμε την περιγραφή του κλειστού συστήματος ψύξεως, πρέπει να



περιγράφομε και το σύστημα ψύξεως, που εφαρμόζεται στους κινητήρες Otto ή Diesel των αυτοκινήτων και των υπολοίπων μεταφορικών μέσων (οτομοτρίες-τρακτέρ κλπ.), το οποίον παριστάνεται στο σχήμα 11.6ε. Το ζεστό νερό, που εξέρχεται από τη μηχανή, πηγαίνει στο αερόψυκτο ψυγείο, από το οποίο το αναρροφεί κρύο πάλι η αντλία κυκλοφορίας και το στέλνει στη μηχανή. Κατά κανόνα δεν περνά μέσα από το ψυγείο όλο το νερό, που κυκλοφορεί η αντλία. Όταν δηλαδή το νερό φύγει ζεστό από τη μηχανή, περνά από το θερμοστάτη, ο οποίος κρατά σταθερή τη θερμοκρασία του νερού, που φεύγει από τη μηχανή, ανοιγοκλείνοντας



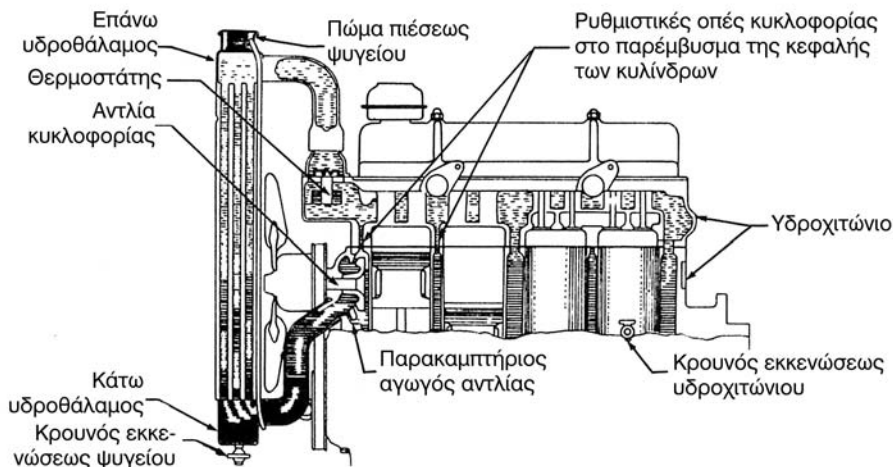
Σχ. 11.6δ.

- 1) Σωλήνας συνδέσεως μεταξύ κυλίνδρου και επάνω πώματος.
- 2) Συλλέκτης καταθλίψεως αποσταγμένου.
- 3) Αναρρόφηση νερού από τη θάλασσα.
- 4) Αντλία θαλάσσιου νερού.
- 5) Ψυγείο λαδιού.
- 6) Ψυγείο νερού.
- 7) Εξαγωγή θαλάσσιου νερού.
- 8) Αντλία γλυκού νερού (αποσταγμένου).
- 9) Σωλήνας συνδέσεως μεταξύ κυλίνδρου και κάτω πώματός του.
- 10) Συλλέκτης εξαγωγής.
- 11) Δεξαμενή διαστολών.
- 12) Υπερπλήρωση.
- 13) Είσοδος ατμού προθερμάνσεως του νερού για την εκκίνηση.
- 14) Θερμαντικά στοιχεία.
- 15) Υγρά από την προθέρμανση.

ανάλογα με τη θερμοκρασία αυτή και αφήνοντας με αυτόν τον τρόπο περισσότερο ή λιγότερο νερό να περάσει προς το ψυγείο.

Το ψυγείο ψύχεται με ρεύμα αέρα, που δημιουργεί ο ανεμιστήρας ο οποίος κινείται από τον άξονα της μηχανής με έναν μίαντα. Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιείται και ειδική διπλή βαλβίδα υποπίεσεως-υπερπίεσεως στο κάλυμμα του ψυγείου. Έτσι αποφεύγονται οι υπερπίεσεις μέσα στο ψυγείο, δηλαδή ο βρασμός του νερού, ή και οι υποπίεσεις, δηλαδή η απότομη ψύξη, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν την καταστροφή του ψυγείου.

Σε νεότερες κατασκευές αυτοκινήτων για την προστασία από εναπόθεση αλάτων και την



Σχ. 11.6ε.

προοδευτική διάβρωση των χώρων κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου, χρησιμοποιούνται αντί για νερό, ειδικά ψυκτικά υγρά παρεχόμενα από τον κατασκευαστή. Το ψυκτικό υγρό στις περιπτώσεις αυτές κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Στις ίδιες αυτές κατασκευές η κίνηση του ανελκυστήρα είναι ελεγχόμενη από έναν θερμοστάτη. Ο ανεμιστήρας δηλαδή δεν κινείται απ' ευθείας από τη μηχανή αλλά είναι ηλεκτροκίνητος, τίθεται δε σε κίνηση μέσω του θερμοστάτη όταν η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού φθάσει κατά τη λειτουργία τους 95° C περίπου.

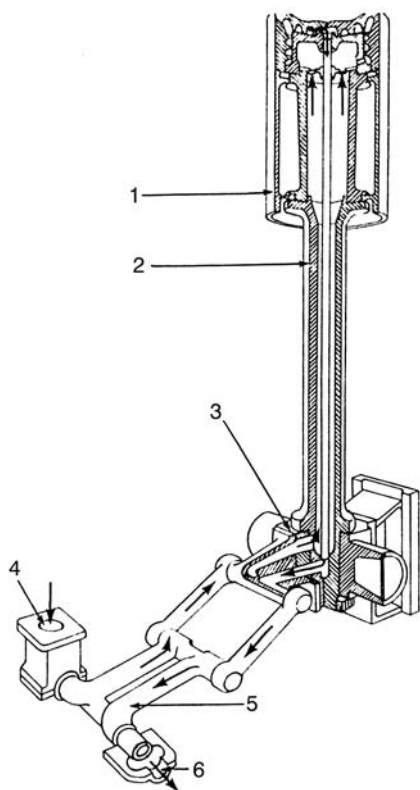
#### 11.6.4 Η ψύξη των εμβόλων των πετρελαιομηχανών.

Στις μεγάλες μηχανές και ειδικότερα τις δίχρονες, που εργάζονται σε ψηλότερες θερμοκρασίες, είναι απαραίτητη η ψύξη των εμβόλων, η οποία γίνεται με αποσταγμένο νερό ή με λάδι. Για το λόγο αυτό στην εσωτερική κοιλότητα του εμβόλου σχηματίζεται ένας θάλαμος ψύξεως. Το λάδι ή το νερό εισέρχονται στο θάλαμο αυτό από στεγανό σύστημα αρθρωτών (σχ. 11.6στ) ή τηλεσκοπικών (σχ. 11.6ζ), σωλήνων, ώστε να είναι δυνατή η κίνησή τους απρόσκοπτα μαζί με το κινούμενο έμβολο, και εξέρχονται από άλλο σημείο του θαλάμου του εμβόλου μέσω ιδίου συστήματος σωλήνων ή χύνονται στην ελαιολεκάνη.

Σε άλλο σύστημα αυτό το ίδιο το λάδι της λιπάνσεως των τριβών, αφού λιπάνει και τον πείρο, εισέρχεται στο θάλαμο ψύξεως του εμβόλου και πραγματοποιεί με ανάλογο τρόπο την ψύξη του εμβόλου (σχ. 11.6η).

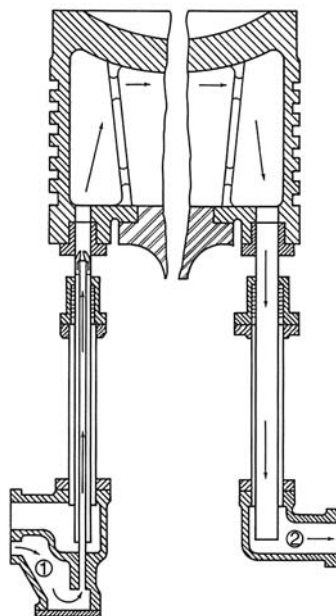
#### 11.6.5 Οι απώλειες από την ψύξη της μηχανής.

Αυτές αντιπροσωπεύουν το ποσό των θερμίδων, οι οποίες με την ψύξη αφαιρούνται από τη χορηγούμενη στη μηχανή θερμότητα και ανέρχονται σε ποσοστό 20 - 25% περίπου, υπολογιζόμενο επί της θερμομαντικής ικανότητας του καυσίμου.



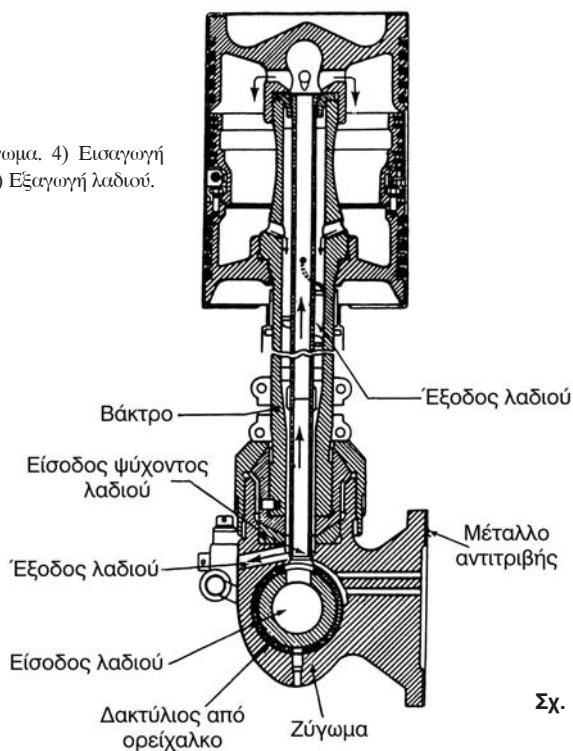
Σχ. 11.6σ.

1) Έμβολο. 2) Βάκτρο. 3) Ζύγωμα. 4) Εισαγωγή λαδιού. 5) Αρθροτοί σωλήνες. 6) Εξαγωγή λαδιού.



Σχ. 11.6ζ.

1) Είσοδος νερού ψύξεως. 2) Έξοδος νερού ψύξεως.



Σχ. 11.6η.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

### ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ. ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

#### 12.1 Γενικά.

Τα βασικά εξαρτήματα χειρισμού και ελέγχου της λειτουργίας των Μ.Ε.Κ. είναι:

Το **χειριστήριο**: Μοχλός, ο οποίος ενεργεί πάνω στη δικλείδα αέρα του εξαερωτή ή της αντλίας μηχανικής εγχύσεως της βενζίνης ή του πετρελαίου για τη ρύθμιση της ποσότητας του καυσίμου, που καίει η μηχανή, δηλαδή της ισχύος και των στροφών της.

Ο **ρυθμιστής στροφών**: Χρησιμοποιείται σε πολλές μηχανές και παρεμβάλλεται μεταξύ του χειριστηρίου μοχλού και της μηχανής. Είναι συνήθως φυγοκεντρικός μηχανικού ή ελαιοδυναμικού τύπου. Σκοπός του ρυθμιστή είναι να επιδρά στη χορήγηση της ποσότητας του καυσίμου, ώστε να διατηρεί σταθερό αριθμό στροφών ανάλογα κάθε φορά με την τοποθέτηση του χειριστηρίου μοχλού από το χειριστή της μηχανής.

Οι **ασφαλιστικές βαλβίδες** των κυλίνδρων: Ανοίγουν σε δεδομένη πίεση στην οποία είναι ρυθμισμένες για την πρόληψη ατυχημάτων σε περίπτωση υπερπίεσεως μέσα στον κύλινδρο.

Ο **κρουνός του δυναμοδείκτη**: Επάνω του προσαρμόζεται πιεζόμετρο για τη λήψη της πίεσεως συμπίεσεως ή δυναμοδείκτης για τη λήψη δυναμοδεικτικού διαγράμματος.

Ο **εξαεριστικός κρουνός** του κυλίνδρου ή και δοκιμαστικός κρουνός για τον οπτικό έλεγχο της ποιότητας της καύσεως σε ώρα λειτουργίας της μηχανής.

Τα βασικά όργανα παρακολούθησης της λειτουργίας της μηχανής είναι αντίστοιχα:

Τα **θλιβόμετρα** πετρελαίου, αέρα σαρώσεως ή υπερπληρώσεως, νερού ψύξεως, λαδιού λιπάνσεως για την παρακολούθηση της πιεσεώς τους.

Τα **θερμόμετρα** νερού, ελαίου για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας τους.

Τα **θερμοηλεκτρικά πυρόμετρα** για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας των αερίων εξαγωγής από κάθε κύλινδρο.

Οι **ενδείκτες CO<sub>2</sub>** (διοξειδίου του άνθρακα), οι οποίοι εγκαθίστανται σε μεγάλες συνήθως μηχανές και δείχνουν το ποσοστό του CO<sub>2</sub>, που περιέχεται μέσα στα καυσαέρια, το οποίον, κατά τα γνωστά από τους «λέβητες» αποτελεί ένα καλό κριτήριο για τον έλεγχο της ποιότητας της καύσεως.

Τα **στροφόμετρα**, μηχανικά ή ηλεκτρικά, με τα οποία παρακολουθείται ο αριθμός στροφών της μηχανής.

#### 12.2 Η εκκίνηση της μηχανής.

Για να εκκινήσει μια μηχανή, πρέπει να στραφεί ο στροφαλοφόρος άξονά της από εξωτερική δύναμη, ώστε να πραγματοποιηθεί αναρρόφηση και συμπίεση στους κυλίνδρους της και να γίνουν οι πρώτες αναφλέξεις του καυσίμου.

Στην αρχή της εκκίνησης η μηχανή είναι ακόμη κρύα και για το λόγο αυτόν πρέπει ο άξονάς της να στραφεί λίγες στροφές, ώστε να αναπτυχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία μέσα στον κύλινδρο.

Η ισχύς, που απαιτείται για την εκκίνηση της μηχανής, είναι περίπου 10% ως 20% της μέγιστης ισχύος. Σε μεγάλες όμως μηχανές η ισχύς αυτή περιορίζεται σε 4% ως 6% περίπου.

Για να διευκολυνθεί η εκκίνηση της μηχανής, ιδίως σε μηχανές με μεγάλη ιπποδύναμη ή και σε μικρές, όταν ο καιρός είναι πολύ κρύος, εφαρμόζονται διάφοροι τρόποι προθερμάνσεως, τους οποίους και θα εξετάσουμε παρακάτω.

### 12.2.1 Η προθέρμανση της μηχανής.

Η προθέρμανση έχει σκοπό να θερμάνει με τρόπο ομαλό τα μέρη της μηχανής, ώστε να διασταλούν σιγά - σιγά και όχι απότομα και αυτό για να μην προκληθούν διάφορες ανωμαλίες λόγω αποτόμων και ισχυρών διαστολών του υλικού τους.

Οι τρόποι προθερμάνσεως, που χρησιμοποιούνται στις μικρές πετρελαιομηχανές, είναι οι εξής:

α) Με **ηλεκτρικούς θερμαντήρες**: Αυτοί αποτελούνται από σπείρες, που τροφοδοτούνται με ρεύμα από τους συσσωρευτές της μηχανής. Τοποθετούνται στον αγωγό αναρρόφησης του αέρα της μηχανής και θερμαίνουν τον αέρα, καθώς ο τελευταίος αναρροφείται από τους κυλίνδρους.

β) Με **ηλεκτρικούς σπινθηριστές** (μπουζί): Αυτοί τροφοδοτούνται από τους συσσωρευτές της μηχανής με ηλεκτρικό ρεύμα και τοποθετούνται στον οχετό αναρρόφησης της μηχανής. Προκαλούν την ανάφλεξη μικρής ποσότητας πετρελαίου, η οποία εγγέεται στον οχετό και καταθλίβεται με τη βοήθεια μικρής χειροκίνητης αντλίας. Έτσι στον κύλινδρο αρχικά θα εισέλθουν ζεστά καυσάετρια, τα οποία και συντελούν στη βαθμιαία θέρμανσή του.

γ) Με **φυσίγιο αναφλέξεως**: Αυτό αποτελείται από ειδικό χαρτί ποτισμένο με νίτρο και τοποθετείται στο άκρον ενός πείρου, ο οποίος στερεώνεται στο πώμα του κυλίνδρου και ανάβεται. Το άκρο του πείρου προβάλλεται στο χώρο της καύσεως, ώστε να θερμάνει τον αέρα και να διευκολύνει το άναμμα του πετρελαίου, που εγγχεί ο καυστήρας.

Οι τρόποι εξ άλλου προθερμάνσεως των μεγαλύτερων πετρελαιομηχανών είναι:

α) Με την **άφορτη λειτουργία** της μηχανής: Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή εκκινούμε τη μηχανή και την αφήνομε να εργασθεί άφορτη (στο ρελαντί) για μισή ώρα. Η μηχανή έτσι προθερμαίνεται και είναι έτοιμη να αναλάβει φορτίο.

β) Με **κυκλοφορία θερμού ελαίου** μέσα από τη μηχανή: Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ιδιαίτερος προθερμαντήρας λαδιού, ο οποίος με ηλεκτρική αντίσταση ή με ατμό, αν υπάρχει εγκατάσταση ατμού, θερμαίνει το λάδι της μηχανής. Το θερμό λάδι κυκλοφορεί με χειροαντλία ή ηλεκτροαντλία μέσα από τα λιπαινόμενα μέρη της μηχανής. Έτσι η μηχανή θερμαίνεται και είναι, μετά 2 ώρες περίπου, έτοιμη να αναλάβει το φορτίο.

γ) Με **κυκλοφορία θερμού νερού**. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ζεσταίνουμε το νερό κυκλοφορίας ψύξεως μέσα στη δεξαμενή διαστολών. Η θέρμανση αυτή γίνεται με ηλεκτρική αντίσταση ή με ατμό, αν διαθέτει η εγκατάσταση. Γ' αυτό μέσα στη δεξαμενή διαστολών

υπάρχει σπειροειδής σωλήνας (σχ. 11.6δ) στο εσωτερικό του οποίου διαβιβάζεται ατμός, ο οποίος ζεσταίνει το νερό στους 50° - 60°C περίπου. Το ζεστό νερό κυκλοφορείται με την αντλία κυκλοφορίας (αν αυτή είναι ανεξάρτητη) ή με άλλη ιδιαίτερη αντλία, μέσα από τους περιχιτώνιους θαλάμους και τους θαλάμους ψύξεως των πομάτων για 4 περίπου ώρες. Παράλληλα κυκλοφορείται θερμό λάδι από τις αρθρώσεις και τα άλλα λιπαινόμενα μέρη της μηχανής, όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Έτσι η μηχανή προθερμαίνεται επαρκώς και είναι έτοιμη για να λειτουργήσει οπότε διακόπτεται και η προθέρμανση.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ιδίως πλοίων, τα οποία λόγω περιοδικών δρομολογίων είναι υποχρεωμένα να διατηρούν τη μηχανή τους ζεστή και έτοιμη να εκκινήσει, αυτό επιτυγχάνεται με συνεχή κυκλοφορία του νερού ψύξεως των πετρελαιομηχανών φωτισμού του πλοίου, όπως αυτό εξέρχεται από αυτές ζεστό μέσα από το δίκτυο ψύξεως της κύριας μηχανής, η οποία έτσι βρίσκεται συνεχώς σε ζεστή κατάσταση.

Για τις βενζινομηχανές δεν υφίσταται συνήθως σοβαρό πρόβλημα προθερμάνσεως. Πάντως σε ορισμένες περιπτώσεις ακολουθείται η μέθοδος προθερμάνσεως με ηλεκτρικούς προθερμαντήρες ή η μέθοδος με άφορτη λειτουργία επί 3 λεπτά, για να γίνει η μηχανή ικανή να αναλάβει φορτίο.

### 12.2.2 Η αρχική εκκίνηση της μηχανής.

Οι τρόποι, που χρησιμοποιούνται για την αρχική εκκίνηση της μηχανής είναι οι εξής:

α) Με **χειρομοχλό** (μανιβέλλα): Η μέθοδος αφορά την αρχική περιστροφή της μηχανής με τη βοήθεια εξωτερικού αφαιρετού **χειρομοχλού**, μέχρι να αρχίσουν οι καύσεις στους κυλίνδρους και εφαρμόζεται σε πολύ μικρής ιπποδυνάμεως μηχανές, κυρίως βενζινομηχανές. Ανάλογη είναι η μέθοδος εκκίνησης με μόνιμο **ποδομοχλό**, όπως στις μοτοσυκλέτες, ή η μέθοδος περιστροφής του σφονδύλου με σχοινί, που εφαρμόζεται σε μικρές φορητές βενζιναντλίες και εξωλέμβιες βενζινομηχανές.

β) Με **ηλεκτροκινητήρα** (μίζα): Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε μηχανές μικρής και μεσαίας ιπποδυνάμεως και σε όλες σχεδόν τις βενζινομηχανές.

Στο σύστημα αυτό απαιτούνται ηλεκτρικοί συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία πρέπει να είναι αμέσως διαθέσιμη. Οι συσσωρευτές αυτοί είναι των 6, 12, 16, 24 ή 32 Volt και των 40 ως 250 Αμπερωρίων. Χρειάζεται επίσης ο **ηλεκτροκινητήρας** (μίζα) συνεχούς ρεύματος, ο οποίος για μικρά χρονικά διαστήματα μπορεί να δίνει τη μέγιστη ισχύ του και να υπερφορτωθεί κατά 100%. Ο ηλεκτροκινητήρας συνδέεται με το στροφαλοφόρο άξονα μέσω οδοντωτού τροχού, όταν στρέφει τη μηχανή και αποσυνδέεται αυτόματα, μόλις η μηχανή αρχίσει να στρέφει μόνη της. Η σύνδεση ηλεκτροκινητήρα και στροφαλοφόρου άξονα πραγματοποιείται μέσω του σφονδύλου (βολάν) της μηχανής, ο οποίος φέρει ανάλογη οδόντωση στη στεφάνη του.

γ) Με **πεπιεσμένο αέρα**: Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται αεροσυμπιεστής ανεξάρτητος ή εξαρτημένος από την ίδια τη μηχανή, ο οποίος γεμίζει, όταν λειτουργεί, τις αεροφιάλες εκκίνησης. Όταν πρόκειται να εκκινήσει η μηχανή, ο πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο με πίεση 15 - 30 bar μέσω βαλβίδας, η οποία λέγεται **βαλβίδα προκινήσεως**. Ο αέρας ωθεί το έμβολο και δίνει στην αρχή λίγες στροφές στη μηχανή, οπότε εισάγεται το καύσιμο και η μηχανή αρχίζει να στρέφει μόνη της.



Κάθε βαλβίδα εκκινήσεως ανοίγει από αντίστοιχο έκκεντρο, όταν το έμβολο του κυλίνδρου βρίσκεται στη διαδρομή της **εκτονώσεως**. Μόλις εκκινήσει η μηχανή, κρατείται η παροχή του πεπιεσμένου αέρα.

Σε πολκύλινδρες μηχανές οι μισοί συνήθως κύλινδροι είναι εφοδιασμένοι με βαλβίδες προκινήσεως.

Η χωρητικότητα των αεροφιαλών εκκινήσεως είναι τόση, ώστε ο εναποθηκευμένος σε αυτές αέρας να επαρκεί για 20 περίπου εκκινήσεις της μηχανής, χωρίς να υπάρξει ανάγκη να γεμίσουν από τον αεροσυμπιεστή.

δ) Με τα **καυσαέρια της μηχανής**: Η μέθοδος είναι όμοια με την προηγούμενη με τη διαφορά ότι αντί πεπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούνται καυσαέρια της μηχανής αποθηκευμένα υπό πίεση μέσα σε φιάλες.

Σε όλες τις περιπτώσεις και ιδιαίτερα των βαρέως τύπου μηχανών και μετά την εκκίνηση τους, πρέπει απαραίτητως η επιτάχυνση και η φόρτισή τους να γίνεται όσο το δυνατόν ομαλότερα και βαθμιαία μέχρι να επιτευχθεί κατ' αυτόν τον τρόπο ο μέγιστος αριθμός στροφών και αναπτύξουν τη μέγιστή τους ιπποδύναμη.

### 12.3 Η αναστροφή της μηχανής.

Η αναστροφή ή αναπόδιση του τελικού άξονα της μηχανής, δηλαδή η αλλαγή φοράς της περιστροφής του, είναι απαραίτητη κυρίως στα μεταφορικά μέσα, τα οποία χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσεως και πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

α) Με **αναστροφή** (ρεβέρσα): Στο σύστημα αυτό, που εφαρμόζεται με μικρές και μεσαίου μεγέθους μηχανές, μεταξύ του στροφαλοφόρου άξονα και του άξονα της προεκτάσεως παρεμβάλλεται ιδιαίτερο συγκρότημα, το οποίον καλείται **αναστροφέας** (ρεβέρσα). Ο χειρισμός του αναστροφέα γίνεται μηχανικά, με πεπιεσμένο αέρα ή με λάδι υπό πίεση.

Κατά τη λειτουργία της η μηχανή στρέφει πάντοτε κατά την ίδια διεύθυνση και ο αναστροφέας ρυθμίζει την κίνηση του άξονα της προεκτάσεως κατά την αριστερόστροφη ή τη δεξιόστροφη φορά.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται και η αναστροφή της κινήσεως με τη βοήθεια του βιωτίου ταχυτήτων, που έχουν τα αυτοκίνητα.

β) Με **μηχανισμό αναστροφής της ίδιας της μηχανής**: Στο σύστημα αυτό, που αφορά μόνο τις πετρελαιομηχανές, η ίδια η μηχανή αλλάζει φορά περιστροφής και η κίνηση, δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη, μεταδίδεται κατευθείαν στον άξονα της προεκτάσεως. Η μηχανή στην περίπτωση αυτή λέγεται **αναστρεφόμενη**.

#### 12.3.1 Προϋπόθεση για την αναστροφή των αναστρεφόμενων μηχανών.

Στο σχήμα 12.3α παριστάνεται κύλινδρος τετράχρονης πετρελαιομηχανής σε ένα σημείο του κύκλου λειτουργίας του κατά τη δεξιόστροφη κίνηση.

Το σημείο, όπου βρίσκεται το έμβολο στη θέση (1), είναι σημείο της **αναρροφήσεως** ή της **εκτονώσεως**. Για να δοθεί αριστερόστροφη κίνηση στη μηχανή από τη θέση αυτή, πρέπει η διαδρομή στην οποία βρίσκεται το έμβολο της θέσεως (1), να γίνει διαδρομή **συμπιέσεως** ή **εξαγωγής** αντίστοιχα.

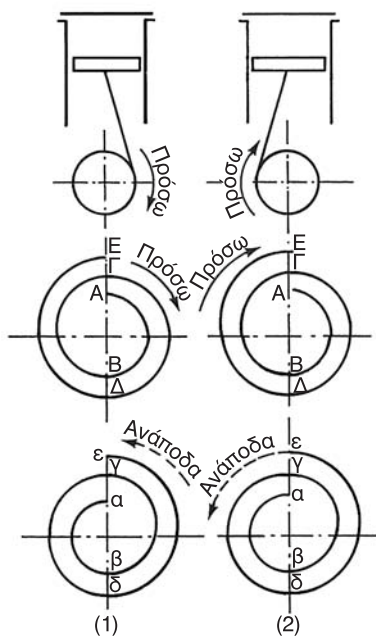
Αν το έμβολο βρίσκεται στη θέση (2), τότε κατά τη δεξιόστροφη κίνηση το σημείο αυτό είναι

σημείο της συμπίεσεως ή της εξάγωγής και κατά την αριστερόστροφη πρέπει η αντίστοιχη διαδρομή να γίνει διαδρομή της **αναρροφήσεως** ή της **εκτονώσεως**.

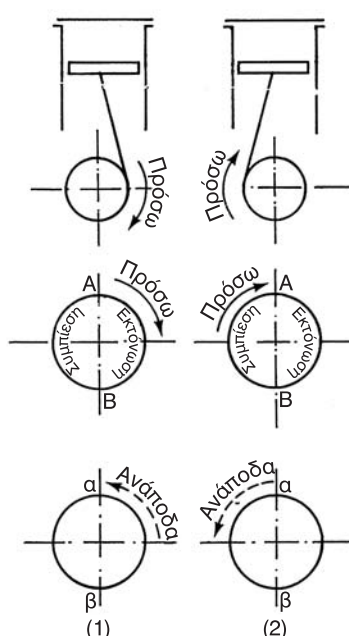
Στο σχήμα 12.3β παριστάνεται αντίστοιχα μια δίχρονη μηχανή. Στη θέση (1) το σημείο όπου βρίσκεται το έμβολο, είναι σημείο της **εκτονώσεως** και, για να αναστραφεί η μηχανή, πρέπει να γίνει σημείο **συμπίεσεως**. Στη θέση (2) πάλι το σημείο, όπου βρίσκεται το έμβολο, είναι σημείο της **συμπίεσεως** και πρέπει να γίνει σημείο της **εκτονώσεως**.

Από τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε ότι για να αναστραφεί η κίνηση της μηχανής, πρέπει να αλλάξουν τα σημεία, στα οποία ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες (αν υπάρχουν) καθώς και ο εγχυτήρας της μηχανής, και ακόμη να εκκινήσει αυτή κατά την αντίστροφη φορά.

### 12.3.2 Συστήματα αναστροφής αναστρεφόμενων μηχανών.



Σχ. 12.3α.



Σχ. 12.3β.

Η αλλαγή των σημείων, όπου ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες και ο εγχυτήρας μιας αναστρεφόμενης μηχανής, πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους. Εδώ θα περιγράψουμε το σύστημα με δυο αντί μιας σειράς εκκέντρων στον εκκεντροφόρο άξονα, δηλαδή μιας για το «πρόσω» και μιας για το «ανάποδα» που είναι περισσότερο σε χρήση. Σε αυτό ανάλογα με την επιθυμητή φορά περιστροφής, θέτουμε σε ενέργεια την αντίστοιχη σειρά εκκέντρων, τα οποία θα ενεργήσουν επάνω στα ωστήρια των βαλβίδων και της αντλίας καυσίμου, η οποία με τη σειρά της θα επιδράσει στον καυστήρα με την υδραυλική πίεση.

Στο σχήμα 12.3γ παριστάνονται τα δύο έγκεντρα μιας βαλβίδας, ένα για την προς τα «πρόσω» κίνηση και ένα για την «ανάποδα». Ανάλογα με το έγκεντρο που θα φέρομε κάτω από τον τροχίλο του ωστήριου της βαλβίδας, για να ενεργήσει επάνω σε αυτή, θα κινηθεί και η μηχανή μας πρόσω ή ανάποδα, αφού βέβαια δοθεί σε αυτήν η ορθή αρχική εκκίνηση κατά την επιθυμητή φορά περιστροφής με τον πεπιεσμένο αέρα εκκινήσεως. Και αυτό όμως

επιτυγχάνεται ταυτόχρονα με δεύτερη σειρά εκκέντρων των βαλβίδων προκινήσεως.

Η μεταφορά του εκκεντροφόρου κατά μήκος της μηχανής γίνεται για το σκοπό αυτό με **ιδιαιτέρω υπηρετικό μηχανισμό**. Οι επιφάνειες ΑΒ και ΓΔ του εκκέντρου έρχονται σε επαφή με τους τροχήλους, ενώ οι επιφάνειες ΒΕ και ΓΕ, που είναι κεκλιμένες, χρησιμοποιούν, ώστε αν τη στιγμή που θα σταματήσει η μηχανή, ο τροχήλος, βρεθεί μέσα στο τόξο (α,β,γ), να κατέβει και να ανέβει ομαλά από το ένα έκκεντρο στο άλλο, καθώς θα μετακινείται ο εκκεντροφόρος άξονας κατά μήκος της μηχανής. Αν ο τροχήλος βρεθεί στο τόξο (α,δ,γ) τότε η μετακίνησή του άξονα δεν παρουσιάζει καμμία δυσκολία.

### 12.3.3 Χειρισμός αναστροφής.

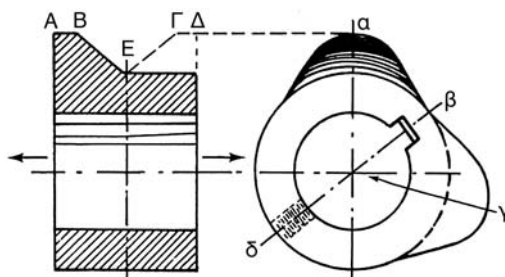
Η αναστροφή της μηχανής προϋποθέτει ότι η μηχανή λαμβάνει τη μια ή την άλλη κίνηση του «πρόσω» ή του «ανάποδα» από τη θέση «κράτει». Έτσι, αν η μηχανή στρέφεται κατά τη φορά του πρόσω, για να αναποδίσει πρέπει πρώτα να σταματήσει. Για το σκοπό αυτό κλείνουμε αρχικά την παροχή του πετρελαίου με τον αντίστοιχο χειριστήριο μοχλό, οπότε η μηχανή επιβραδύνεται και εξακολουθεί να στρέφει λόγω της κεκτημένης ταχύτητάς της. Μόλις οι στροφές της ελαττωθούν επαρκώς, ανοίγουμε τον πεπιεσμένο αέρα για το ανάποδα και εκτελούμε το χειρισμό της αναποδίσεως, με τον οποίο θα ενεργοποιηθούν τα έκκεντρα του ανάποδα και τα έκκεντρα των βαλβίδων της προκινήσεως.

Με αυτόν τον τρόπο ο πεπιεσμένος αέρας θα εισέλθει σε όσους κυλίνδρους έχουν προκίνηση διαδοχικά και πρώτα θα σταματήσει προοδευτικά τη μηχανή και στη συνέχεια θα αναστρέψει τη φορά περιστροφής της.

Μόλις η μηχανή κινήσει ανάποδα από τον πεπιεσμένο αέρα, ανοίγουμε την παροχή του πετρελαίου, οπότε η μηχανή συνεχίζει να κινείται ανάποδα, ενώ γρήγορα κλείνουμε την παροχή του πεπιεσμένου αέρα. Με το χειριστήριο μοχλό δίνουμε ύστερα στη μηχανή μας την αναγκαία ποσότητα πετρελαίου για να αναπτύξει την επιθυμητή ιπποδύναμη.

Οι αντίστοιχοι χειρισμοί γίνονται, όταν θέλουμε από την κίνηση στο «ανάποδα» να θέσουμε τη μηχανή μας στην κίνηση του «πρόσω».

### 12.3.4 Επιτόπιος χειρισμός – Αυτόματος έλεγχος.

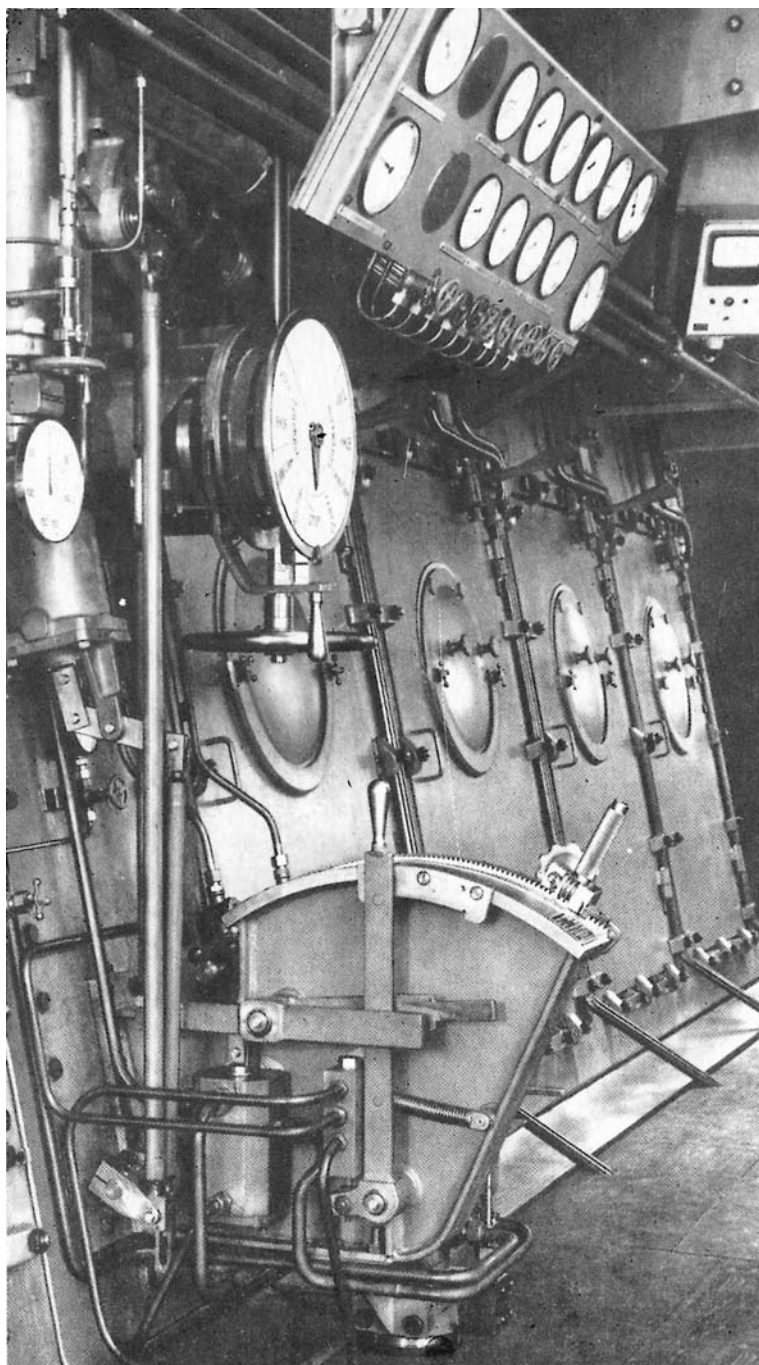


Σχ. 12.3γ.

#### 1. Επιτόπιος χειρισμός.

Το σχήμα 12.3δ παριστάνει τα όργανα και τους μηχανισμούς επιτόπιου χειρισμού, δηλαδή από το δάπεδο του μηχανοστασίου μιας μηχανής Sulzer ναυτικού τύπου. Διακρίνουμε τα όργανα ενδειξεων, θλιβόμετρα, θερμομέτρα, τον τηλεγράφο μεταβιβάσεως των εντολών για τις διάφορες κινήσεις της μηχανής, το στροφόμετρο, το μοχλό εκκινήσεως - αναποδίσεως με αέρα και το χειριστήριο του πετρελαίου με το οποίο επενεργούμε στους καυστήρες. Αυτό φέρει και κοχλία μικρομετρικής ρυθμίσεως των στροφών, δηλαδή του εκάστοτε φορτίου της μηχανής.

Η ρύθμιση των στροφών ή του φορτίου γίνεται στις περισσότερες μηχανές μέσω φυγοκεντρικού ρυθμιστή (παρόμοιου με αυτούς που περιγράφονται για τους στροβίλους βιβλίο Κινητήριες Μηχανές Ι, παράγρ. 31.2) μηχανικού ή ελαοδυναμικού τύπου. Ο ρυθμιστής δέχεται



Σχ. 12.35.

την εντολή απευθείας από το χειριστή της μηχανής ή μέσω του κατωτέρω περιγραφόμενου συστήματος αυτομάτου ελέγχου.

## 2. Ο αυτόματος έλεγχος.

Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις εφαρμόζεται ο αυτόματος έλεγχος χειρισμού των μηχανών από ιδιαίτερο θάλαμο κοντά στην εγκατάσταση. Ο θάλαμος αυτός λέγεται **θάλαμος ελέγχου μηχανοστασίου**.

Ο θάλαμος έχει οπτικό έλεγχο του μηχανοστασίου μέσα από κατάλληλα υαλοστάσια (τζαμαρίες). Σε ορισμένες περιπτώσεις η οπτική παρακολούθηση γίνεται με κλειστό τηλεοπτικό κύκλωμα.

Περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα ειδικά **αναλόγια** που λέγονται «κονσόλες», επάνω στα οποία υπάρχουν τα διάφορα όργανα ενδείξεων της λειτουργίας του μηχανοστασίου, απομιμητικό διάγραμμα της ελεγχόμενης εγκαταστάσεως με τη μορφή σκαριφήματος, ηλεκτρικούς λαμπτήρες ενδείξεων, μικρόφωνα συνεννοήσεως και κουμπιά ή μοχλούς με τους οποίους μεταδίδεται η κατάλληλη εντολή στη μηχανή. Η μετάδοση αυτή γίνεται με σύστημα πιεσιμένου αέρα ή υδραυλικού ή ηλεκτρικού ή τέλος και ηλεκτρονικού.

Στο σχήμα 12.3ε φαίνεται μια κονσόλα ενός θαλάμου ελέγχου μηχανοστασίου μηχανής τύπου M.A.N.

Σε μια εγκατάσταση **ηλεκτροπαραγωγής** το αυτόματο σύστημα ελέγχει τα εξής:

- Εκκίνηση και κράτηση της ηλεκτρομηχανής ανάλογα με το φορτίο.
- Παράλληλισμό και σύνδεση με άλλη ηλεκτρομηχανή.
- Κατανομή φορτίου.
- Διατήρηση της συχνότητας και της τάσεως του ρεύματος.
- Προστασία από βλάβες.
- Αποσύνδεση των μη αναγκαίων φορτίων σε περίπτωση ανωμαλίας και επανασύνδεσή τους.

Σε μια **μηχανή Diesel αναστροφόμενη** το αυτόματο σύστημα ελέγχει:

- Το χειρισμό της φοράς περιστροφής του άξονα.
- Το χειριστήριο παροχής αέρα εκκινήσεως.
- Το χειριστήριο παροχής πετρελαίου προς τη μηχανή.
- Το ρυθμιστή σταθερού αριθμού στροφών.
- Το ιξώδες του πετρελαίου και το σχηματισμό ομίχλης ή ατμών λαδιού στο στροφαλοθάλαμο που δεν πρέπει να ξεπεράσει ορισμένα όρια, επειδή υπάρχει κίνδυνος εκρήξεων.

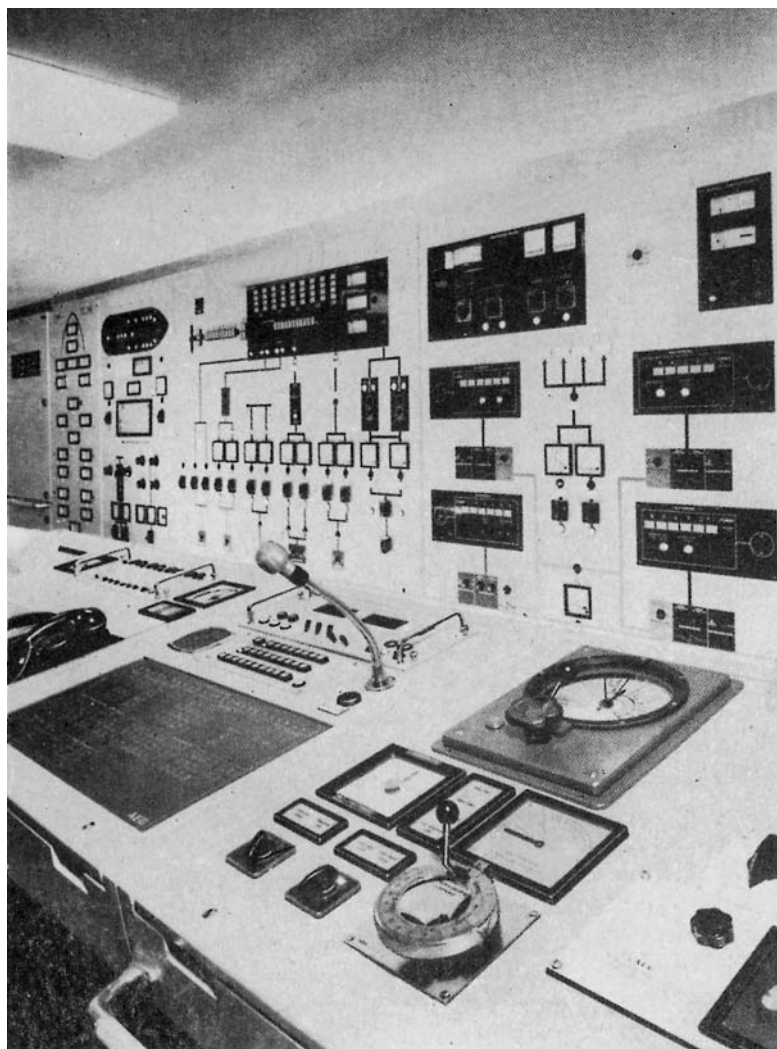
Σε μια μηχανή **Diesel με αναστροφήα**.

Ο έλεγχος σε αυτήν αφορά το χειρισμό του **συμπλέκτη - αναστροφέα** δεδομένου ότι η μηχανή στρέφεται πάντοτε με την ίδια φορά.

Και στην περίπτωση της μηχανής με αναστροφήα ελέγχονται επίσης ο αέρας εκκινήσεως, το πετρέλαιο, ο αριθμός των στροφών, το ιξώδες και η ατμόσφαιρα του στροφαλοθαλάμου.

Ιδιαίτερα το αυτόματο σύστημα στα πλοία δεν επιτρέπει τη σύνδεση του άξονα της μηχανής με τον ελικοφόρο αν η ταχύτητα περιστροφής του άξονα της μηχανής δεν συγχρονισθεί με την ταχύτητα περιστροφής που έχει ο ελικοφόρος κατά την αντίθετη φορά λόγω κεκτημένης ταχύτητας του πλοίου.





Σχ. 12.3ε.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

### ΑΕΡΙΟΜΗΧΑΝΕΣ

Οι αεριομηχανές, όπως είναι γνωστό, ανήκουν στην κατηγορία των μηχανών Otto. Εργάζονται με τον ίδιο τρόπο που εργάζονται οι βενζινομηχανές και είναι τις πιο πολλές φορές τετράχρονες οριζόντιες και έχουν την ίδια περίπου κατασκευή και διάταξη με αυτές.

Η βασική διαφορά τους από τις βενζινομηχανές είναι ότι, αντί να καίνε μίγμα βενζίνης - αέρα, καίνε μίγμα από καύσιμο αέριο και ατμοσφαιρικό αέρα.

Το καύσιμο αέριο των αεριομηχανών είναι διαφόρου προελεύσεως, π.χ. **αέριο υψικαμίνων** στις μεταλλουργικές βιομηχανίες, **φυσικό αέριο** που εκλύεται σε πολλά μέρη της επιφάνειας της γης, ή αέριο που παράγεται από ειδικές συσκευές που ονομάζονται **αεριογόνα** κλπ. Στις αεριομηχανές χρησιμοποιούνται οι γνωστοί μας εξαιρεωτές με ελαφρές τροποποιήσεις. Σνηθεότερα όμως χρησιμοποιείται μια βαλβίδα η οποία λέγεται **βαλβίδα αναμίξεως**, της οποίας έργο είναι η ανάμιξη του αέρα και του καυσίμου αερίου, καθώς αυτά εισέρχονται μέσα στον κύλινδρο από διαφορετικό το καθένα οχετό. Η βαλβίδα αναμίξεως είναι κατά τα λοιπά και βαλβίδα εισαγωγής της αεριομηχανής.

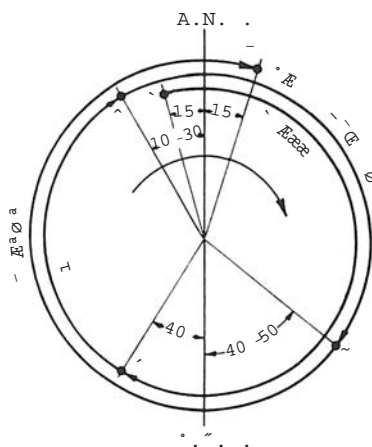
Η βαλβίδα αυτή αποτελεί ουσιώδες εξάρτημα της αεριομηχανής. Πρέπει δηλαδή και να επιτρέπει την είσοδο στον κύλινδρο και ταυτόχρονα την ανάμιξη του καυσίμου αερίου και του αέρα στην πρέπουσα αναλογία, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα της καύσεως, και να παρεμποδίζει την εισχώρηση του αέρα στη σωλήνωση του αερίου, γιατί σε αντίθετη περίπτωση, θα δημιουργείται κίνδυνος εκρήξεως.

Η πρώτη από τις δύο αυτές προϋποθέσεις εξασφαλίζεται με κατάλληλη εκλογή των διατομών του αέρα και του αερίου και με την κατάλληλη ρύθμιση της πίεσεως με την οποία παρέχονται στη μηχανή κατά τη λειτουργία της. Η δεύτερη με κατάλληλη διάταξη, με την οποία ανοίγει πρώτα η δίοδος του αέρα προς τον κύλινδρο και αποκαθίσταται το ρεύμα ροής του αέρα προς αυτόν και στη συνέχεια η δίοδος του αερίου.

Η βαλβίδα αναμίξεως και εισαγωγής του μίγματος στον κύλινδρο ανοίγει 15° πριν από το Α.Ν.Σ. και κλείνει 40° περίπου μετά το Κ.Ν.Σ. Στον επόμενο χρόνο το μίγμα συμπιέζεται σε 15-20 περίπου bar, οπότε στις 10° - 30° πριν από το Α.Ν.Σ. δίνεται ο ηλεκτρικός σπινθήρας, όπως και στις βενζινομηχανές, γίνεται η καύση του μίγματος και αναπτύσσεται πίεση 30 περίπου bar ή και περισσότερο.

Ακολουθεί ο κινητήριος χρόνος, δηλαδή η εκτόνωση των αερίων, οπότε 40° - 50° πριν από το Κ.Ν.Σ. ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής και τα αέρια αρχίζουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα σε όλο τον επόμενο χρόνο της εξαγωγής, μέχρι να κλείσει η βαλβίδα εξαγωγής, 15° περίπου μετά το Α.Ν.Σ.

Η παραπάνω ρύθμιση της αεριομηχανής παριστάνεται στο σπειροειδές διάγραμμά της (σχ. 13.1) όπου βλέπομε τις φάσεις λειτουργίας της ως εξής:



Σχ. 13.1.

Τόξο (ΑΒ): **αναρρόφηση.**

Τόξο (ΒΓ): **συμπίεση.**

Τόξο (ΓΔ): **καύση - εκτόνωση.**

Τόξο (ΔΕ): **εξαγωγή.**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΜΗΧΑΝΕΣ SEMI - DIESEL

#### 14.1 Γενικά.

Οι μηχανές Semi - Diesel λειτουργούν με βάση το σύστημα μικτής λειτουργίας Otto - Diesel. Χρησιμοποιούν ως καύσιμο πετρέλαιο Diesel και μερικές φορές βαρύτερο από αυτό.

Πειραματικά έχει εξακριβωθεί ότι σ' αυτές η καύση του πετρελαίου γίνεται κατά τα 4/10 περίπου υπό μορφή που πλησιάζει την ισόογκη αλλαγή και κατά τα 6/10 υπό μορφή παραπλήσια με την ισόθλιπτη.

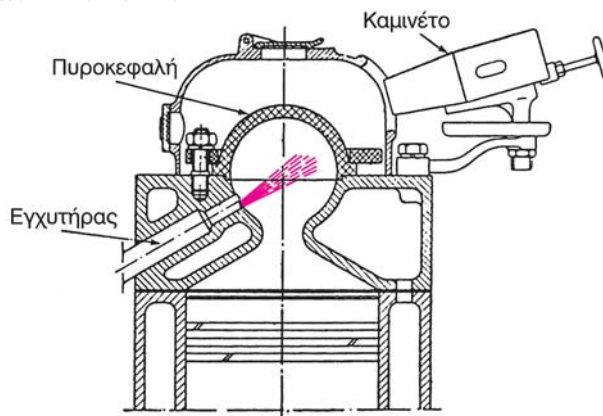
Οι μηχανές Semi - Diesel αναρροφούν πάντοτε καθαρό αέρα κατά το σύστημα των μηχανών Diesel και τον συμπιέζουν κατά μέσο όρο σε πίεση 16 ως 20 bar στην οποία αντιστοιχεί θερμοκρασία 350°C περίπου. Η θερμοκρασία αυτή όμως δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει την ανάφλεξη του πετρελαίου, όπως γίνεται στις μηχανές Diesel, όπου η πίεση φθάνει στο ελάχιστο τα 35 bar και η θερμοκρασία τους 600°C περίπου. Για το λόγο αυτό η ανάφλεξη πραγματοποιείται κατά το σύστημα Otto με εξωτερική βοήθεια, δηλαδή με την **πυρόσφαιρα** ή **πυροκεφαλή**, ή με **προθάλαμο καύσεως**.

Οι μηχανές αυτές σπάνια χρησιμοποιούνται σήμερα.

#### 14.2 Μηχανή με πυρόσφαιρα ή πυροκεφαλή.

Η πυροκεφαλή (σχ. 14.2) είναι ειδικό πρόσθετο τμήμα, το οποίο τοποθετείται στο πόμα του κυλίνδρου.

Όταν η μηχανή πρόκειται να τεθεί σε λειτουργία, θερμαίνουμε την πυροκεφαλή με ένα «καμινέττο», μέχρι να ερυθροπυρωθεί.



Σχ. 14.2.

Ο εγχυτήρας του πετρελαίου είναι τοποθετημένος με τρόπο, ώστε να εκτοξεύει το πετρέλαιο επάνω στην πυροκεφαλή. Έτσι, όταν η πυρόσφαιρα πυρακτωθεί και η μηχανή

στραφεί απότομα με επαρκή ταχύτητα, ώστε να κάνει καλή συμπίεση, το καύσιμο, που εκτοξεύεται από τον καυστήρα, αναφλέγεται και η μηχανή εκκινεί.

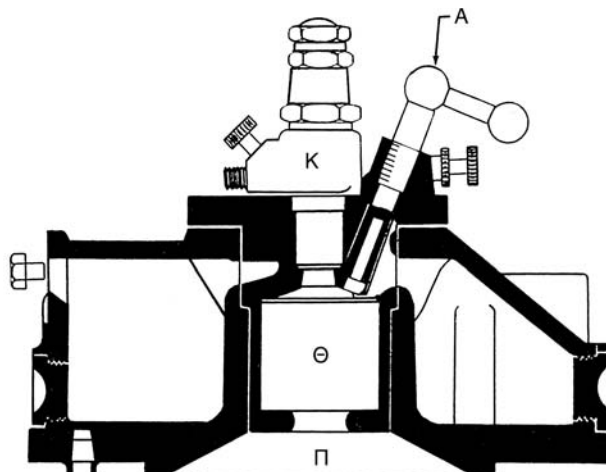
Όταν η μηχανή εκκινήσει και αρχίσει να λειτουργεί, τότε η θερμοκρασία της πυρόσφαιρας διατηρείται υψηλή λόγω των διαδοχικών καύσεων και δεν υπάρχει πια ανάγκη «καμινέττου», το οποίο και αφαιρείται.

Στα υπόλοιπα μέρη της η όλη μηχανή έχει τα ίδια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και την ίδια διάταξη με τις γνωστές μας πετρελαιομηχανές Diesel.

### 14.3 Μηχανή με προθάλαμο καύσεως.

Στις μηχανές αυτές η συμπίεση γίνεται πάλι σε 10 ως 11 bar περίπου και το καύσιμο αναφλέγεται με τη βοήθεια του λεγόμενου **προθαλάμου καύσεως**, ο οποίος φαίνεται στο σχήμα 14.3.

Ο προθάλαμος καύσεως τοποθετείται στο πώμα της μηχανής και βρίσκεται σε επικοινωνία με το χώρο της συμπίεσεως του κυλίνδρου. Το πετρέλαιο εκτοξεύεται από τον καυστήρα Κ μέσα



Σχ. 14.3.

στον προθάλαμο Θ, ο οποίος βρίσκεται σε επικοινωνία με το θάλαμο συμπίεσεως - καύσεως του κυλίνδρου Π.

Όταν η μηχανή βρίσκεται σε λειτουργία, ο προθάλαμος καύσεως διατηρείται σε υψηλή θερμοκρασία από τις αλληπάλληλες καύσεις του καυσίμου. Το καύσιμο μπαίνει μέσα στον προθάλαμο καύσεως, θερμαίνεται και καίγεται κατά ένα μόνο μέρος. Τα καυσαέρια, που δημιουργούνται από τη μερική αυτή καύση, μαζί με το άκαυστο πετρέλαιο εισέρχονται μέσα στο χώρο συμπίεσεως του κυλίνδρου όπου συμπληρώνεται η καύση του καυσίμου.

Όταν η μηχανή είναι κρύα και πρόκειται να τεθεί σε λειτουργία, επειδή ο προθάλαμος καύσεως είναι επίσης ψυχρός, για να επιτύχουμε τις πρώτες αναφλέξεις, χρησιμοποιούμε τη βοηθητική πυροδοτική συσκευή Α, δηλαδή **φυσίγγια αναφλέξεως** ή **μεταλλικούς πυροδότες** ή ακόμη και **ηλεκτρική αντίσταση**.

## ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

#### ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΙ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

##### 15.1 Οι απώλειες και οι βαθμοί αποδόσεως.

Απόδοση ή βαθμός αποδόσεως μιας Μ.Ε.Κ. ονομάζεται ο λόγος της ενέργειας ή του έργου, που παραλαμβάνομε από αυτήν, προς την ενέργεια ή το έργο το οποίο της χορηγούμε. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ότι και τα δύο μετρούνται με τις **ίδιες μονάδες** ή έργου ή θερμότητας. Το έργο που παίρνομε είναι πάντοτε μικρότερο από το έργο που δίνομε και αυτό οφείλεται στις διάφορες απώλειες της μηχανής, γι' αυτό και η απόδοση είναι πάντοτε αριθμός μικρότερος από τη μονάδα. Παρακάτω θα εξετάσουμε πρώτα τις απώλειες και στη συνέχεια τους διάφορους βαθμούς αποδόσεως των Μ.Ε.Κ.

##### 15.2 Οι απώλειες στις Μ.Ε.Κ.

###### α) Απώλειες θεωρητικής λειτουργίας.

Αυτές καθορίζονται από το Β' Θερμοδυναμικό Νόμο ο οποίος ορίζει ότι εξαρτώνται από τη μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την καύση μέσα στον κύλινδρο και την ελάχιστη με την οποία απάγεται η θερμότητα των καυσαερίων από αυτόν. Οι απώλειες αυτές υπάρχουν έστω και αν η μηχανή δεν παρουσιάζει απώλειες στην πραγματική λειτουργία της.

###### β) Απώλειες λόγω καυσαερίων.

Αυτές αντιπροσωπεύουν τη θερμότητα που απάγεται προς την ατμόσφαιρα από τα καυσαέρια, τα οποία εξέρχονται από τη μηχανή με θερμοκρασία 350° - 450° C περίπου και κυμαίνονται:

- Για κινητήρες Diesel σε 30% περίπου.
- Για κινητήρες Otto σε 35% περίπου.

Σ' αυτές περιλαμβάνονται και οι απώλειες λόγω ατελούς καύσεως που οφείλονται σε ατελή στροβιλισμό του αέρα, ατελή ψέκαση του καυσίμου κλπ. από τις οποίες η καύση αποβαίνει ατελής με αποτέλεσμα μέρος του καυσίμου να παραμένει άκαυστο και πρόσθετες θερμίδες να εξέρχονται με τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα.

Οι απώλειες των τετραχρόνων κινητήρων είναι μικρότερες από αυτές των διχρόνων.

###### γ) Απώλειες λόγω ψύξεως και λιπάνσεως.

Αντιπροσωπεύουν τη θερμότητα, την οποία απάγει το ψυκτικό νερό, που εγκαταλείπει τη μηχανή με θερμοκρασία 80° - 90° C περίπου, και αντίστοιχα το λιπαντικό λάδι και κυμαίνονται:

- Για κινητήρες Diesel και Otto σε 20% - 25% περίπου.

Οι απώλειες των τετραχρόνων κινητήρων είναι επίσης μικρότερες από τις απώλειες των διχρόνων.

#### δ) Απώλειες λόγω ακτινοβολίας.

Οφείλονται στην ακτινοβολία της μηχανής προς το περιβάλλον και κυμαίνονται:

- Για κινητήρες Diesel σε 10% περίπου.
- Για κινητήρες Otto σε 15% περίπου,

και είναι επίσης στους τετράχρονους κινητήρες λίγο μικρότερες.

#### ε) Απώλειες λόγω τριβών και κινήσεως των βοηθητικών μηχανημάτων.

Οφείλονται στις τριβές του μηχανισμού και στο έργο που απορροφάται για την κίνηση των βοηθητικών μηχανημάτων, και κυμαίνονται:

- Για τετράχρονους κινητήρες Otto ή Diesel σε 3% - 4% περίπου.
- Για δίχρονους κινητήρες Otto ή Diesel σε 4% - 6% περίπου.

Τα παραπάνω ποσοστά για κάθε μια απώλεια μετρούνται με βάση τη θερμοαντική ικανότητα του καυσίμου το οποίο χρησιμοποιούμε στη μηχανή μας.

Οι απώλειες που αναφέραμε εδώ χαρακτηρίζουν και τους διάφορους βαθμούς αποδόσεως των Μ.Ε.Κ. ως κατωτέρω:

### 15.3 Βαθμοί αποδόσεως των Μ.Ε.Κ.

#### α) Θεωρητικός ή θερμικός βαθμός αποδόσεως $\eta_{\theta}$ .

Αυτός παριστάνει το λόγο του έργου που λαμβάνομε από τον κύλινδρο θεωρητικά, δηλαδή του έργου που αντιπροσωπεύει το διάγραμμα της θεωρητικής λειτουργίας κάθε τύπου μηχανής διά του έργου που του χορηγούμε εμείς με τις θερμίδες που περιέχει το καύσιμο. Και για τα δύο παραπάνω ποσά η μέτρηση ανάγεται σε ένα πλήρες κύκλωμα λειτουργίας. Τους θεωρητικούς ή θερμικούς βαθμούς αποδόσεως του κάθε κυκλώματος έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 1.8.

Στο σχήμα 1.9β έχουμε δώσει συγκριτικά με καμπύλες παράσταση των θερμικών βαθμών αποδόσεως των τριών κυκλωμάτων Otto, Diesel και Sabathè.

#### β) Ενδεικτικός βαθμός αποδόσεως $\eta_{\epsilon}$ .

Αυτός παριστάνει το λόγο του έργου που λαμβάνομε από τον κύλινδρο επάνω στο έμβολο (το οποίο λέγεται και **εσωτερικό** ή **ενδεικτικό** έργο), και παριστάνεται από το εμβαδόν του δυναμοδεικτικού διαγράμματος προς το έργο, που του χορηγούμε εμείς, με τις θερμίδες που περιέχει το καύσιμο. Ο βαθμός αυτός είναι επίσης μικρότερος από τη μονάδα. Η διαφορά του οφείλεται στις απώλειες θερμίδων λόγω καυσαερίων, ψύξεως, λιπάνσεως και ακτινοβολίας.

#### γ) Μηχανικός βαθμός αποδόσεως $\eta_{\mu}$ .

Αυτός παριστάνει το λόγο του έργου, που παίρνομε στον **άξονα** της μηχανής, προς το έργο που δίδει ο κύλινδρος (δηλαδή προς το εσωτερικό ή ενδεικτικό έργο, που αναφέραμε προηγουμένως). Και αυτός είναι μικρότερος από τη μονάδα και η διαφορά του από αυτή οφείλεται στο έργο που χάνεται λόγω τριβών και λόγω της κινήσεως των βοηθητικών μηχανημάτων, αντλίας πετρελαίου, αντλίας ψύξεως, αντλίας λιπάνσεως, αντλίας αποπλύσεως, ρυθμιστή στροφών κλπ.

### δ) Συνολικός ή ωφέλιμος βαθμός αποδόσεως $\eta_o$ .

Αυτός παριστάνει το λόγο του έργου, που λαμβάνομε στον άξονα της μηχανής, προς την ενέργεια που αντιπροσωπεύουν οι θερμίδες του καυσίμου που χορηγείται. Αυτός καλείται και **συνολικός βαθμός αποδόσεως** και προκύπτει ως γινόμενο των δύο άλλων:

$$\eta_o = \eta_i \times \eta_{\mu}$$

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται συγκριτικώς οι βαθμοί αποδόσεως των διαφόρων τύπων Μ.Ε.Κ.

Εκτός από τους παραπάνω βαθμούς αποδόσεως που ενδιαφέρουν την ισχύ της μηχανής, χρησιμοποιούνται επίσης και ορισμένοι άλλοι που αφορούν στη λειτουργία της.

Αυτοί είναι:

α) Ο **ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως  $\eta_v$** . Αυτός παριστάνει το λόγο του πραγματικά εισαγόμενου ανά κύκλωμα όγκου αέρα προς τον από το έμβολο **απογεννώμενο** όγκο. Κυμαίνεται από 0,85 ως 0,95. Η διαφορά μεταξύ των δύο παραπάνω όγκων οφείλεται στις απώλειες κατά τη δίοδο του αέρα από τις θυρίδες και βαλβίδες, στην ταχύτητα του εμβόλου κλπ.

β )

Τύπος Μηχανής	$\eta_i$ %	$\eta_{\mu}$ %	$\eta_o$ %
2χρονη Diesel	35 – 45	90	30 – 42
4χρονη Diesel με υψηλή υπερπλήρωση	35 – 50	92 – 95	35 – 45
Semi Diesel	27 – 33	75	20 – 25
Βενζινομηχανές	25 – 37	80	20 – 30
Αεριομηχανές	26 – 38	85	22 – 32

**Βαθμός ποιότητας της καύσεως  $\eta_k$**  που εκφράζει το ποσοστό του καυσίμου που καίγεται τελικά σε σχέση με αυτό που μπήκε στον κύλινδρο.

γ) Ο **βαθμός σαρώσεως  $\eta_s$** , δηλαδή η σχέση του ανά κύκλωμα εισαγόμενου όγκου αέρα σαρώσεως ο οποίος ανάγεται σε ατμοσφαιρική πίεση, προς τον απογεννώμενο από το έμβολο όγκο. Αφορά τις δίχρονες μηχανές.

δ) Ο **βαθμός υπερπληρώσεως  $\eta_z$**  ανάλογος προς το βαθμό σαρώσεως και αφορά δίχρονες και τετράχρονες μηχανές με υπερπλήρωση.

### 15.4 Μέθοδοι αυξήσεως του βαθμού αποδόσεως.

Για να αυξήσουμε την απόδοση των μηχανών, καταβάλλομε προσπάθεια να ελαττώσουμε τις αντίστοιχες απώλειες, ως εξής:

α) Με καλή **ψέκαση** του πετρελαίου και χορηγία της ακριβούς κατά το δυνατό ποσότητας του αναγκαίου καυσιγόνου **αέρα**, ώστε η καύση να γίνεται **τέλεια** μέσα στον κύλινδρο και **να μη απάγονται καύσιμα συστατικά** μαζί με τα καυσαέρια προς την ατμόσφαιρα.

β) Χρησιμοποιούμε επωφελώς την ενέργεια ή θερμότητα, που περιέχουν τα καυσαέρια, για άλλες επωφελείς χρήσεις στη μηχανή ή μέσα στην εγκατάσταση. Γι' αυτό σε μεγάλες μηχανές η **κίνηση του στροβιλοσυμπιεστή της υπερπληρώσεως γίνεται με την ενέργεια των καυσαερίων**, ενώ σε πολλές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται τα καυσαέρια σε **βοηθητικούς λέβητες** για την παραγωγή ατμού.

γ) Χρησιμοποιούμε τη θερμότητα, που περιέχει το **νερό της ψύξεως**, π.χ. για την



**τροφοδότηση λεβήτων, θέρμανση** κλπ. Η μέθοδος αυτή όμως έχει μικρή εφαρμογή λόγω λειτουργικών δυσχερειών και δυσχερειών σχετικών με τη συντήρηση της μηχανής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

### Ο ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ Ή ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ - ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ - ΜΕΣΗ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΕΚΤΥΛΙΓΜΕΝΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

#### 16.1 Ο δυναμοδείκτης και η λήψη του διαγράμματος.

Ο **δυναμοδείκτης** είναι όργανο με το οποίο λαμβάνομε το **δυναμοδεικτικό ή ενδεικτικό διάγραμμα** του κυλίνδρου. Αυτό παριστάνει την πραγματική λειτουργία της μηχανής για τη **στιγμή κατά την οποία το χαράζει ο δυναμοδείκτης**.

Η λειτουργία του δυναμοδείκτη βασίζεται στο συνδυασμό δύο κινήσεων: Της παλινδρομικής του εμβόλου, η οποία στην πραγματικότητα παρέχεται από τη γωνιακή κίνηση μεταξύ δύο ακραίων ορίων του τυμπάνου του δυναμοδείκτη, επάνω στο οποίο έχει προσαρμοσθεί κατάλληλο χαρτί και της παλινδρομικής κίνησης μιας γραφίδας, της οποίας η μετακίνηση καθ' ύψος είναι ανάλογη με την πίεση που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο της μηχανής για κάθε θέση του εμβόλου. Η σχέση της μετακίνησης της γραφίδας ως προς την πίεση του κυλίνδρου προκύπτει από την ένταση (δηλαδή την κλίμακα) ενός ελατηρίου, το οποίο παρεμβάλλεται στην κίνησή της.

Ο συνδυασμός των δύο αυτών κινήσεων μας δίνει μια κλειστή καμπύλη, δηλαδή το δυναμοδεικτικό διάγραμμα, το οποίο λαμβάνομε, όταν πιέσουμε με το χέρι τη γραφίδα πάνω στο χαρτί του τυμπάνου του δυναμοδείκτη.

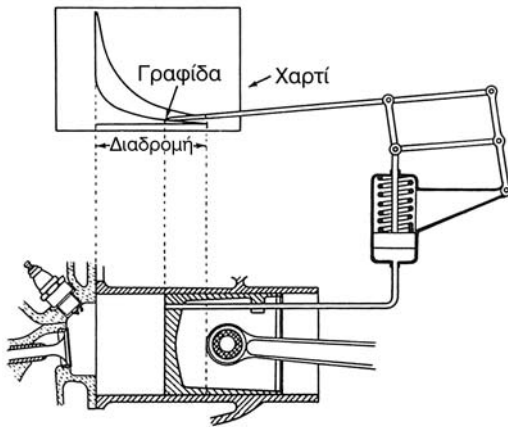
Το σχήμα 16.1α παριστάνει συμβολικά τη μέθοδο λήψης του δυναμοδεικτικού διαγράμματος.

Το χαρτί πάνω στο οποίο θα χαραχθεί το διάγραμμα, μετακινείται εναλλάξ από τη μια άκρη της διαδρομής στην άλλη και αντιθέτως. Στην πραγματικότητα περιτυλίσσεται στο τύμπανο του δυναμοδείκτη, το οποίο εκτελεί εναλλασσόμενη γωνιακή ή περιστροφική κίνηση μεταξύ δύο ακραίων ορίων, που προσδιορίζουν τη διαδρομή του εμβόλου υπό κλίμακα ή και τον από το έμβολο απογεννώμενο όγκο πάλι υπό κλίμακα.

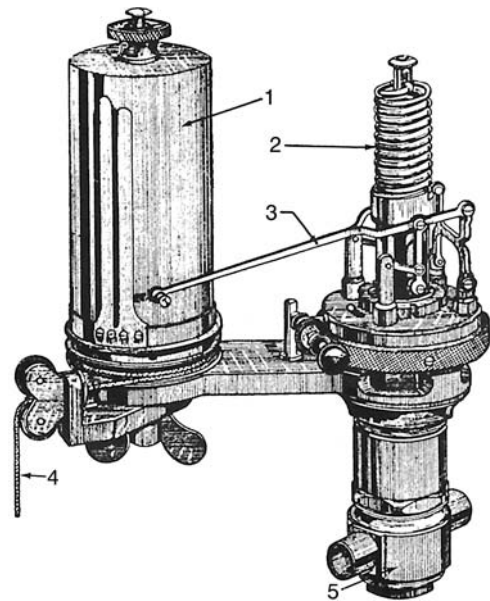
Η κίνηση μεταδίδεται στο τύμπανο μέσω μοχλών και ιμάντα ή κορδονίου από ένα σημείο του σταυρού ή ζυγώματος το οποίο σημείο παλινδρομεί. Η γραφίδα εξ άλλου κινείται ανάλογα με την πίεση του κυλίνδρου μέσω μοχλών και συστήματος εμβολίσκου με αναστατικό ελατήριο (σχ. 16.1α).

Ένας συνηθισμένος τύπος δυναμοδείκτη (του James Watt) είναι αυτός που εικονίζεται στο σχήμα 16.1β. Αποτελείται από: 1) Το τύμπανο, 2) το ελατήριο, 3) το μοχλό με τη γραφίδα, 4) τον ιμάντα ή κορδόνι κινήσεως του τυμπάνου και 5) το σύνδεσμο, με τον οποίο το όργανο προσαρμόζεται στο πώμα του κυλίνδρου της μηχανής πάνω στο δυναμοδεικτικό κρούνο του κυλίνδρου.

Εκτός από τον παραπάνω δυναμοδείκτη χρησιμοποιούνται πολλοί άλλοι νεότεροι τύποι, ιδίως κατά τις δοκιμές των μηχανών στα εργοστάσια, όπως οι δυναμοδείκτες Farnboro, για



Σχ. 16.1α.



Σχ. 16.1β.

ταχύστροφους κινητήρες, ηλεκτρικοί δυναμοδείκτες με παλμογράφο καθοδικών ακτίνων ή με πιεζοηλεκτρικό στοιχείο κλπ. Αυτοί δίνουν καλύτερες και συνεχείς εικόνες του διαγράμματος της ενδεικτικής λειτουργίας της μηχανής.

Δυναμοδεικτικά διαγράμματα λαμβάνονται συνήθως στις μεγάλες πετρελαιομηχανές, ενώ στις μικρές ταχύστροφες και τις βενζινομηχανές είναι συνήθως αρκετό να λαμβάνεται η πίεση συμπίεσης και η μέγιστη πίεση κατά την καύση με ειδικό όργανο, που ονομάζεται **ενδείκτης μέγιστης πίεσης**. Τα στοιχεία που λαμβάνονται είναι επαρκή, για να δώσουν ικανοποιητική εικόνα της εσωτερικής καταστάσεως του κυλίνδρου από την πλευρά στεγανότητας ελατηρίων, βαλβίδων κλπ., καθώς επίσης και την ποιότητα καύσεως, δηλαδή την καλή λειτουργία του.

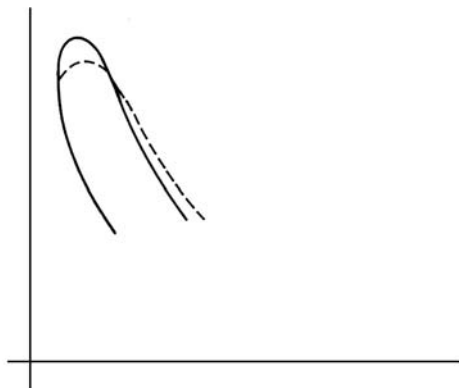
## 16.2 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η χρησιμότητά του.

Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα μας χρησιμεύει για να συγκρίνομε αυτό με το γνωστό μας διάγραμμα της ιδανικής πραγματικής λειτουργίας της μηχανής, να συνάγομε από τη σύγκριση χρήσιμα συμπεράσματα, όσον αφορά τη λειτουργία και τη ρύθμιση της μηχανής μας και να επεμβαίνομε αναλόγως.

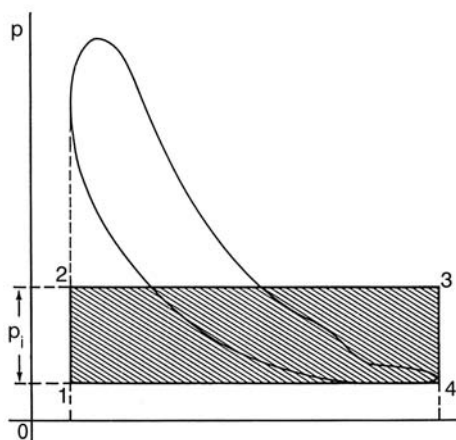
### α) Διάγνωση ανωμαλιών λειτουργίας από το δυναμοδεικτικό διάγραμμα.

Στο σχήμα 16.2α έχομε π.χ. ένα τμήμα ενός πραγματικού διαγράμματος με πλήρη γραμμή και του δυναμοδεικτικού με εστιγμένη. Από τη διαφορά τους καταλαβαίνομε ότι υπάρχουν σφάλματα στη λειτουργία του κυλίνδρου στην περίπτωση αυτή, δηλαδή μη κανονική έγχυση του καυσίμου, φραγμένες οπές του προστομίου του καυστήρα και τέλος ότι η καύση εξακολουθεί και κατά τη φάση της εκτονώσεως.

Εσφαλμένα διαγράμματα υπάρχουν πολλά και είναι μέσα στις γνώσεις του μηχανικού να μπορεί από αυτά να διακρίνει κάθε φορά την ανωμαλία της μηχανής του.



Σχ. 16.2α.



Σχ. 16.2β.

### β) Μέση ενδεικτική και μέση πραγματική πίεση.

Από την καταμέτρηση του εμβαδού του δυναμοδεικτικού διαγράμματος μπορούμε επίσης να βρούμε και το ενδεικτικό έργο της μηχανής, λαμβάνοντας υπ' όψη την κλίμακα των διαδρομών ή όγκων και την κλίμακα του ελατηρίου.

Η μέτρηση του εμβαδού του διαγράμματος εκτελείται με τις γνωστές από τη γεωμετρία μεθόδους των **τραπεζοειδών**, των **μέσων υψών**, του **Σίμψωνος** (Simpson) ή τέλος με ειδικό όργανο που λέγεται **πλανίμετρο**.

Αν διαιρέσουμε το μετρούμενο εμβαδόν με την ίδια τη διαδρομή ή τον όγκο ( με την ανάλογη κλίμακα πάλι), θα βρούμε ένα ύψος, το οποίο παριστάνει τη λεγόμενη **μέση ενδεικτική πίεση**. Αυτήν (σχ. 16.2β) την παριστάνουμε ως  $p_i$  και είναι η σταθερή εκείνη πίεση, η οποία αν ενεργούσε σε όλη τη διαδρομή του εμβόλου, θα μας έδινε το ίδιο έργο, που μας δίνει τώρα η μεταβλητή μέσα στον κύλινδρο πίεση. Με τη μέση αυτή ενδεικτική πίεση υπολογίζουμε, όπως θα δούμε, την **ενδεικτική ιπποδύναμη** του κυλίνδρου και αθροίζοντας τις επί μέρους ενδεικτικές ιπποδυνάμεις από όλους τους κυλίνδρους, βρίσκουμε τη συνολική **ενδεικτική ιπποδύναμη** της μηχανής μας.

Αν τώρα την  $p_i$  πολλαπλασιάσουμε με το μηχανικό βαθμό αποδόσεως  $\eta_\mu$  βρίσκουμε τη λεγόμενη μέση πραγματική πίεση  $p_e$  η οποία δίνεται ως b.m.e.p. (Brake Mean Effective Pressure) στα εγχειρίδια των κατασκευαστών και αποτελεί το βασικό κατά τύπους μηχανής παράγοντα υπολογισμού της πραγματικής ιπποδυνάμεως.

Οι τιμές των  $p_i$  και  $p_e$  δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Σε μηχανές με υπερπλήρωση οι  $p_i$  και  $p_e$  είναι αντίστοιχα μεγαλύτερες από αυτές των αντιστοίχων μηχανών χωρίς υπερπλήρωση κατά το λεγόμενο ποσοστό υπερπλήρωσης, δηλαδή

την επί πλέον ιπποδύναμη που δίνει η μηχανή με υπερπλήρωση, και το οποίο κυμαίνεται σε 30%

	$p_i$ bar	$p_e$ bar
Βενζινομηχανές με βενζίνη κοινή	7,5 – 8,5	6,5 – 7,5
Βενζινομηχανές με βενζίνη υψηλού αριθμού οκτανίων (Super)	9 – 11	8 – 10
Μηχανές Diesel 4χρονων	8,5 – 11	7 – 10
Μηχανές Diesel 2χρονων	7,5 – 9,5	6,5 – 8,5
Μηχανές Diesel μικτού κυκλώματος	9 – 12	8 – 11

– 50% κ.ο.κ. ανάλογα με τον τύπο της μηχανής.

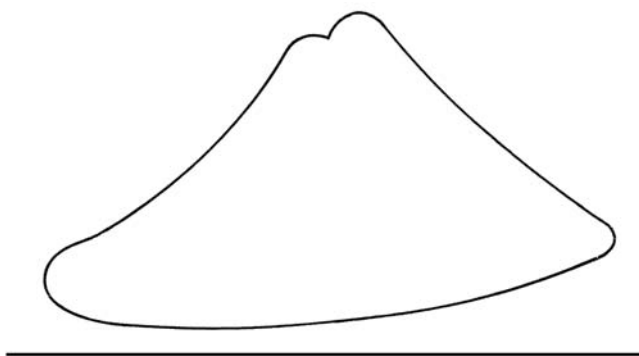
### 16.3 Εκτυλιγμένο διάγραμμα.

Το κανονικό δυναμοδεικτικό διάγραμμα που περιγράψαμε παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι εμφανίζει το πιο ενδιαφέρον μέρος του, δηλαδή την περιοχή της καύσεως, με ανεπαρκή εκτύλιξη.

Αυτό μπορούμε να το αντιμετωπίσουμε αν εξαρμόσουμε το μηχανισμό μεταδόσεως της κινήσεως στο τύμπανο του δυναμοδείκτη και τον αρμόσουμε με προπορεία θέσεως του εμβόλου κατά  $90^\circ$ . Έτσι, επειδή η κίνηση του εμβόλου στο μέσο της διαδρομής είναι περισσότερο γρήγορη από ό,τι είναι στα άκρα, οι μεταβολές της πίεσεως στο Α.Ν.Σ. θα απεικονίζονται στο διάγραμμα με μεγάλες μετακινήσεις του εμβόλου, δηλαδή περισσότερο ανεπτυγμένες ώστε ο δυναμοδείκτης να παρέχει έτσι εκτυλιγμένη καμπύλη κατάλληλη για τη μελέτη των συνθηκών της καύσεως.

Ένα τέτοιο διάγραμμα λέγεται **εκτυλιγμένο** και δίνεται για την περίπτωση μιας δέχρονης μηχανής, π.χ. στο σχήμα 16.3α.

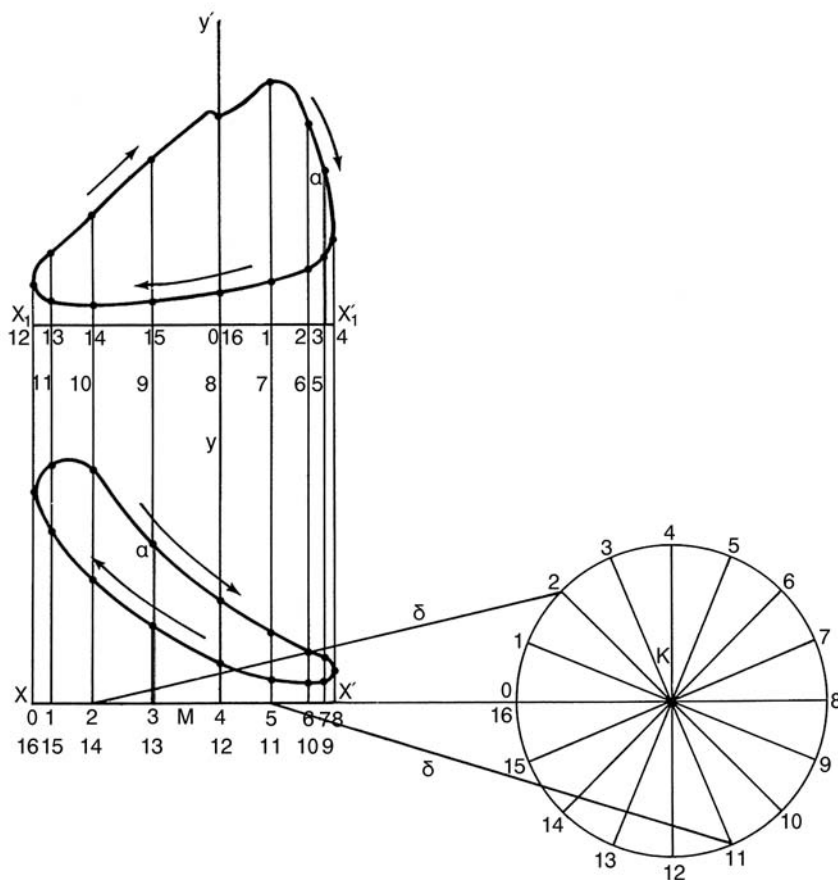
Σε πολλούς δυναμοδείκτες υπάρχει διάταξη η οποία επιτρέπει την εύκολη περιστροφή και σφήνωση του μηχανισμού κινήσεως του τυμπάνου τους με προπορεία  $90^\circ$  για τη λήψη εκτυλιγμένου διαγράμματος.



Σχ. 16.3α.

Αν πάντως αυτό για οποιοδήποτε λόγο δεν είναι εύκολο, μπορούμε από το δυναμοδεικτικό να χαράξουμε το εκτυλιγμένο με τη μέθοδο του σχήματος 16.3β.

Χαράζουμε στην προέκταση της ατμοσφαιρικής γραμμής του δυναμοδεικτικού διαγράμματος τον κύκλο του στροφάλου, δηλαδή με κέντρο  $K$  σε απόσταση από το μέσο της διαδρομής όσο το μήκος του διωστήρα  $\delta$  και με ακτίνα το μισό από τη διαδρομή του εμβόλου,



Σχ. 16.3β.

όλα με την ίδια κλίμακα που έχουμε για το δυναμοδεικτικό διάγραμμα.

Την περιφέρεια του κύκλου διαιρούμε σε 16 ίσα τμήματα και μεταφέρουμε με κέντρα τα σημεία 1, 2, 3... αυτής και ακτίνα το διωστήρα τα σημεία αυτά στην ατμοσφαιρική γραμμή  $XX'$ . Τα σημεία που βρίσκουμε έτσι πάνω στη γραμμή αυτή παριστάνουν τις θέσεις του εμβόλου για τις δυο διαδρομές του. Από αυτά υψώνουμε καθέτους μέχρι να περάσουν την ατμοσφαιρική γραμμή  $X_1 - X_1'$  με βάση την οποία θα χαράξουμε το εκτυλιγμένο διάγραμμα.

Λόγω της προπορείας κατά  $90^\circ$  του εκτυλιγμένου διαγράμματος είναι προφανές ότι το 0 αυτού θα αντιστοιχεί στο 4 του κανονικού. Ο άξονας  $yy'$  αποτελεί επομένως την αρχή της

χαράξεως του εκτυλιγμένου. Τα σημεία 0, 1, 2, 3... κλπ. του εκτυλιγμένου αντιστοιχούν έτσι στα 4, 5, 6, 7... κλπ. του κανονικού. Έτσι βρίσκουμε όλα τα σημεία από 0-16 επάνω στην ατμοσφαιρική γραμμή του εκτυλιγμένου.

Τέλος μεταφέρουμε τις τεταγμένες του δυναμοδεικτικού στο εκτυλιγμένο π.χ. την πίεση 3-α από το δυναμοδεικτικό στην 3-α του εκτυλιγμένου, κάνοντας την ίδια εργασία για όλες τις τεταγμένες. Έτσι προσδιορίζουμε όλα τα αντίστοιχα σημεία 0, 1, 2, 3, 4 κλπ., τα οποία όταν ενωθούν κατάλληλα με καμπύλα τμήματα μας δίνουν το παραπάνω εκτυλιγμένο διάγραμμα.

Με τα εκτυλιγμένα διαγράμματα ευρίσκουμε εκτός άλλων και τη βραδύτητα αυταναφλέξεως του πετρελαίου, όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 8.2.



## ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

#### Η ΙΣΧΥΣ Ή ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

##### 17.1 Η ενδεικτική ιπποδύναμη.

Η **εσωτερική** ή **ενδεικτική** ισχύς που αναπτύσσεται επάνω στο έμβολο μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως, λέγεται και **ενδεικτική** ή **δυναμοδεικτική** ιπποδύναμη, συμβολίζεται με το σύμβολο  $P_1$  ή I.H.P. (Indicated Horse Power) και υπολογίζεται, όπως και στην παλινδρομική ατμομηχανή με βάση τη μέση ενδεικτική πίεση  $p_1$ , που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο που για ευκολία εδώ τη γράφουμε απλά  $p$  τη διαδρομή του εμβόλου  $l$ , την επιφάνεια του εμβόλου  $a$ , η οποία βρίσκεται από τη διάμετρο του  $d$  (ως  $a = \pi \cdot d^2/4$ ) και τον αριθμό  $n$  των στροφών της μηχανής ανά λεπτό.

Στον υπολογισμό αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη αν η μηχανή είναι **δίχρονη** ή **τετράχρονη** και αν είναι **απλής** ή **διπλής ενέργειας**.

Για τον υπολογισμό της I.H.P. μιας Μ.Ε.Κ. εργαζόμαστε ως εξής:

Πολλαπλασιάζουμε την  $p$  με την επιφάνεια του εμβόλου  $a$  και έχουμε τη μέση κινητήρια δύναμη στο έμβολο  $p \cdot a$ . Αυτήν πολλαπλασιάζουμε με τη διαδρομή  $l$  και έχουμε το γινόμενο  $p \cdot a \cdot l$  που παριστάνει το ενδεικτικό έργο σε έναν κινητήριο χρόνο του κυκλώματος της μηχανής. Αν τώρα είναι  $n$  ο αριθμός στροφών της μηχανής στο λεπτό (r.p.m.) τότε ο αριθμός  $z$  των κινητηρίων χρόνων στο 1 sec για κάθε κατηγορία μηχανής θα είναι:

$$\text{Για 4χρονο απλής ενέργειας} \quad z = \frac{n}{60 \times 2} = \frac{n}{120}$$

γιατί ένας κινητήριος χρόνος  $s'$  αυτήν πραγματοποιείται σε 2 πλήρεις στροφές.

$$\text{Για 4χρονο διπλής ενέργειας} \quad z = \frac{n}{60}$$

$$\text{Για 2χρονο απλής ενέργειας} \quad z = \frac{n}{60}$$

και

$$\text{Για 2χρονο διπλής ενέργειας} \quad z = \frac{n}{30}$$

Η δε ενδεικτική ισχύς  $P_1$  θα είναι επομένως:

$$P_1 = p \cdot l \cdot a \cdot z$$

Ανάλογα τώρα με τις **μονάδες** που θα χρησιμοποιήσουμε ακριβώς **όπως κάνομε στην παλινδρομική ατμομηχανή** (παράγρ. 19.6.β' του τόμου Ι) ο τύπος αυτός παίρνει τις μορφές του πίνακα 17.1 ως κατωτέρω.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17.1.**

Κατηγορία Μηχανής	IHP σε PS	$P_i$ σε kW	IHP σε HP
	Μετρικό σύστημα	Διεθνές σύστημα SI	Αγγλικό σύστημα
4χρονος απλής ενέργειας	$\frac{\text{πίση}}{8888}$	$\frac{\text{πίση}}{12000}$	$\frac{\text{πίση}}{66666}$
4χρονος διπλής ενέργειας	$\frac{\text{πίση}}{4444}$	$\frac{\text{πίση}}{6000}$	$\frac{\text{πίση}}{33333}$
2χρονος απλής ενέργειας	$\frac{\text{πίση}}{4444}$	$\frac{\text{πίση}}{6000}$	$\frac{\text{πίση}}{33333}$
2χρονος διπλής ενέργειας	$\frac{\text{πίση}}{2222}$	$\frac{\text{πίση}}{3000}$	$\frac{\text{πίση}}{16666}$

όπου οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι:

- α) Στο μετρικό σύστημα. η πίεση  $p$  σε  $\text{kp/cm}^2$   
η διαδρομή  $l$  σε  $\text{m}$   
η επιφάνεια  $a$  σε  $\text{cm}^2$
- β) Στο διεθνές σύστημα. η πίεση  $p$  σε  $\text{bar}$   
η διαδρομή  $l$  σε  $\text{m}$   
η επιφάνεια  $a$  σε  $\text{cm}^2$
- γ) Στο αγγλικό σύστημα. η πίεση  $p$  σε  $\text{p.s.i}$   
η διαδρομή  $l$  σε  $\text{ft}$   
η επιφάνεια  $a$  σε  $\text{in}^2$

**Σημείωση:** Στις διπλής ενέργειας μηχανές πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη και η ύπαρξη του βάρκρου όπως στις ατμομηχανές (παράγρ. 19.6.β' τόμου Ι) την οποία για ευκολία παραλείπομε εδώ.

## 17.2 Η πραγματική ιπποδύναμη.

Είναι η ιπποδύναμη, που λαμβάνεται στον άξονα της μηχανής και μετρείται με την **πέδη** του **Prony**, με την **υδραυλική πέδη** του **Freud**, με **ηλεκτρική πέδη**, με **στρεψίμετρο** κλπ. όπως γίνεται και για τις ατμομηχανές και τους ατμοστρόβιλους.

Γ' αυτό καλείται και **ισχύς** ή **ιπποδύναμη πέδης** ή **φρένου** και παριστάνεται με το σύμβολο  $P_e$  ή **B.H.P.** (Brake Horse Power). Αυτή υπολογίζεται με τους ίδιους όπως προηγουμένως τύπους 1, 2, 3, 4 αν σ' αυτούς αντί  $p$  τοποθετήσουμε την  $p_e$ .

Την πραγματική ιπποδύναμη υπολογίζομε επίσης και από την ενδεικτική αν γνωρίζομε το μηχανικό βαθμό αποδόσεως  $\eta_\mu$  της μηχανής μας.

Έτσι για όλες τις περιπτώσεις των προηγούμενων τύπων του πίνακα 17.1 ισχύει η γενική σχέση:

$$B.H.P. = \eta_{\mu} I.H.P. \quad (1)$$

$$\text{ή και} \quad P_{\varepsilon} = \eta_{\mu} P_i \quad (2)$$

με τη διαφορά ότι ο μηχανικός βαθμός αποδόσεως  $\eta_{\mu}$  έχει και διαφορετική τιμή για τους διαφορετικούς τύπους μηχανών, όπως άλλωστε δίνεται στον πίνακα της παραγράφου 15.3.

### Εφαρμογή.

Έστω ότι ζητούμε την ενδεικτική και την πραγματική ιπποδύναμη μιας δίχρονης μηχανής Diesel απλής ενέργειας, της οποίας γνωρίζουμε τα εξής στοιχεία:

- Διαδρομή εμβόλου  $l = 0,3 \text{ m}$ .
- Διάμετρο εμβόλου  $d = 20 \text{ cm}$ .
- Αριθμό στροφών  $n = 600 \text{ r.p.m}$ .
- Αριθμό κυλίνδρων  $\nu = 6$ .

Βρίσκουμε πρώτα την επιφάνεια του εμβόλου  $a$  ίση με:

$$d = \pi \frac{d^2}{4}$$

δηλαδή:

$$a = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ cm}^2$$

Εφαρμόζουμε στη συνέχεια τον τύπο, αφού πάρουμε ως μέση ενδεικτική πίεση αυτής  $p = 7 \text{ kp/cm}^2$  περίπου, οπότε θα έχουμε την ιπποδύναμη του ενός κυλίνδρου:

$$I.H.P. = \frac{7 \times 0,3 \times 314 \times 600}{4500} = 88 \text{ PS}$$

ενδεικτική ιπποδύναμη του ενός κυλίνδρου.

Η συνολική ιπποδύναμη της μηχανής θα είναι με μεγάλη προσέγγιση και με την προϋπόθεση ότι όλοι οι κύλινδροι εργάζονται με το ίδιο φορτίο, ίση με το γινόμενο της ιπποδυνάμεως του ενός κυλίνδρου επί τον αριθμό των κυλίνδρων  $\nu$ .

$I.H.P. = 6 \times 88 = 528 \text{ PS}$  συνολική ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στην προκειμένη περίπτωση θα πρέπει να υπολογίσουμε χωριστά την ( $p_i$ ) για καθέναν από τους κυλίνδρους από το δυναμοδεικτικό διάγραμμα του καθενός και από αυτή να βρούμε την  $I.H.P.$  κάθε κυλίνδρου και να αθροίσουμε τις ιπποδυνάμεις των 6 κυλίνδρων.

Από τη συνολική ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής μας βρίσκουμε την πραγματική της ιπποδύναμη  $B.H.P.$ , αν δεχθούμε μηχανικό βαθμό αποδόσεως της  $\eta_{\mu}$  ίσο με 90% περίπου από τον τύπο (1), δηλαδή:

$B.H.P. = 0,90 \times 528 = 475 \text{ PS}$  συνολική πραγματική ιπποδύναμη της μηχανής.

Στο διεθνές σύστημα θα είναι η πίεση σε bar, δηλαδή  $p = 7:1,02 = 6,86$  οπότε:

– Η ισχύς του 1 κυλίνδρου:

$$P_1 = \frac{6,86 \times 0,3 \times 314 \times 600}{6000} = 64,6 \text{ kW}$$

– Η ισχύς των 6 κυλίνδρων:

$$64,6 \times 6 = 388 \text{ kW}$$

– Η πραγματική ισχύς των 6 κυλίνδρων:

$$388 \times \eta_{\mu} = 388 \times 0,90 = 350 \text{ kW}$$

Είναι δε τα  $350 \text{ kW} = 350 \times 1,36 = 475 \text{ PS}$  που βρίσκομε στο μετρικό σύστημα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΟΟ

### ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

#### 18.1 Γενικά – ορισμοί – τύποι.

Ονομάζεται ειδική κατανάλωση  $b_e$  της Μ.Ε.Κ. σε καύσιμο το ποσό του καυσίμου σε ρ (pond) ή gr (γραμμάρια) που καίει η μηχανή σε μια ώρα για να αποδώσει πραγματική ισχύ  $1 PS_e$  ή  $1 kW_e$  αντιστοίχως.

Ο δείκτης  $e$  τίθεται για να υποδιπλασιάσει τον πραγματικό PS ή το πραγματικό kW (από τη λέξη effective).

Η κατανάλωση αυτή προσδιορίζεται στην πράξη ως κατανάλωση της μηχανής σε ρ ανά ωριαίο πραγματικό ίππο  $\rho/PShe$  ή σε gr ανά ωριαίο πραγματικό χιλιοβάτ  $gr/kWh_e$  όπου  $h$  υποδηλώνει τη 1 ώρα (hour).

Οι ειδικές καταναλώσεις των Μ.Ε.Κ. κυμαίνονται στις τιμές του πίνακα 18.1.

**Πίνακας 18.1.**

2χρονης Diesel	135 - 115 $\rho/PShe$ ή 183 - 200 $g/kWh_e$ σε πετρέλαιο Diesel
4χρονης Diesel	160 - 180 $\rho/PShe$ ή 200 - 230 $g/kWh_e$ σε πετρέλαιο Diesel
4χρονης Diesel με υψηλή υπερπλήρωση	140 - 150 $\rho/PShe$ ή 190 - 210 $g/kWh_e$ σε πετρέλαιο Diesel
Βενζινομηχανές συνήθεις	235 - 250 $\rho/PShe$ ή 320 - 340 $g/kWh_e$ σε βενζίνη
Βενζινομηχανές με καύση βενζίνης υψηλού αριθμού οκτανίων	215 - 220 $\rho/PShe$ ή 280 - 300 $g/kWh_e$ σε βενζίνη υψηλού αριθμού οκτανίων

Η ειδική κατανάλωση  $b_e$  της μηχανής σε καύσιμο είναι ενδεικτική της ποιότητας της μηχανής από οικονομική άποψη και συνδέεται γι' αυτό με το συνολικό βαθμό αποδόσεως της  $\eta_o$  ως κατωτέρω:

Γνωρίζομε ότι το μετρικό σύστημα  $1PS_h = 632 \text{ kcal}$  τις οποίες παίρνομε με τη μηχανή χρησιμοποιώντας της  $b_e \cdot \rho \text{ pond}$  ή  $\frac{b_e}{1000}$   $kg$  καυσίμου κατώτερης θερμαντικής ικανότητας  $H_k \text{ kcal/kg}$ .

δηλαδή θερμότητα  $\frac{b_p}{1000} \cdot H_k$  σε kcal

Θα είναι επομένως:

$$\eta_m = \frac{632}{\frac{b_p}{1000} \times H_k}$$

ή

$$\eta_m = \frac{632 \times 1000}{b_p \times H_k} \quad (1)$$

και

$$b_p = \frac{632 \times 1000}{\eta_m \times H_k} \quad (2)$$

όπου: η  $b_p$  τοποθετείται σε p (pounds) από τον πίνακα 18.1.

Στο διεθνές σύστημα SI εξάλλου είναι  $1\text{kWh} = 3600 \text{ kJ}$  τα οποία παίρνουμε με τη μηχανή δίνοντάς της  $b_p$  gr ή  $\frac{b_p}{1000} \text{ kg}$  καυσίμου κατώτερης θερμαντικής ικανότητας

$H_k$  kJ/kg. Έτσι θα έχουμε:

$$\eta_m = \frac{3600 \times 1000}{b_p \times H_k} \quad (3)$$

και

$$b_p = \frac{3600 \times 1000}{\eta_m \times H_k} \quad (4)$$

όπου: η  $b_p$  τοποθετείται σε g από τον πίνακα 18.1.

Περαιτέρω η συνολική **ωριαία** κατανάλωση της μηχανής  $k_h$  ισούται σε όλες τις περιπτώσεις με:

$$k_h = \frac{b_p}{1000} \times P_e \text{ σε kg} \quad (5)$$

όπου:  $P_e$  η πραγματική ισχύς της μηχανής.

Η κατανάλωση τέλος της μηχανής για  $t$  ώρες  $k_t$  θα είναι:

$$k_t = k_h \times t \quad \text{σε kg} \quad (6)$$

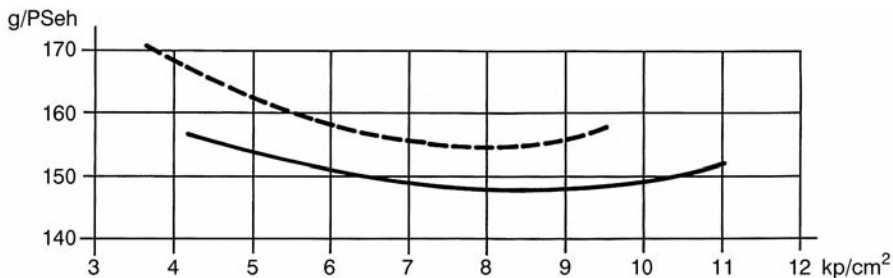
Στις παραπάνω τιμές καταναλώσεων πρέπει να προστίθεται ποσοστό 3 - 7% για τα βοηθητικά μηχανήματα της εγκατάστασως ανάλογα αν αυτά είναι ανεξάρτητα ή εξαρτημένα από την ίδια τη μηχανή.

Στο σχήμα 18.1α δίνονται οι καμπύλες μεταβολής της ειδικής καταναλώσεως σε gr ανά ωριαίο πραγματικό ίππο σε συνάρτηση με τη μέση πίεση για δυο διαφορετικούς τύπους μηχανών Sulzer.

Στο σχήμα 18.1β δίνονται εξάλλου οι καμπύλες μεταβολής της ειδικής καταναλώσεως σε συνάρτηση με τη μέση πραγματική πίεση για έναν τύπο μηχανής M.A.N. ο οποίος εργάζεται α) **χωρίς υπερπλήρωση** ή με φυσική εισπνοή, β) **με υπερπλήρωση** και γ) **με υπερπλήρωση και ενδιάμεση ψύξη του αέρα**.

Από τις καμπύλες αυτές καταλαβαίνουμε ότι, επειδή η μέση πραγματική πίεση είναι το μέτρο του φορτίου ή της πραγματικής ισχύος του κυλίνδρου, η ειδική καταναλωση και αντίστοιχα ο βαθμός αποδόσεως βελτιώνεται όσο η μηχανή εργάζεται κοντά στα υψηλότερα φορτία.

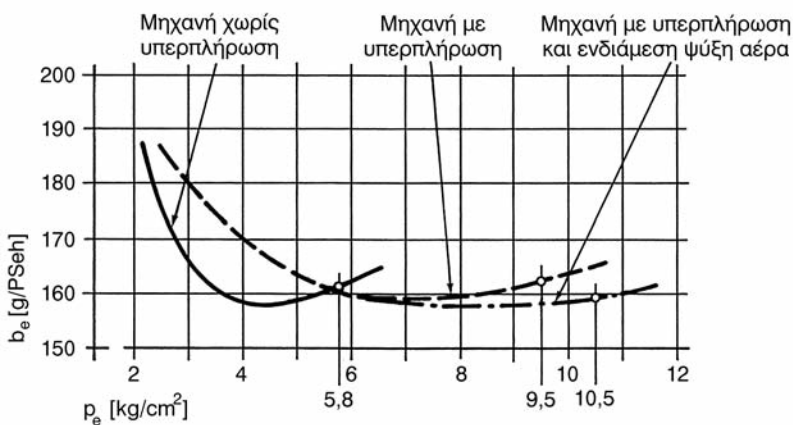
Επίσης στο σχήμα 18.1β φαίνεται καθαρά η **βελτίωση** της ειδικής καταναλώσεως με τη χρησιμοποίηση **υπερπληρώσεως** και ακόμη περισσότερο με τη χρησιμοποίηση **υπερπληρώσεως και ενδιάμεσης ψύξεως του αέρα**.



Σχ. 18.1α.

Πετρελαιομηχανή Sulzer 8 RND 105 — 4000 BHP/Cyl. at 108 r.p.m.

Πετρελαιομηχανή Sulzer 8 RD 90 — — — 2300 BHP/Cyl. at 122 r.p.m.



Σχ. 18.1β.

Πετρελαιομηχανή M.A.N. G.V. 23.5/33.



## 18.2 Εφαρμογές του βαθμού αποδόσεως και της ειδικής καταναλώσεως.

α) Αν γνωρίζουμε ότι η ειδική κατανάλωση καυσίμου μιας μηχανής, η οποία καίει πετρέλαιο θερμαντικής ικανότητας  $H_k = 10.000 \text{ kcal/kg}$  είναι  $b_e = 200 \text{ g/PSeh}$ , βρίσκουμε αμέσως ότι ο βαθμός αποδόσεώς της θα είναι:

$$\eta_{\square} = \frac{632 \times 1000}{b_e \cdot H_k}$$

άρα

$$\eta_{\square} = \frac{632 \times 1000}{200 \times 10.000} = 0,316$$

δηλαδή

$$\eta_o = 31,6\%$$

β) Αν ο βαθμός αποδόσεως βενζινομηχανής πραγματικής ισχύος  $P_e = 120 \text{ kW}_e$  είναι 25% και γνωρίζουμε ότι αυτή καίει βενζίνη  $44.000 \text{ kJ/kg}$  κατώτερης θερμαντικής ικανότητας, ποια θα είναι η ειδική κατανάλωσή της  $b_e$  και πόση βενζίνη θα κάψει σε 8 ώρες.

Θα έχουμε:

$$b_e = \frac{3600 \times 1000}{0,25 \times 44.000}$$

$$b_e = 327 \text{ g/kWh}_e$$

Σε μια ώρα η μηχανή θα κάψει:

$$k_h = \frac{327 \times 120}{1000} = 39,2 \text{ kg}$$

και σε 8 ώρες:

$$k_t = 39,2 \times 8 = 313,6 \text{ kg}$$

## ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ

### ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ Μ.Ε.Κ. ΒΛΑΒΕΣ – ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

#### ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

##### 19.1 Γενικά.

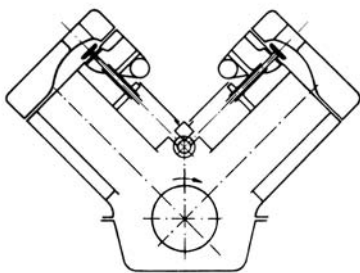
Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετασθούν σύντομα ορισμένοι ειδικοί τύποι Μ.Ε.Κ. από εκείνες, οι οποίες λόγω ειδικής διατάξεως και χαρακτηριστικών πλεονεκτημάτων έχουν συνεχώς και μεγαλύτερη χρήση.

##### 19.2 Μηχανές τύπου «V».

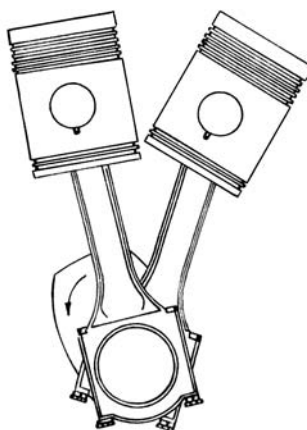
Στις μηχανές αυτές οι κύλινδροι είναι τοποθετημένοι σε δύο σειρές, οι οποίες σχηματίζουν μεταξύ τους το γράμμα «V». Σ' αυτές υπάρχει ένας κοινός στρόφαλος για κάθε ζεύγος κυλίνδρων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι ο ένας απέναντι στον άλλο.

Στο σχήμα 19.2α παριστάνεται διαγραμματικά η διάταξη μιας μηχανής τύπου «V». Παρατηρούμε ότι οι δύο σειρές των κυλίνδρων έχουν τον ίδιο εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος είναι τοποθετημένος μεταξύ των δύο συγκροτημάτων (μπλοκ) στην εσοχή του «V». Αυτό δεν συμβαίνει απαραίτητα σε όλες τις μηχανές τύπου «V», στις οποίες ενίοτε προβλέπονται διάφοροι εκκεντροφόροι άξονες για κάθε συγκρότημα κυλίνδρων.

Στο σχήμα 19.2β εικονίζεται η συνηθισμένη σύνδεση των δύο διωστήρων πάνω στον κοινό



Σχ. 19.2α.



Σχ. 19.2β.

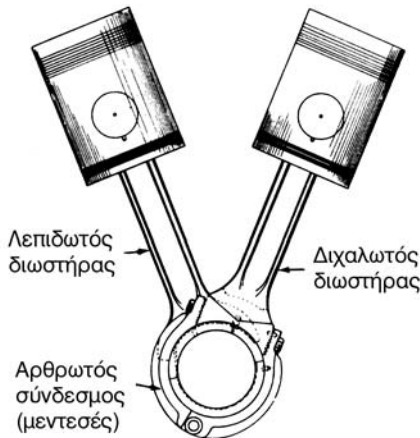
στροφάλου. Ο ένας διωστήρας βρίσκεται δίπλα στον άλλο και το κομβίο του στροφάλου έχει διπλό μήκος. Τα επίπεδα των αξόνων των δύο κυλίνδρων οι οποίοι βρίσκονται ο ένας απέναντι στον άλλο, δεν συμπίπτουν μεταξύ τους.

Είναι όμως δυνατή και μάλιστα χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις η σύνδεση των διωστήρων έτσι, ώστε τα επίπεδα των αξόνων των κυλίνδρων να ταυτίζονται σε ένα και το κομβίο του στροφάλου να είναι κοινό.

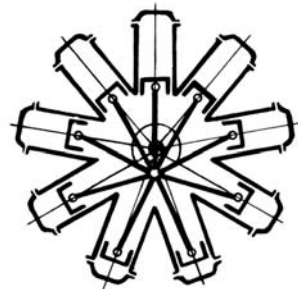
Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν διάφορες διατάξεις, συνηθέστερη όμως είναι αυτή που ακολουθείται από τα εργοστάσια General Motors στην οποία οι διωστήρες δεν είναι όμοιοι, αλλά ο ένας καταλήγει σε ένα λεπιδωτό πέδιλο ή πέλμα ο δε άλλος είναι διχαλωτός, το δίχαλο του οποίου ολισθαίνει επάνω στο πέλμα του άλλου διωστήρα. Το όλο συγκρότημα αρμόζεται σύμφωνα με τη μέθοδο του σχήματος 19.2γ με τη βοήθεια αρθρωτού συνδέσμου (μεντεσέ).

Το πλεονέκτημα των μηχανών τύπου «V» είναι ότι με αυτές επιτυγχάνεται οικονομία σε **όγκο** και **βάρος**, γιατί υπάρχει κοινός στροφαλοφόρος άξονας και βάση της μηχανής, και μικρότερο **μήκος** εγκαταστάσεως.

### 19.3 Μηχανές αστεροειδείς.



Σχ. 19.2γ.



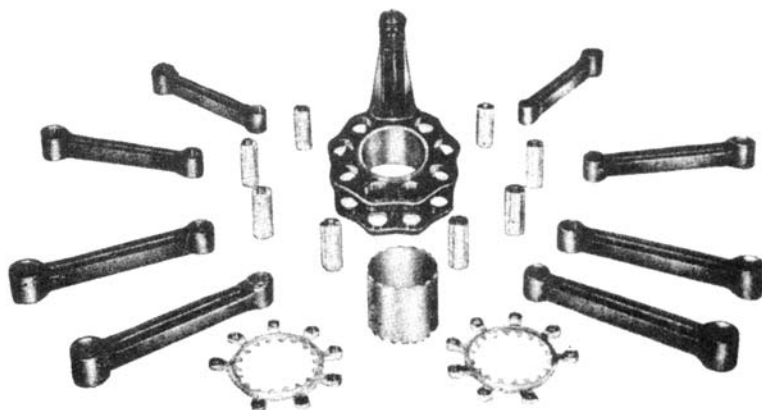
Σχ. 19.3α.

Στις μηχανές αυτές όλοι οι κύλινδροι είναι τοποθετημένοι στο ίδιο επίπεδο σε περιφερειακή διάταξη, ώστε να σχηματίζουν ένα είδος αστέρα (σχ. 19.3α). Οι διωστήρες τους αρθρώνονται κατά τη μέθοδο του σχήματος 19.3β.

Ο τύπος αυτός κατασκευάζεται κατά κανόνα μόνον ως βενζινομηχανή τετράχρονη και αερόψυκτη και είναι σήμερα ο μόνος σχεδόν τύπος εμβολοφόρου Μ.Ε.Κ., που χρησιμοποιείται σε μικρά αεροπλάνα.

Για λόγους ομοιομορφίας στη χρονική απόσταση αναφλέξεως μεταξύ δύο διαδοχικών κυλίνδρων οι τετράχρονοι μηχανές κατασκευάζονται με περιττό αριθμό κυλίνδρων πάνω στο ίδιο επίπεδο, κάθετο προς το στροφαλοφόρο άξονα.

Και στις μηχανές αυτές έχουμε πολύ **μικρό μήκος** και οικονομία σε **όγκο** και **βάρος**.

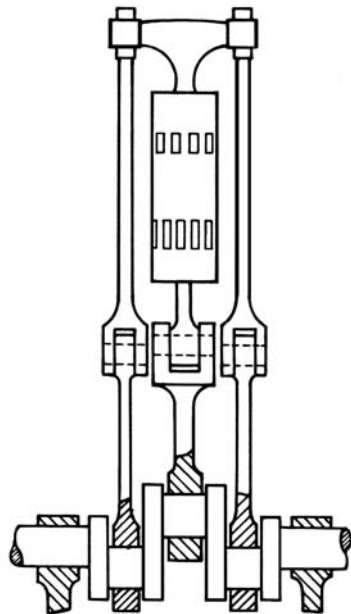


Σχ. 19.3β.

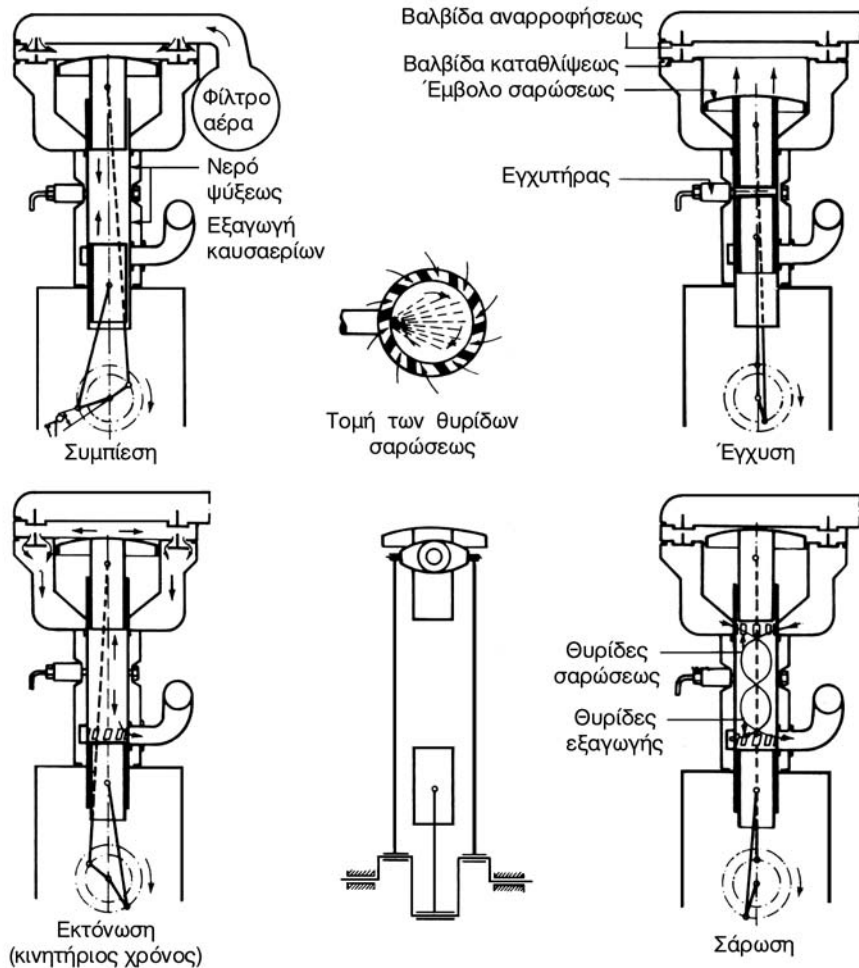
#### 19.4 Μηχανές με διπλά έμβολα.

Οι μηχανές αυτές είναι δίχρονες. Μέσα σε κάθε κύλινδρο υπάρχουν δύο έμβολα, τα οποία κινούνται αντίθετα, δηλαδή από το μέσο του κυλίνδρου προς τα άκρα και από τα άκρα προς το μέσο. Ο θάλαμος καύσεώς τους σχηματίζεται στο μέσο του κυλίνδρου και εκεί γίνεται η έγχυση του καυσίμου.

Το **κάτω έμβολο** συνδέεται με τον κύριο στρόφαλο απευθείας με κεντρικό διωστήρα και ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων **εξαγωγής**. Το **άνω έμβολο**, που ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων εισαγωγής, έχει ένα οριζόντιο ζυγό, στα άκρα του οποίου αρθρώνονται μακροί πλευρικοί διωστήρες, που συνδέονται σε αντίστοιχα κομβία επάνω στο στροφαλοφόρο άξονα (σχ. 19.4α). Έτσι για κάθε κύλινδρο έχουμε 3 κομβία στροφάλου, 1 κεντρικό και 2 πλευρικά.



Σχ. 19.4α.



Σχ. 19.4β.

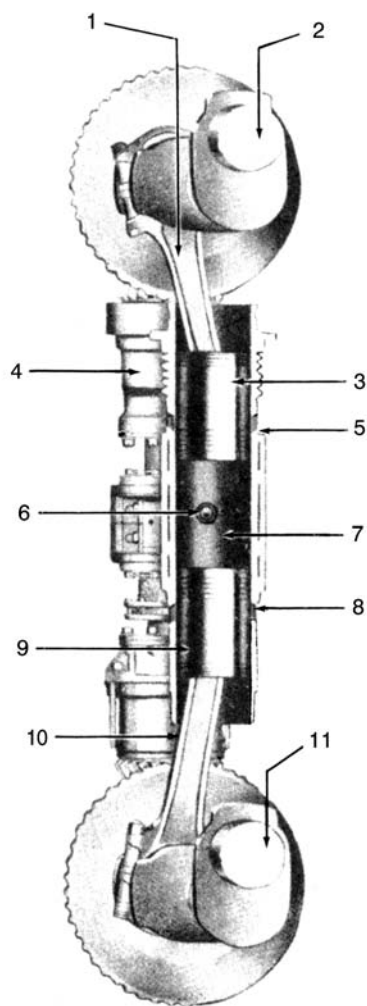
Μηχανές αυτού του είδους είναι οι τύπου Junkers, Doxford κλπ.

Στο σχήμα 19.4β δίνεται η διάταξη μιας μηχανής αυτής της κατηγορίας και ο τρόπος λειτουργίας της, δηλαδή οι διάφορες φάσεις συμπίεσης, εγχύσεως, εκτονώσεως και σαρώσεως.

Σε άλλες μηχανές αυτής της κατηγορίας, κατασκευής των εργοστασίων Fairbanks-Morse, τα επάνω έμβολα μέσω των διωστήρων τους κινούν ένα ιδιαίτερο οριζόντιο στροφαλοφόρο άξονα, που είναι τοποθετημένος στο ψηλότερο σημείο της μηχανής, ενώ τα κάτω έμβολα κινούν τον κάτω, οριζόντιο επίσης στροφαλοφόρο άξονα.

Οι δύο άξονες (σχ. 19.4γ) συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός κατακόρυφου άξονα και κωνικών οδοντωτών τροχών. Κύριος άξονας είναι ο κάτω στροφαλοφόρος άξονας, ο οποίος παραλαμβάνει τη ροπή στρέψεως και του επάνω στροφαλοφόρου άξονα.

Και οι παραπάνω μηχανές γενικά παρουσιάζουν μικρό **μήκος**, οικονομία σε **όγκο** και



Σχ. 19.4γ.

1) Επάνω διωστήρας. 2) Επάνω στρόφαλος. 3) Επάνω έμβολο. 4) Κατακόρυφη μετάδοση κινήσεως. 5) Θυρίδες σαρώσεως. 6) Εγχυτήρας. 7) Θάλαμος καύσεως. 8) Θυρίδες εξαγωγής. 9) Κάτω έμβολο. 10) Κάτω διωστήρας. 11) Κάτω στρόφαλος.

**βάρους**, ενώ αντίθετα είναι **ψηλότερες** από τις μηχανές απλών εμβόλων.

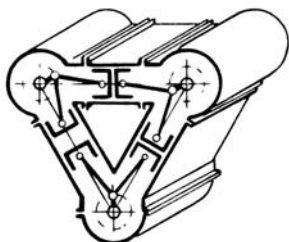
### 19.5 Μηχανές τύπου «Δ» (Δέλτα), και πολυγωνικού τύπου.

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε πολύ γρήγορα μικρά σκάφη αναψυχής ή άλλου ειδικού προορισμού και είναι βασικά μηχανές με διπλά έμβολα, των οποίων οι άξονες συναντώνται σε σχήμα τριγώνου. Από το σχήμα τους ονομάστηκαν και μηχανές τύπου Δέλτα, επειδή η διάταξη τους μοιάζει με το ελληνικό γράμμα (Δ). Συναντώνται επίσης και σε σχήματα **τετραγωνικής** ή **εξαγωνικής** διατάξεως.

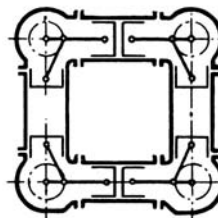
Το σχήμα 19.5α παριστάνει μια μηχανή τύπου «Δέλτα». Διακρίνεται η διάταξη για έξι

συνεχόμενους κυλίνδρους πάνω στην κάθε πλευρά του τριγώνου. Κάθε κύλινδρος περιέχει δύο αντιθέτως κινούμενα έμβολα. Οι διωστήρες των εμβόλων ενώνονται στον αριστερό και επάνω στροφαλοφόρο άξονα και στο δεξιό και κάτω.

Η κίνηση από τους πάνω άξονες με σύστημα οδοντωτών τροχών μεταφέρεται στον κάτω



Σχ. 19.5α.



Σχ. 19.5β.

άξονα, ο οποίος και προεκτείνεται ως τελικός άξονας της μηχανής.

Οι μηχανές αυτής της κατηγορίας παρουσιάζουν επίσης μικρό **μήκος, οικονομία όγκου και βάρους και ομαλότητα κινήσεως** κατά τη λειτουργία τους η οποία γίνεται σχεδόν χωρίς **κραδασμούς**.

Ανάλογη είναι η διάταξη πολυγωνικού τύπου (εδώ τετραγωνικού), όπως στο σχήμα 19.5β.

## 19.6 Μηχανή με περιστρεφόμενα λοβοειδή έμβολα τύπου «Wankel».

### 1) Γενικά.

Ο τύπος αυτός κινητήρα είναι σχετικά νέος. Είναι δημιούργημα της τελευταίας εικοσαετίας και δεν έχουν αντιμετωπισθεί μέχρι τώρα τελείως τα αδύνατα σημεία του.

Το γεγονός όμως ότι τεράστια βιομηχανικά συγκροτήματα σ' όλο τον κόσμο επενδύουν κολοσσιαία κεφάλαια για τη βελτίωση και τη βιομηχανική παραγωγή του, δημιουργεί την εντύπωση ότι δεν θα καθυστερήσει για πολύ η τελειοποίησή του, οπότε ο κινητήρας Wankel (από το όνομα του Γερμανού μηχανικού, ο οποίος ήταν ο εφευρέτης του) θα αντικαταστήσει τον κλασικό παλινδρομικό κινητήρα.

### 2) Συνοπτική περιγραφή.

Ο κινητήρας Wankel φέρει και αυτός έμβολο. Μέσα σ' αυτόν η μηχανική ενέργεια παράγεται κατά περιοδικό τρόπο, όπως στις παλινδρομικές μηχανές και όχι συνεχώς, όπως στον αεριοσρόβιλο.

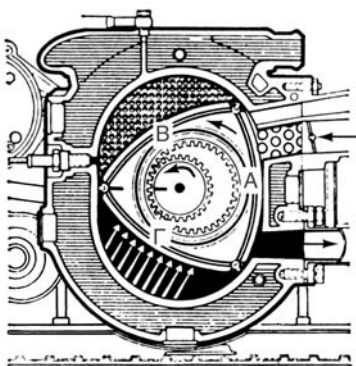
Ο κύλινδρος δεν έχει κυκλική διατομή (σχ. 19.6α) αλλά διατομή περίπου νεφροειδή (**επιτροχιοειδής** ονομάζεται στα Μαθηματικά).

Το έμβολο είναι πρίσμα τριγωνικό με κυρτές πλευρές τριγώνου και μια μικρή κοιλότητα στη μέση κάθε πλευράς. Από τον άξονα του κυλίνδρου διέρχεται ο άξονας μεταδόσεως κινήσεως



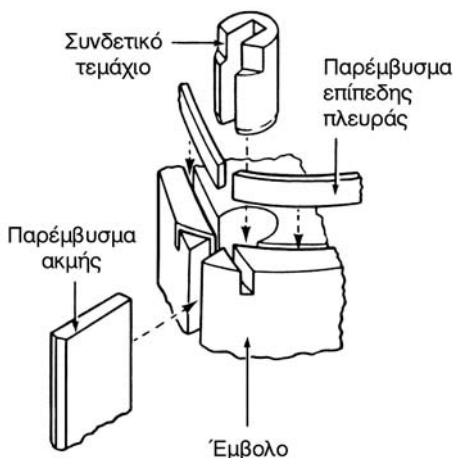
του κινητήρα (ο αντίστοιχος δηλαδή προς το στροφαλοφόρο άξονα του παλινδρομικού κινητήρα), και γύρω από αυτόν τον άξονα στρέφεται στο κέντρο και με την ίδια φορά το έμβολο μέσω συστήματος υποκυκλοειδούς μεταδόσεως κινήσεως με σχέση 3:1, δηλαδή 3 στροφές του άξονα αντιστοιχούν σε μία στροφή του εμβόλου.

Το έμβολο όταν στρέφεται στο κέντρο μέσα στον κύλινδρο, άλλες φορές πλησιάζει και άλλες απομακρύνεται από τις παρειές του κυλίνδρου, και φέρει στις ακμές του και τις επίπεδες πλευρές του (τις βάσεις του) στεγανωτικά παρεμβύσματα (σχ. 19.6β), με τα οποία



Σχ. 19.6α.

Ο κύλινδρος κινητήρα Wankel.



Σχ. 19.6β.

Μέρος του στεγανωτικού συστήματος του εμβόλου κινητήρα Wankel.

απομονώνονται τελείως (ή σχεδόν τελείως, και αυτό είναι ένα από τα ευαίσθητα σημεία του νέου κινητήρα) οι θάλαμοι, οι οποίοι σχηματίζονται κάθε φορά μεταξύ κυλίνδρου και εμβόλου. Στους θαλάμους αυτούς γίνονται οι διαδοχικές φάσεις του κύκλου λειτουργίας του κινητήρα.

Σε μια πλευρά του ο κύλινδρος φέρει δύο οπές, μια για την εισαγωγή του καυσίμου μίγματος, η οποία συγκοινωνεί με τον εξαεριστήρα κλπ. και άλλη για την εξαγωγή των καυσαερίων.

### 3) Συνοπτική λειτουργία.

Ας υποθεθεί ότι ο κινητήρας βρίσκεται στη θέση του σχήματος 19.6γ (α).

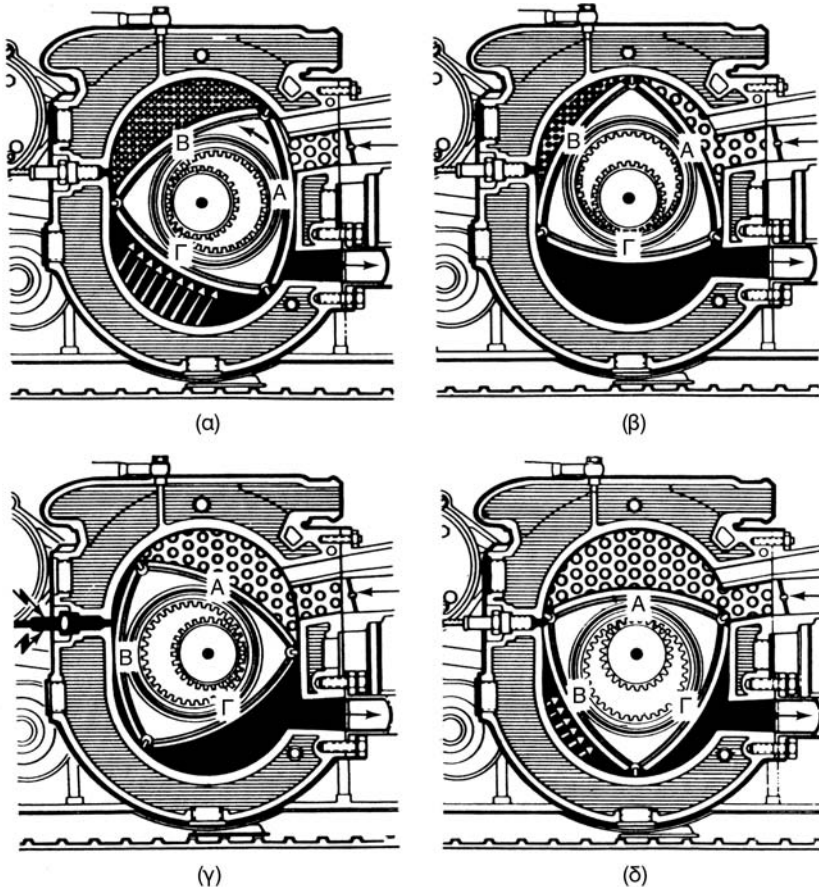
Η πλευρά Α του εμβόλου βρίσκεται σχεδόν σε επαφή προς την πλευρά του κυλίνδρου, η οποία φέρει τους αγωγούς εισαγωγής και εξαγωγής. Κατά την από δεξιά προς αριστερά (κατά την κατεύθυνση του βέλους) κίνηση του εμβόλου ο θάλαμος, που βρίσκεται απέναντι στην πλευρά Α αυξάνει και, καθώς η εξαγωγή έχει κλείσει (θέση β), αναρροφείται από τον αγωγό εισαγωγής καύσιμο μίγμα (**εισαγωγή**). Συγχρόνως το καύσιμο μίγμα, το οποίο εισήλθε όπως παραπάνω και το οποίο είναι μέσα στο θάλαμο Β, συμπιέζεται (**συμπιέση**). Όταν η πλευρά Β του εμβόλου φθάσει στο πλησιέστερο προς την πλευρά του κυλίνδρου σημείο της, ο εκεί βρισκόμενος σπινθηριστής αναφλέγει το συμπιεσμένο καύσιμο μίγμα (**καύση**) (θέση γ). Αναπτύσσονται τότε πιέσεις, οι οποίες πιέζουν το έμβολο να στραφεί προς την κατεύθυνση της κινήσεώς του (**αποτόνωση**) (θέση δ).

Την ίδια χρονική περίοδο ο θάλαμος Γ έχει έλθει σε επικοινωνία μέσω του αγωγού εξαγωγής με τον ατμοσφαιρικό αέρα και τα καυσαέρια εξέρχονται από τον κύλινδρο (**εξαγωγή**).

Στο σχήμα 19.6γ σημειώνονται οι θέσεις του εμβόλου κατά την εκτέλεση μιας πλήρους στροφής του άξονα.

Στο ίδιο σχήμα κάτω από τις θέσεις του εμβόλου σημειώνονται οι αντίστοιχες ενέργειες σε κάθε θάλαμο του κυλίνδρου.

Παρατηρούμε δηλαδή και εδώ ότι έχουμε κύκλο λειτουργίας, ο οποίος αντιστοιχεί με τον



Σχ. 19.6γ.

Λειτουργία 4κυκλου κινητήρα Wankel.

α) Έναρξη εισαγωγής - Τέλος εξαγωγής - Συμπίεση-Αποτόνωση. β) Συνέχιση εισαγωγής - Συνέχιση συμπίεσης - Τέλος αποτονώσεως - Αποκάλυψη θυρίδας εξαγωγής. γ) Συνέχιση εισαγωγής - Τέλος συμπίεσης - Έναρξη-Εξαγωγή. δ) Πέρας εισαγωγής - Θυρίδα εισαγωγής κλειστή - Αποτόνωση - Ενέργεια αερίων στο στροφείο - Εξαγωγή.

κύκλο του **τετράχρονου παλινδρομικού κινητήρα**, με τη διαφορά ότι έχουμε σε ταυτόχρονη εξέλιξη τρεις κύκλους λειτουργίας, οι οποίοι σε κάθε δεδομένη στιγμή και σε κάθε θάλαμο

πραγματοποιούν διαφορετικό χρόνο λειτουργίας.

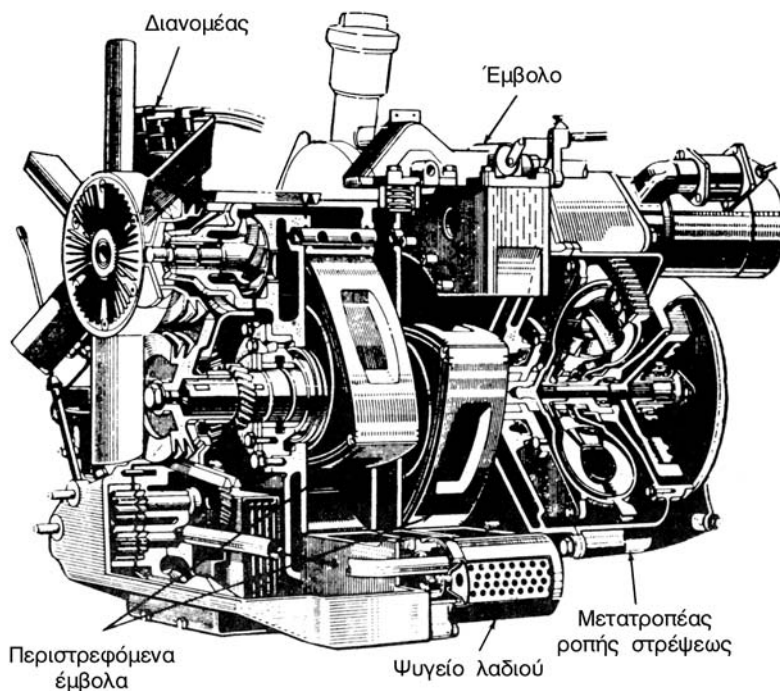
Στην προκειμένη περίπτωση σε κάθε πλήρη στροφή του εμβόλου αντιστοιχούν τρεις κινητήριοι χρόνοι και επειδή απαιτούνται τρεις στροφές του άξονα για μια πλήρη στροφή του εμβόλου, έχουμε έναν κινητήριο χρόνο για κάθε στροφή του άξονα, δηλαδή από την άποψη κινητηρίων χρόνων ο κινητήρας Wankel αντιστοιχεί με **δικύλινδρο 4χρονο κινητήρα**.

Για την ακριβέστερη επομένως σύγκριση της ανά μονάδα κυλινδρισμού ισχύος που παράγεται από τους δύο κινητήρες, πρέπει ο μονοκύλινδρος κινητήρας Wankel να αντιπαραβληθεί με δικύλινδρο 4χρονο παλινδρομικό κινητήρα, ο καθένας από τους κυλίνδρους του οποίου έχει κυλινδρισμό ίσο με το μέγιστο κυλινδρισμό του καθένα από τους τρεις θαλάμους του Wankel.

Το σχήμα 19.6δ παρουσιάζει τον κινητήρα Wankel, τον οποίο η γερμανική εταιρία NSU χρησιμοποιεί στο αυτοκίνητο Ro. 80. Όπως φαίνεται, ο κινητήρας είναι δικύλινδρος και δεδομένου ότι ο καθένας από τους θαλάμους των κυλίνδρων του έχει όγκο  $500 \text{ cm}^3$ , ο κινητήρας αυτός με βάση αυτά που είπαμε συγκρίνεται με κινητήρα 4κύλινδρο - 4χρονο με κυλινδρισμό  $2000 \text{ cm}^3$  με τις ίδιες βεβαίως στροφές.

Τα αποτελέσματα της συγκρίσεως δίνουν για τον κινητήρα Wankel μέγιστη ιπποδύναμη περίπου ίση, και ροπή στρέψεως ελαφρώς μικρότερη από τον κλασικό παλινδρομικό κινητήρα.

Γενικά ο κινητήρας περιστρεφόμενων εμβόλων, παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα από τον αντίστοιχο παλινδρομικό:



Σχ. 19.6δ.

Δικύλινδρος κινητήρας Wankel.

- Μικρότερο βάρος ανά ίππο (περίπου 0,7 ως 1,2 kg/HP).
- Μικρότερο όγκο.
- Λιγότερους κραδασμούς κατά τη λειτουργία και λιγότερο θόρυβο.
- Απλούστερη κατασκευή (δεν έχει βαλβίδες, διωστήρες, εκκεντροφόρο άξονα κλπ.).

Όπως και παραπάνω αναφέρεται, ο κινητήρας Wankel παρουσιάζει τις μεγαλύτερες πιθανότητες να αντικαταστήσει τον παλινδρομικό κινητήρα και όχι μόνο στον τομέα του βενζινοκινητήρα, αλλά και του πετρελαιοκινητήρα. Ήδη από το 1965 η αγγλική Rolls-Royce, ύστερα από αγορά του προνομίου Wankel, πειραματιζόμενη κατασκεύασε πετρελαιοκινητήρα μέσης ισχύος 350 ίππων με τέσσερα στρεφόμενα έμβολα.

Από την άποψη ισχύος δεν υπάρχει κανένας περιορισμός. Ήδη, έχουν κατασκευασθεί κινητήρες με ισχύ ανά κύλινδρο από 0,6 του ίππου ( $5 \text{ cm}^3$ ) μέχρι 800 ίππους ( $32.000 \text{ cm}^3$ ).

### 19.7 Μηχανές διπλού καυσίμου.

Οι μηχανές αυτές αποτελούν έναν τέτοιο συνδυασμό, ώστε μπορούν να κάψουν πετρέλαιο ή καύσιμο αέριο ή και τα δύο μαζί.

Σε άλλη μορφή πάλι μπορούν να κάψουν πετρέλαιο Diesel ή βενζίνη. Στην περίπτωση αυτή εφοδιάζονται με σπινθηριστή και σύστημα αναφλέξεως όπως οι βενζινομηχανές.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

### ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ. ΜΕ ΤΙΣ ΑΛΛΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

#### 20.1 Σύγκριση Μ.Ε.Κ. και παλινδρομικής ατμομηχανής.

Οι Μ.Ε.Κ. στην κατασκευή και τη λειτουργία τους, αλλά και στα χαρακτηριστικά τους μοιάζουν με τις παλινδρομικές ατμομηχανές.

Ο μηχανισμός κίνησης π.χ., δηλαδή το σύστημα «κύλινδρος – έμβολο – ζύγωμα – διωστήρας – στρόφαλος – άξονας» είναι σε γενικές γραμμές όμοιος με τη διαφορά ότι οι ατμομηχανές είναι πάντοτε διπλής ενέργειας και συνεπώς είναι μηχανές με ζύγωμα, ενώ οι Μ.Ε.Κ. είναι περισσότερο απλής ενέργειας και επομένως άλλοτε έχουν ζύγωμα άλλοτε δεν έχουν.

Οι Μ.Ε.Κ. κατασκευάζονται όπως και οι ατμομηχανές μονοκύλινδρες ή πολυκύλινδρες. Όμως κάθε κύλινδρος μιας Μ.Ε.Κ. είναι εντελώς όμοιος στις διαστάσεις και τα άλλα του χαρακτηριστικά με τους άλλους κυλίνδρους της, γιατί σ' αυτές δεν γίνεται διαδοχική εκτόνωση. Στις ατμομηχανές οι κύλινδροι κατά κανόνα έχουν διαφορετικές διαστάσεις (διάμετρο κυλίνδρου) λόγω της πολλαπλής διαδοχικής εκτονώσεως του ατμού μέσα σε αυτούς.

Η λειτουργία κάθε κυλίνδρου σε μια Μ.Ε.Κ. είναι εντελώς ανεξάρτητη από τη λειτουργία των άλλων και το έργο όλων των κυλίνδρων συγκεντρώνεται τελικά στον κοινό άξονα της μηχανής. Από αυτό συμπεραίνεται ότι χωρίς σοβαρή ανωμαλία είναι δυνατό μια Μ.Ε.Κ. να εργάζεται με έναν ή και δύο κυλίνδρους λιγότερο, οι οποίοι και απομονώνονται εύκολα. Αυτό όμως για να γίνει στην πολυκύλινδρη ατμομηχανή, όπου ο ατμός από τον έναν κύλινδρο μεταβαίνει για να εργασθεί στον άλλο απαιτεί ειδικούς χειρισμούς και πολύ χρόνο.

Βασική διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών μηχανών είναι ότι στις μεν ατμομηχανές η καύση του καυσίμου και η παραγωγή ατμού απαιτεί την ύπαρξη λέβητα και της δαπανηρής εγκαταστάσεώς του, η δε παραγωγή του έργου γίνεται μέσα στους κυλίνδρους της, ενώ στις Μ.Ε.Κ. μέσα στους κυλίνδρους της γίνονται και τα δύο. Για το λόγο αυτό άλλωστε η Μ.Ε.Κ. έχει και καλύτερο βαθμό αποδόσεως από την ατμομηχανή, είναι δηλαδή περισσότερο οικονομική μηχανή.

Αυτό το συμπεραίνουμε εύκολα αν συγκρίνομε το βαθμό αποδόσεως ή τις ειδικές καταναλώσεις των δύο τύπων μηχανών.

Έτσι η ειδική κατανάλωση της ατμομηχανής κυμαίνεται περίπου σε 500 γραμμάρια πετρελαίου ανά ενδεικτικό ίππο και ώρα ενώ της μηχανής Diesel όταν σ' αυτές χρησιμοποιείται και υπερπλήρωση, φθάνει μέχρι και 140 ~ 160 γρ. ανά πραγματικό ίππο και ώρα.

#### 20.2 Σύγκριση Μ.Ε.Κ. και ατμοστροβίλου.

Ο ατμοστροβίλος είναι απλούστερη μηχανή από τη Diesel, λόγω του ότι δεν έχει αρθρώσεις και μεγάλο αριθμό εξαρτημάτων και είναι ευκολότερος στους χειρισμούς.

Απαιτεί λιγότερο ειδικευμένο προσωπικό.

Μειονεκτεί από τη Μ.Ε.Κ. επειδή χρειάζεται να υπάρχουν λέβητες για την παραγωγή ατμού, και εξυπηρετικά μηχανήματα, με αποτέλεσμα η όλη εγκατάσταση για την ίδια ισχύ να έχει συγκριτικά μεγαλύτερο βάρος από της Μ.Ε.Κ.

Για ναυτικού τύπου μηχανές που πρέπει να αναστρέφουν, δεν διαθέτει όπως η Μ.Ε.Κ., την ίδια ισχύ και κατά την αναπόδιση.

Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην προθέρμανση, την εκκίνηση και τη συντήρηση, γιατί, όταν παρουσιασθεί ανωμαλία, είναι σοβαρότατη και μπορεί να φθάσει και μέχρι την καταστροφή του στροβίλου.

Η Μ.Ε.Κ. διαθέτει την ίδια ισχύ για το πρόσω και το ανάποδα.

Σε περίπτωση βλάβης ενός από τους κυλίνδρους της, μπορεί να συνεχίσει τη λειτουργία της με τους υπόλοιπους (με μειωμένη ισχύ).

Δεν χρειάζεται πολλές ώρες προετοιμασίας για την εκκίνηση μετά από μακροχρόνια κράτηση, όπως συμβαίνει με τους στροβίλους.

Απαιτεί την ύπαρξη μεγάλου αριθμού ανταλλακτικών, γιατί τα εξαρτήματα του χώρου της καύσεως, δηλαδή κεφαλές των εμβόλων, ελατήρια, καυστήρες, βαλβίδες απαιτούν συχνές αντικαταστάσεις.

Έχει μεγαλύτερη απόδοση και συνεπώς μικρότερη κατανάλωση. Το πλεονέκτημα αυτό αυξάνεται με τη χρήση βαρύτερων πετρελαίων.

Ο ατμοστροβίλος έχει ειδική κατανάλωση περίπου 300 γραμμάρια πετρελαίου ανά πραγματικό ίππο και ώρα ενώ η πετρελαιομηχανή όπως είπαμε μέχρι και 140 - 160.

Και οι δύο τύποι μηχανών χρησιμοποιούνται ευρύτατα, λόγω όμως ελαφρότερης κατασκευής και οικονομίας σε καύσιμο, η Μ.Ε.Κ. πλεονεκτεί ελαφρώς από τον ατμοστροβίλο.

### **20.3 Σύγκριση Μ.Ε.Κ. με αεριοστροβίλο.**

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα του ατμοστροβίλου αφορούν και τον αεριοστροβίλο, όπως π.χ. η απλότητα της κατασκευής, η έλλειψη αρθρώσεων και εξαρτημάτων και το μικρό βάρος του για δεδομένη ισχύ που αποτελεί το κυριότερο ίσως πλεονέκτημά του, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται στα μεταφορικά μέσα και κυρίως στα αεροπλάνα.

Δεν διαθέτει και αυτός την ίδια ισχύ για την αναπόδιση, όπως ο ατμοστροβίλος.

Απαιτεί τη χρήση ειδικών κραμάτων μετάλλων που είναι ανθεκτικά στις ψηλές θερμοκρασίες στις οποίες τα μέρη του υποχρεώνονται να εργάζονται. Σ' αυτό οφείλεται και η μικρότερη απόδοσή του και η μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση η οποία κυμαίνεται από 200 - 250 γρ. ανά πραγματικό ίππο και ώρα που είναι μεγαλύτερη αισθητά από την κατανάλωση μηχανής Diesel των 150 γρ. ανά πραγματικό ίππο και ώρα.

Τα πλεονεκτήματα της μηχανής Diesel όσον αφορά την ισχύ του ανάποδα, τη βλάβη σε έναν ή δύο κυλίνδρους που αναφέραμε στη σύγκριση με τον ατμοστροβίλο και το μειονέκτημα της ανάγκης αποθέματος ανταλλακτικών ισχύουν και για τη σύγκρισή της με τον αεριοστροβίλο.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η μηχανή Diesel πλεονεκτεί όσον αφορά την κατανάλωση σε καύσιμο, ενώ ο αεριοστροβίλος υπερτερεί στις περιπτώσεις όπου απαιτείται ελαφρά κατασκευή.

Εφ' όσον στο μέλλον η πρόοδος της μεταλλουργίας αποδώσει βελτιωμένα κράματα μετάλλων, ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες, η θέση του ατμοστροβίλου θα βελτιώνεται και θα εκτοπίζει συνεχώς περισσότερο στη χρησιμοποίησή του τις άλλες θερμοκτικές μηχανές. Για την ώρα όμως η μηχανή Diesel παραμένει η οικονομικότερη σε χρήση θερμοκτική μηχανή.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

### ΟΙ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

#### 21.1 Οι συνηθέστερες ανωμαλίες των βενζινοκινητήρων και οι τρόποι αποκαταστάσεώς τους:

<i><b>Είδος ανωμαλίας:</b></i>	<i><b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκαταστάσεως:</b></i>
1. Η μηχανή δεν στρέφει με τον εκκινητή (μίζα).	<p>α) Ο συσσωρευτής δεν δίνει κανονικό ρεύμα και πρέπει ή να καθαρίσουμε τους πόλους του ή να τον φορτίσουμε ή τέλος να τον αντικαταστήσουμε.</p> <p>β) Ο οδοντωτός τροχός εμπλοκής του εκκινητή είναι πολύ ακάθαρτος ή έχει σπάσει και πρέπει να τον καθαρίσουμε ή να τον αντικαταστήσουμε.</p> <p>γ) Η μηχανή είναι πολύ σφιχτή. Πρέπει να ρυθμίσουμε τις αρθρώσεις στις κανονικές τους ανοχές (ελευθερίες), και ιδιαίτερα τους τριβείς των εδράνων.</p>
2. Η μηχανή στρέφει, αλλά δεν εκκινεί.	<p>α) Η βενζίνη δεν φθάνει στον εξαεριωτή. Πρέπει να ελέγξουμε την αντλία βενζίνης και τους σωληνίσκους του συστήματος τροφοδοτήσεως.</p> <p>β) Η μηχανή έχει υπερπληρωθεί με μίγμα (έχει μπουκώσει) και πρέπει να ανοίξουμε τη δικλείδα του αέρα και να προσπαθήσουμε να τη θέσουμε σε κίνηση με τον εκκινητή. Αν δεν εκκινήσει πάλι, τότε πρέπει να κλείσουμε το διακόπτη, να αφαιρέσουμε τους σπινθηριστές (μπουζί) και να στρέψουμε τη μηχανή με τη μίζα, μέχρι να εξαερισθεί.</p>
3. Η μηχανή δεν εργάζεται ομαλά στην άφορη λειτουργία (ρελαντί).	<p>α) Ο εξαεριωτής δεν είναι ρυθμισμένος. Πρέπει να ρυθμίσουμε τους κοχλίες της άφορης λειτουργίας και του αέρα και να επιθεωρήσουμε τον αναβρυτήρα (ζιγκλέρ) του «ρελαντί», για να εξασφαλίσουμε ότι αυτός δεν είναι φραγμένος.</p> <p>β) Ελαττωματική ανάφλεξη. Πρέπει να ρυθμίσουμε την προανάφλεξη (αβάνς), ιδίως όταν χρησιμοποιούμε διάφορες ποιότητες βενζίνης.</p>

<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκαταστάσεως:</b>
4. Η μηχανή δεν αναπτύσσει όλη της την ισχύ.	<p>α) Η βενζιναντλία δεν κάνει καλή αναρρόφηση. Επιθεωρούμε τη μεμβράνη της και αν χρειάζεται την αντικαθιστούμε.</p> <p>β) Το μίγμα δεν είναι κανονικό. Πρέπει να καθαρίσουμε το φίλτρο της βενζίνης και το φίλτρο του αέρα.</p> <p>γ) Πολύ μικρή η προανάφλεξη (αβάνς). Πρέπει να τη ρυθμίσουμε ανάλογα.</p> <p>δ) Υπάρχουν κολλημένες ή ακάθαρτες βαλβίδες ή ελατήρια εμβόλων σπασμένα ή ο θάλαμος καύσεως είναι γενικά ακάθατος. Πρέπει να επιθεωρήσουμε τις βαλβίδες και τα ελατήρια και να τρύψουμε, αν χρειάζεται, τις βαλβίδες, να καθαρίσουμε το θάλαμο καύσεως και να αντικαταστήσουμε προφανώς όσα ελατήρια ή βαλβίδες βρούμε σε κακή κατάσταση ή σπασμένα.</p> <p>Στην περίπτωση αυτή πιθανόν να απαιτηθεί η λείανση των εδρών και των βαλβίδων (ρεκτιφιέ) και οι βαλβίδες ίσως να πρέπει να αντικατασταθούν. Επίσης πιθανόν να απαιτηθεί λείανση (ρεκτιφιέ) των κυλίνδρων και αντικατάσταση των εμβόλων με έμβολα υπερδιαμετρήματος (οβεροσάιζ) με τα αντίστοιχα ελατήριά τους.</p>
5. Η μηχανή κτυπά κατά τη λειτουργία.	<p>α) Πολύ προανάφλεξη. Πρέπει να την ελαττώσουμε.</p> <p>β) Ακατάλληλη βενζίνη με χαμηλό βαθμό οκτανίων. Να χρησιμοποιήσουμε βενζίνη με υψηλότερο βαθμό οκτανίου.</p> <p>γ) Ακάθατος θάλαμος καύσεως. Να τον εκκαπνίσουμε.</p> <p>δ) Υπερφορτωμένη μηχανή. Να την φορτώσουμε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.</p>
6. Κτύποι των τριβέων.	Χαλαροί τριβείς. Να ελέγξουμε τη σύσφιξη και να τους περιστείλουμε (μάζεμα των κουζινέτων), ρυθμίζοντας τα διάκενά τους στα κανονικά.
7. Κτύποι των βαλβίδων.	<p>α) Το διάκενό τους είναι μεγάλο. Να το ρυθμίσουμε με το «φίλερ», όταν η μηχανή είναι θερμή.</p> <p>β) Ελατήρια βαλβίδων σπασμένα. Να τα επιθεωρήσουμε και να τα αντικαταστήσουμε αν χρειάζεται.</p>

<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκατάσεως:</b>
8. Η μηχανή καπνίζει.	<p>α) Οχετός αναρροφήσεως ή φίλτρο αέρα είναι ακάθαρτα ή έχουν φραχθεί. Να τα επιθεωρήσουμε και να τα καθαρίσουμε.</p> <p>β) Η μηχανή καίει λάδι και ο καπνός τότε είναι γαλάζιος. Να επιθεωρήσουμε ή να αντικαταστήσουμε τα ελατήρια ελαίου των εμβόλων.</p> <p>γ) Νερό στη βενζίνη, οπότε ο καπνός είναι λευκός. Να εξυδατώσουμε τη δεξαμενή βενζίνης και το δίκτυο.</p> <p>δ) Κακή καύση, οπότε ο καπνός είναι μαύρος. Να ελέγξουμε τη ρύθμιση των βαλβίδων και της προαναφλέξεως και να καθαρίσουμε, αν χρειάζεται, τις βαλβίδες και τους σπινθηριστές.</p> <p>ε) Πτωχό μίγμα, οπότε ο καπνός είναι λευκός, ή πολύ πλούσιο μίγμα, οπότε ο καπνός είναι μαύρος. Να ελέγξουμε τον εξαεριστή, τους αναβρυτήρες και γενικά την κατάσταση και τη ρύθμιση του εξαεριστή.</p> <p>στ) Υπερφόρτωση της μηχανής. Να την επαναφέρουμε το γρηγορότερο στο κανονικό της φορτίο.</p>
9. Χαμηλή πίεση ελαίου.	<p>α) Απώλειες ελαίου στο δίκτυο. Να το ελέγξουμε με προσοχή και να σφίξουμε καλά όλους τους συνδέσμους (ρακόρ).</p> <p>β) Η αντλία ελαίου δεν λειτουργεί καλά. Να επιθεωρήσουμε τους οδοντωτούς τροχούς για τυχόν φθορές και αν είναι αναγκαίο να την αντικαταστήσουμε.</p> <p>γ) Η ανακουφιστική βαλβίδα είναι ελαττωματική. Να επιθεωρήσουμε το ελατήριο και να τη ρυθμίσουμε κανονικά.</p> <p>δ) Το λάδι είναι πολύ ζεστό ή περισσότερο λεπτόρρευτο από το κανονικό. Να ελέγξουμε την ψύξη του ελαίου και να χρησιμοποιήσουμε βαρύτερο λάδι, πάντοτε όμως σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.</p> <p>ε) Οι τριβείς έχουν μεγάλα διάκενα. Να τους επιθεωρήσουμε και να τα ρυθμίσουμε κανονικά. Στην περίπτωση αυτή λόγω φθοράς των κομβίων του στροφαλοφόρου άξονα πιθανόν να απαιτείται λείανσή του (ρεκτιφιέ) και τοποθέτηση νέων τριβέων υποδιαμετρήματος (αντερσάτζ).</p>

<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκαταστάσεως:</b>
10. Υψηλή πίεση ελαίου.	<p>α) Οι σωληνώσεις είναι φραγμένες. Να τις επιθεωρήσουμε και να τις καθαρίσουμε.</p> <p>β) Η βαλβίδα ανακουφίσεως εργάζεται ελαττωματικά. Να επιθεωρήσουμε το ελατήριό της και να τη ρυθμίσουμε.</p> <p>γ) Το λάδι είναι πολύ παχύρρευστο. Να χρησιμοποιήσουμε λεπτότερο ανάλογα και με την εποχή του έτους και πάντοτε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.</p>
11. Η μηχανή κατά τη λειτουργία θερμαίνεται πολύ.	<p>α) Υπερφόρτωση της μηχανής ή λίγο το νερό της κυκλοφορίας. Να ελέγξουμε το φορτίο της μηχανής και να συμπληρώσουμε το νερό ψύξεως.</p> <p>β) Ο μάντας του ανεμιστήρα έχει χαλαρώσει ή έχει σπάσει. Να ρυθμίσουμε την έντασή του ή να τον αντικαταστήσουμε.</p> <p>γ) Ακάθαρτο ψυγείο. Να το καθαρίσουμε με πεπιεσμένο αέρα, αν είναι κυψελωτό ή αν είναι έμμεσης κυκλοφορίας, να το καθαρίσουμε με διάλυση υδροχλωρικού οξέος 1:8.</p> <p>δ) Ο θερμοστάτης δεν λειτουργεί. Να τον αντικαταστήσουμε.</p> <p>ε) Η υδραντλία δεν λειτουργεί. Να την επιθεωρήσουμε και να την επισκευάσουμε ή, αν είναι ανάγκη, και να την αντικαταστήσουμε ολόκληρη.</p>

### **Σημείωση:**

Οι παραπάνω ανωμαλίες των βενζινοκινητήρων είναι οι περισσότερες συνηθισμένες. Εκτός από αυτές όμως υπάρχουν και πολλές άλλες, που εμφανίζονται όταν η μηχανή εργάζεται. Η τελεία **γνώση** της μηχανής μας με όλες τις λεπτομέρειες, η καλή της **συντήρηση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή**, οι κανονικές **περιοδικές επιθεωρήσεις της** και η **προσωπική μας πείρα**, με γνώμονα επίσης τις προηγούμενες γενικές οδηγίες, αποτελούν πολύτιμα στοιχεία, με τα οποία κάθε φορά θα αντιμετωπίσουμε με επιτυχία τις ανωμαλίες της και θα τη διατηρήσουμε σε καλή κατάσταση και περισσότερο χρόνο στη ζωή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΟΙ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

#### 22.1 Οι συνηθέστερες ανωμαλίες των πετρελαιοκινητήρων και οι τρόποι αποκαταστάσεώς τους:

<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκαταστάσεως:</b>
1) Η μηχανή δεν εκκινεί.	<p>α) Δεν υπάρχει πετρέλαιο στη δεξαμενή. Πρέπει να τη γεμίσομε.</p> <p>β) Η μηχανή είναι ακόμα κρύα. Πρέπει να την προθερμάνομε κανονικά.</p> <p>γ) Υπάρχει αέρας στη σωλήνωση του πετρελαίου. Να γίνει καλός εξαερισμός του δικτύου και να ελεγχθούν τα παρεμβύσματα στεγανότητας της αντλίας πετρελαίου.</p> <p>δ) Κακή στεγανότητα των βαλβίδων ή κολλημένα ή σπασμένα ελατήρια με συνέπεια η μηχανή να μην κάνει καλή συμπίεση. Να επιθεωρήσομε βαλβίδες και ελατήρια.</p> <p>ε) Η μηχανή είναι πολύ σφιχτή. Να ελέγξομε τη σύσφιξη των αρθρώσεων και να ρυθμίσομε τα διάκενα των τριβέων.</p> <p>στ) Ο αέρας εκκινήσεως δεν έχει αρκετή πίεση. Να συμπληρώσομε τον αέρα των αεροφιαλών στην κανονική πίεση και να δοκιμάσομε ξανά να την εκκινήσομε. (Αν η μηχανή εκκινεί με «μίζα», να ελέγξομε συσσωρευτές και μίζα όπως στις βενζινομηχανές).</p>
2) Το πετρέλαιο δεν αναφλέγεται.	<p>α) Νερό στο πετρέλαιο. Να εξυδατώσομε τη δεξαμενή χρήσεως και να εκκενώσομε το δίκτυο. Να γεμίσομε στη συνέχεια το δίκτυο με καθαρό πετρέλαιο.</p> <p>β) Το φίλτρο του πετρελαίου είναι φραγμένο. Να το καθαρίσομε ή να το αντικαταστήσομε.</p>

<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκαταστάσεως:</b>
	<p>γ) Κακή στεγανότητα βαλβίδων, ασθενής συμπίεση και χαμηλή θερμοκρασία συμπίεσεως. Να καθαρίσουμε ή να επιτρώσουμε τις βαλβίδες ή να τις αντικαταστήσουμε.</p> <p>δ) Κολλημένα ή σπασμένα ελατήρια εμβόλων με αποτέλεσμα χαμηλή συμπίεση. Να τα επιθεωρήσουμε ή να τα αντικαταστήσουμε.</p> <p>ε) Κακή ρύθμιση της αντλίας πετρελαίου. Να τη ρυθμίσουμε στα δεδομένα της μηχανής.</p> <p>στ) Ακάθαρτος εγχυτήρας. Κακή έγχυση. Να καθαρίσουμε τον εγχυτήρα ή και να αλλάξουμε το ακροφύσιό του.</p>
3) Η μηχανή επιβραδύνεται ή σταματά.	<p>α) Ανωμαλία στην αντλία πετρελαίου. Να ελέγξουμε την κατάστασή της.</p> <p>β) Νερό ή αέρας στο πετρέλαιο. Να ελέγξουμε τη σωλήνωση του πετρελαίου και να εξυδατώσουμε τη δεξαμενή χρήσεως.</p> <p>γ) Υπερφόρτωση ή υπερθέρμανση της μηχανής. Να ελαττώσουμε το φορτίο της ή και να την σταματήσουμε τελείως.</p> <p>δ) Ρήγμα στο πώμα ή στο χιτώνιο, από το οποίο εισέρχεται νερό στον κύλινδρο. Να αντικαταστήσουμε το σπασμένο πώμα ή το χιτώνιο.</p> <p>ε) Βαλβίδα εξαγωγής κολημένη σε ανοικτή θέση. Να κρατήσουμε τη μηχανή και να εξαρμόσουμε και να καθαρίσουμε τη βαλβίδα, το ελατήριό της και τον οδηγό της.</p>
4) Η μηχανή υπερχαίνεται.	<p>α) Τυχαία μετάθεση του μοχλού του χειριστηρίου. Να τον επαναφέρουμε στη θέση του.</p> <p>β) Κακή λειτουργία του ρυθμιστή στροφών. Να ελέγξουμε την κατάσταση του, ώστε να εντοπίσουμε το σφάλμα του.</p>
5) Η μηχανή δεν εργάζεται κανονικά.	<p>α) Ο ρυθμιστής δεν εργάζεται κανονικά. Να τον ελέγξουμε.</p> <p>β) Νερό ή αέρας στο πετρέλαιο. Να εξυδατώσουμε το δίκτυο πετρελαίου και τη δεξαμενή χρήσεως. Να εξαερίσουμε επίσης το δίκτυο πετρελαίου.</p>

<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκαταστάσεως:</b>
6) Κτύποι στους κυλίνδρους.	<p>α) Μεγάλη γωνία προεγχύσεως του πετρελαίου. Να ρυθμίσουμε την αντλία πετρελαίου.</p> <p>β) Κακή ποιότητα πετρελαίου. Να χρησιμοποιήσουμε πετρέλαιο των προδιαγραφών που δίνει ο κατασκευαστής.</p> <p>γ) Ακάθαρτοι ή απορρυθμισμένοι εγχυτήρες και υπερφόρτωση της μηχανής. Να καθαρίσουμε τους εγχυτήρες και να ρυθμίσουμε την πίεσή τους ή να αλλάξουμε τα ακροφύσιά τους και να ρυθμίσουμε το φορτίο της μηχανής.</p>
7) Κτύποι τριβέων.	<p>α) Χαλαροί τριβείς. Να ελέγξουμε τη σύσφιξη τους και να ρυθμίσουμε τα διάκενά τους στα κανονικά, δηλαδή να περιστείλουμε τους τριβείς, δηλαδή να «μαζέψουμε τα κουζινέτα».</p>
8) Κτύποι βαλβίδων.	<p>α) Το διάκενό τους είναι μεγάλο. Να το ρυθμίσουμε με το φάλλερ, όταν η μηχανή είναι ζεστή.</p> <p>β) Ελατήρια βαλβίδων σπασμένα. Να τα επιθεωρήσουμε και να τα αντικαταστήσουμε, αν χρειάζεται.</p>
9) Η μηχανή καπνίζει.	<p>α) Οχετός εισαγωγής ακάθαρτος ή είναι φραγμένος. Να τον καθαρίσουμε με προσοχή.</p> <p>β) Φίλτρο αέρα εισαγωγής ακάθαρτο. Να το καθαρίσουμε με προσοχή.</p> <p>γ) Η μηχανή καίει λάδι, οπότε και ο καπνός εξέρχεται γαλάζιος. Να επιθεωρήσουμε ή να αντικαταστήσουμε τα ελατήρια λαδιού των εμβόλων. Στην περίπτωση αυτή πιθανόν να απαιτείται η λείανση (ρεκτιφιέ) των κυλίνδρων και η τοποθέτηση εμβόλων και ελατηρίων υπερδιαμετρήματος (οβερσάιζ).</p> <p>δ) Νερό στο πετρέλαιο, οπότε ο καπνός εξέρχεται λευκός. Να εξυδατώσουμε το δίκτυο και τη δεξαμενή.</p> <p>ε) Ακάθαρτοι εγχυτήρες. Να τους καθαρίσουμε.</p>



<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκατάσεως:</b>
	<p>στ) Κακή καύση, οπότε ο καπνός εξέρχεται μαύρος. Να ελέγξουμε τη ρύθμιση και την κατάσταση των βαλβίδων και εγχυτήρων. Πιθανόν να απαιτηθεί λείανση (ρεκτιφιέ) εδρών και βαλβίδων ή και αντικατάσταση των βαλβίδων.</p> <p>ζ) Πολύς αέρας καύσεως, οπότε ο καπνός εξέρχεται λευκός. Λίγος ο αέρας καύσεως, οπότε ο καπνός εξέρχεται μαύρος. Να ελέγξουμε πάλι τη ρύθμιση της μηχανής, την κατάσταση των βαλβίδων και του εγχυτήρα και την κατάσταση της αντλίας σαρώσεως ή υπερπληρώσεως, αν υπάρχουν.</p> <p>η) Υπερφόρτωση της μηχανής. Να την επαναφέρουμε στο κανονικό της φορτίο.</p>
10) Χαμηλή πίεση λαδιού λιπάνσεως.	<p>α) Αντλία λαδιού δεν λειτουργεί καλά. Να την επιθεωρήσουμε και πιο πολύ τα παρεμβύσματα στεγανότητάς της.</p> <p>β) Απώλειες λαδιού στο δίκτυο. Να το ελέγξουμε προσεκτικά και να συσφίξουμε καλά όλους τους συνδέσμους (ρακόρ).</p> <p>γ) Ελαττωματική λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας. Να την επιθεωρήσουμε και να τη ρυθμίσουμε κανονικά.</p> <p>δ) Το λάδι είναι πολύ ζεστό ή περισσότερο λεπτόρρευστο από το κανονικό. Να ελέγξουμε την ψύξη του και να χρησιμοποιήσουμε λάδι βαρύτερο, σύμφωνα πάντοτε με τις οδηγίες του κατασκευαστή.</p> <p>ε) Μεγάλα διάκενα στους τριβείς. Να τους επιθεωρήσουμε και να ρυθμίσουμε τα διάκενά τους στα κανονικά, δηλαδή να «μαζέψουμε τα κουζινέτα» (αν αυτό προβλέπεται) με προσθήκες. Στην περίπτωση αυτή πάντως μπορεί λόγω φθοράς των κομβίων του στροφαλοφόρου άξονα να απαιτηθεί λείανσή του (ρεκτιφιέ) και αντικατάσταση των τριβέων με νέους τριβείς υποδιαμετρήματος (αντερσάιζ).</p>

<b>Είδος ανωμαλίας:</b>	<b>Πιθανά αίτια – Τρόποι αποκαταστάσεως:</b>
11) Υψηλή πίεση λαδιού.	<p>α) Οι σωληνώσεις είναι φραγμένες. Να τις επιθεωρήσουμε και να τις καθαρίσουμε.</p> <p>β) Η βαλβίδα ανακουφίσεως εργάζεται ελαττωματικά. Να επιθεωρήσουμε το ελατήριό της και να τη ρυθμίσουμε.</p> <p>γ) Το λάδι, που χρησιμοποιούμε, είναι παχύρρευστο. Να το αλλάξουμε με περισσότερο λεπτόρρευστο ανάλογα με την εποχή του έτους και πάντοτε, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.</p>
12) Η μηχανή ζεσταίνεται πολύ κατά τη λειτουργία της.	<p>α) Υπερφόρτωση της μηχανής. Να ελέγξουμε το φορτίο της και να το ελαττώσουμε στο κανονικό.</p> <p>β) Ανεπάρκεια ψυκτικού νερού. Να συμπληρώσουμε τη δεξαμενή διαστολών με νερό.</p> <p>γ) Χαλαρός ή σπασμένος ιμάντας του ανεμιστήρα. Να ρυθμίσουμε την έντασή του ή να τον αντικαταστήσουμε.</p> <p>δ) Θερμοστάτης δεν λειτουργεί. Να τον επιθεωρήσουμε και αν είναι απαραίτητο να τον αντικαταστήσουμε.</p> <p>ε) Ψυγείο ακάθαρμο. Να το καθαρίσουμε με πεπιεσμένο αέρα, αν είναι κτυπηλωτό, ή αν είναι έμμεσης κυκλοφορίας, να το καθαρίσουμε με διάλυση υδροχλωρικού οξέος 1:8.</p> <p>στ) Η υδραντλία δεν λειτουργεί. Να την επιθεωρήσουμε και να αντικαταστήσουμε ό,τι έχει καταστραφεί και στην ανάγκη να αντικαταστήσουμε ολόκληρη την αντλία.</p>

### **Σημείωση:**

Οι παραπάνω ανωμαλίες των πετρελαιοκινητήρων είναι οι περισσότερο συνηθισμένες. Εκτός από αυτές όμως υπάρχουν και πολλές άλλες, που εμφανίζονται όταν η μηχανή εργάζεται. Η τέλεια **γνώση** της μηχανής μας σε όλες τις λεπτομέρειες, η καλή της **συντήρηση**, **σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή**, οι κανονικές **περιοδικές επιθεωρήσεις της** και η **προσωπική μας πείρα**, με γνώμονα επίσης τις προηγούμενες γενικές οδηγίες, αποτελούν τα πιο πολύτιμα στοιχεία, με τα οποία κάθε φορά θα αντιμετωπίσουμε με επιτυχία τις ανωμαλίες της και θα τη διατηρήσουμε σε καλή κατάσταση και περισσότερο χρόνο στη ζωή.

## ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΩΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

#### ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

##### 23.1 Γενικά.

**Υδραυλικοί κινητήρες** καλούνται οι μηχανές, οι οποίες χρησιμοποιούν την υδραυλική ενέργεια για την παραγωγή ωφέλιμου έργου.

Λέγοντας υδραυλική ενέργεια εννοούμε τη δυναμική ενέργεια του νερού, δηλαδή το βάρος ή την πίεσή του ή την κινητική, η οποία και προσδιορίζεται από την ταχύτητα κινήσεώς του.

Οι υδροκινητήρες κατατάσσονται σε τρία βασικά είδη:

– Κινητήρες, οι οποίοι λειτουργούν με το **βάρος** του νερού. Αυτοί καλούνται ειδικότερα **υδραυλικοί τροχοί**.

– Κινητήρες, οι οποίοι λειτουργούν με την **πίεση** του νερού. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι **εμβολοφόροι υδροκινητήρες**, τα **υδραυλικά πιεστήρια** και οι **περιστροφικοί υδροκινητήρες**.

– Κινητήρες, οι οποίοι λειτουργούν με την **κινητική ενέργεια** του νερού. Αυτοί ονομάζονται ειδικότερα **υδροστρόβιλοι**.

Είναι φανερό ότι οι παραπάνω κινητήρες διαφέρουν βασικά από τους θερμικούς κινητήρες, οι οποίοι μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια σε μηχανικό έργο. Οι υδραυλικοί κινητήρες χρησιμοποιούν ως εργαζόμενη ουσία το νερό και μετατρέπουν τη μηχανική ενέργειά του, δηλαδή τη δυναμική ή κινητική του ενέργεια σε μηχανικό έργο.

Από τα τρία είδη υδραυλικών κινητήρων που αναφέρθηκαν, οι υδραυλικοί **τροχοί** χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα και για πολλά χρόνια για την κίνηση διαφόρων μηχανισμών, όπως π.χ. **μύλων, γεννητριών** κλπ., σήμερα όμως χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρή κλίμακα.

Οι **εμβολοφόροι κινητήρες** χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις για την κίνηση ορισμένων **μηχανισμών**, και τα **υδραυλικά πιεστήρια** για την εφαρμογή **πολύ μεγάλων δυνάμεων** με **πολύ μικρή ταχύτητα**, δηλαδή σε μεγάλα πιεστικά μηχανήματα, όπως είναι π.χ. οι καλούμενες υδραυλικές **πρέσες** και οι υδραυλικοί **γρύλοι**.

Οι **υδροστρόβιλοι** τέλος χρησιμοποιούνται σήμερα σε μεγάλη έκταση κυρίως για την κίνηση **ηλεκτρογεννητριών** και κατασκευάζονται σε μονάδες με ποικίλη ισχύ από πολύ μικρής (10 kW) ως και πολύ μεγάλης (μέχρι 500.000 kW).

Ως παράδειγμα μεγάλης χρησιμοποίησης των υδροστροβίλων αναφέρομε ότι το σύνολο σχεδόν της ηλεκτρικής ενέργειας της Ελβετίας παράγεται σήμερα από γεννήτριες που κινούνται από υδροστροβίλους. Στη χώρα μας επίσης χρησιμοποιούνται πολύ, ώστε το 20% περίπου από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η ΔΕΗ να προέρχεται από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσιά της, που κινούνται από υδροστροβίλους.

Αναγκαία προϋπόθεση για τη λειτουργία των υδραυλικών κινητήρων γενικά είναι ότι πρέπει να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ποσότητα νερού. Γι' αυτό και οι κινητήρες αυτοί εγκαθίστανται πάντοτε σε μέρη όπου υπάρχει άφθονο νερό, π.χ. κοντά σε ποτάμια, λίμνες κλπ. Σε πολλές περιπτώσεις κατασκευάζονται ειδικά μεγάλα υδραυλικά έργα (**φράγματα, τεχνητές λίμνες** κλπ.) για να δεσμευθούν κατάλληλα οι αναγκαίες ποσότητες νερού, που απαιτούνται για τη συνεχή λειτουργία τους και να γίνει εκμεταλλεύσιμο το ύψος της υδατοπτώσεως.

### 23.2 Οι υδατοπτώσεις.

Αυτές διακρίνονται σε φυσικές και τεχνητές.

– **Φυσικές** λέγονται εκείνες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς την κατασκευή μεγάλων τεχνητών έργων.

– **Τεχνητές** εξ άλλου είναι εκείνες που δημιουργούνται μετά από κατάλληλη διαμόρφωση του εδάφους και κατασκευή των απαιτούμενων τεχνικών έργων όπως φράγματα, διώρυγες κλπ. και είναι οι περισσότερες από αυτές που βρίσκονται υπό εκμετάλλευση.

Διακρίνονται σε:

- Υψηλές, ύψους πάνω από 50 m.
- Μεσαίες, ύψους μεταξύ 15 - 50 m και
- χαμηλές, ύψους μικρότερου από τα 15 m.

Χαρακτηρίζονται επίσης ως μεγάλης ισχύος, δηλαδή πάνω από 5.000 PS, μέσης μεταξύ 500 - 5.000 PS και χαμηλής κάτω από 500 PS.

### 23.3 Οι υδραυλικοί τροχοί.

Οι υδραυλικοί τροχοί, εργάζονται με το βάρος του νερού, το οποίο πέφτει από μικρό σχετικά ύψος, έχουν μεγάλες διαστάσεις και βάρος σε σύγκριση με την ισχύ που αποδίδουν, η οποία εξ άλλου χαρακτηρίζεται και ως μικρή. Ως μικρή επίσης χαρακτηρίζεται και η ταχύτητα με την οποία περιστρέφονται.

Το σχήμα 23.3α παριστάνει ένα χαρακτηριστικό τύπο υδραυλικού τροχού. Παρατηρούμε ότι αποτελείται από τον τροχό (Τ), ο οποίος φέρει στην περιφέρειά του ακτινικούς προβόλους (π), οι οποίοι διαπερνώνται από έναν πείρο. Ο τροχός περιβάλλεται από μια αλυσίδα, η οποία φέρει σε ίσες αποστάσεις τα ελάσματα (Λ), τα οποία ακουμπούν επάνω στους προβόλους (π).

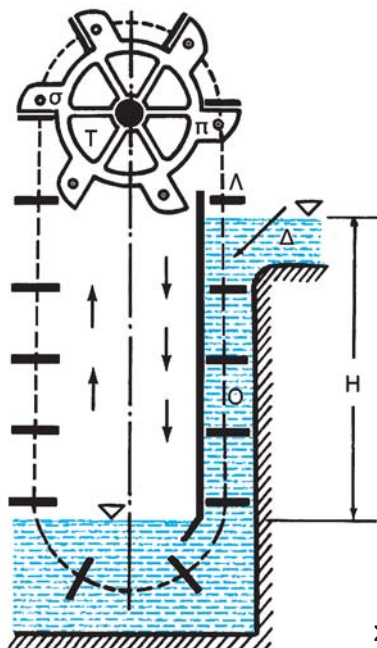
Το νερό πέφτει από τη στάθμη της δεξαμενής (Δ) μέσω του οχετού (Ο), ωθεί με το βάρος του όλα τα ελάσματα (Λ), τα οποία περιέχονται στο ύψος (Η), δηλαδή μέσα στη διαφορά στάθμης από τη δεξαμενή μέχρι τον οχετό απαγωγής του νερού, και αναγκάζει έτσι τον τροχό (Τ) σε περιστροφική κίνηση.

Μια άλλη μορφή τροχού αυτής της κατηγορίας παριστάνει το σχήμα 23.3β. Σ' αυτό αντί για επίπεδα ελάσματα, χρησιμοποιούνται κύπελλα συνδεδεμένα σε αλυσιδωτή διάταξη μεταξύ

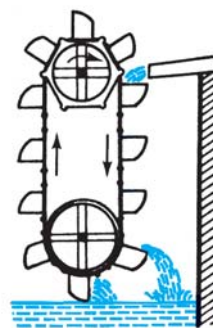
τους. Η όλη λειτουργία του τροχού αυτού είναι ίδια με τη λειτουργία του προηγούμενου.

Ένα περισσότερο εξελιγμένο είδος υδραυλικών τροχών, που μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ως τον πρόδρομο των υδροστροβίλων, είναι αυτό στο οποίο τα κύπελλα φέρονται σταθερά προσαρμοσμένα στην περιφέρεια του ίδιου του τροχού.

Τα σχήματα 23.3γ, 23.3δ, 23.3ε παριστάνουν τρεις υδραυλικούς τροχούς αυτής της κατηγορίας. Σε όλους αυτούς ( $D$ ) είναι η διάμετρος του τροχού και ( $H$ ) η εκμεταλλεύσιμη διαφορά στάθμης του νερού. Παρατηρούμε ότι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το σημείο, όπου



Σχ. 23.3α.



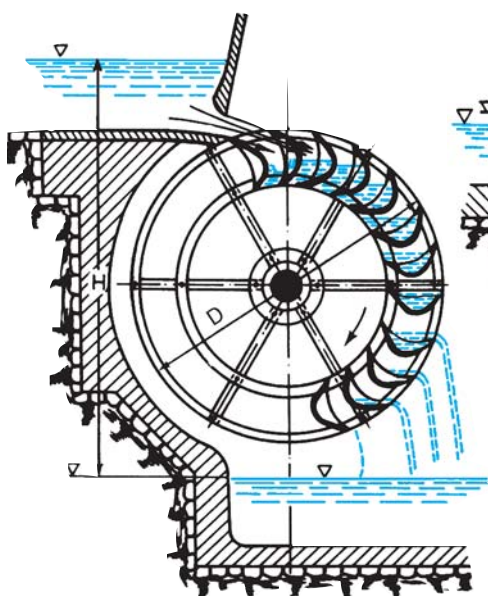
Σχ. 23.3β.

πραγματοποιείται η είσοδος ή η προσβολή του νερού. Έτσι ο τροχός του σχήματος 23.3γ λέγεται τροχός **άνω προσβολής**, του σχήματος 23.3δ **μεσαίας προσβολής** και του σχήματος 23.3ε **κάτω προσβολής**.

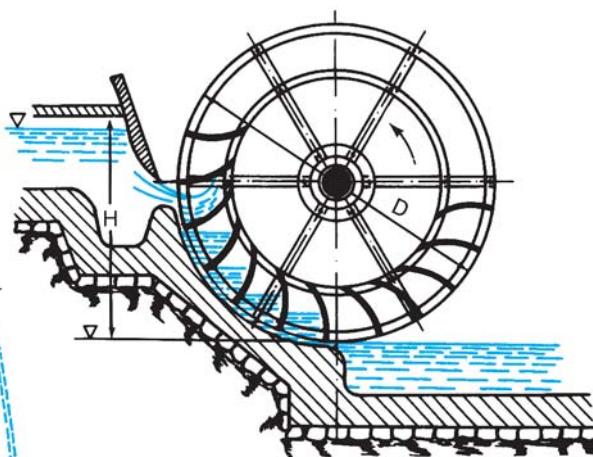
Οι τροχοί αυτοί περιστρέφονται με το βάρος του νερού, που βρίσκεται σε όσα κύπελλα είναι γεμάτα. Η ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται ο τροχός, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο περισσότερα είναι τα γεμάτα κύπελλα και όσο η θέση, από την οποία πέφτει το νερό βρίσκεται ψηλότερα. Το ύψος ( $H$ ), από το οποίο πέφτει το νερό στην προκειμένη περίπτωση, έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί η περιστροφή του τροχού στην πραγματικότητα δεν γίνεται μόνο από το βάρος του νερού, αλλά και από τη δύναμη κρούσεως, που εφαρμόζει αυτό λόγω της ταχύτητάς του.

#### 23.4 Εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες και υδραυλικά πιεστήρια.

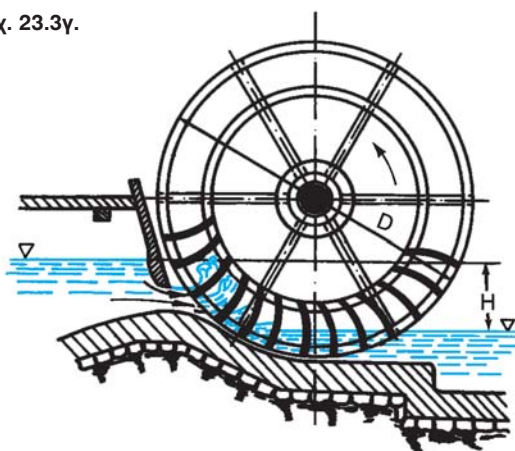
Η λειτουργία τους, όπως είπαμε στην αρχή, βασίζεται στη χρησιμοποίηση της πίεσεως του νερού ή άλλου υγρού, το οποίο εργάζεται μέσα σ' αυτούς για την παραγωγή μηχανικού έργου.



Σχ. 23.3γ.



Σχ. 23.3δ.



Σχ. 23.3ε.

### 23.4.1 Οι εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες.

Το σχήμα 23.4α παριστάνει σε τομή ένα εμβολοφόρο υδραυλικό κινητήρα συνηθισμένης μορφής. Σ' αυτόν ως εργαζόμενη ουσία χρησιμοποιείται το νερό, το οποίο κατέχεται με σωλήνα από μια λίμνη ή δεξαμενή ή διώρυγα κλπ., που βρίσκονται σε ψηλή στάθμη (ενώ ο υδραυλικός κινητήρας βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη).

Το νερό στο κάτω άκρο του σωλήνα (κ) έχει πίεση, κατά τα γνωστά από την Υδραυλική, ανάλογη με το στατικό ύψος του σημείου εισόδου του στον κινητήρα, δηλαδή ανάλογη προς το ύψος της στήλης του νερού. Με αυτή λοιπόν την πίεση εισέρχεται στον κύλινδρο μέσω θυρίδας, που αφήνει κάθε φορά ανοικτή ο σύρτης (Σ) του μηχανήματος, και ωθεί το έμβολο προς τα

αριστερά ή προς τα δεξιά ανάλογα. Το βάκτρο του εμβόλου περιστρέφει στη συνέχεια τον τροχό (Τ) χωρίς την παρεμβολή διωστήρα. Καθώς περιστρέφεται ο τροχός (Τ) και αφού δεν παρεμβάλλεται διωστήρας, το όλο σώμα του κυλίνδρου ταλαντεύεται δεξιά-αριστερά, ώστε οι θυρίδες του να αντικυρίζουν εναλλακτικά τη μία φορά το χώρο εξαγωγής του νερού, ο οποίος συγκοινωνεί με το σωλήνα (κ) και την άλλη το χώρο εξαγωγής. [Η εξαγωγή γίνεται από το εσωτερικό του σύρτη (Σ), ο οποίος παραμένει ακίνητος].

Με αυτόν τον τρόπο, όταν από τη μια θυρίδα γίνεται εισαγωγή νερού στον κύλινδρο, από την άλλη γίνεται εξαγωγή του νερού, που είχε εισαχθεί προηγουμένως, και αυτό επαναλαμβάνεται αδιάκοπα, εφ' όσον ο κινητήρας τροφοδοτείται με νερό και βρίσκεται σε λειτουργία.

Ο κινητήρας εργάζεται όπως η παλινδρομική ατμομηχανή, χωρίς όμως εκτόνωση λόγω του ότι, όπως από την Υδραυλική γνωρίζουμε, ο όγκος του νερού είναι πρακτικά αμετάβλητος.

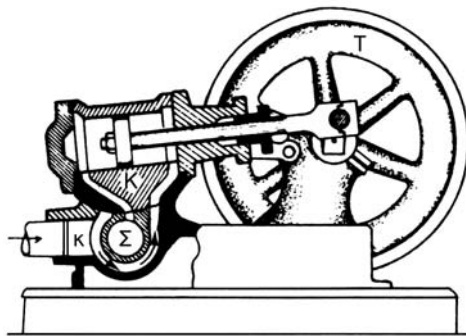
Εκτός από τον παραπάνω τύπο υπάρχουν και άλλοι τύποι εμβολοφόρων υδροκινητήρων στους οποίους ο σύρτης κινείται από το βάκτρο τους με τη βοήθεια τροχαλίας, αντίβαρου κλπ. Όλοι όμως, όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιούνται πολύ λίγο σήμερα.

### 23.4.2 Τα υδραυλικά πιεστήρια.

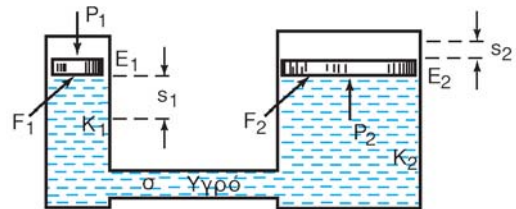
Το υδραυλικό πιεστήριο είναι και αυτό μια υδραυλική μηχανή που αναπτύσσει μεγάλη δύναμη με πολύ μικρή ταχύτητα. Η λειτουργία του βασίζεται στην αρχή του Pascal.

Στο σχήμα 23.4β δίνεται διαγραμματικά η λειτουργία ενός υδραυλικού πιεστήριου. Αυτό αποτελείται από δύο κυλίνδρους ( $K_1 - K_2$ ), με μικρή και μεγάλη διάμετρο, γεμάτες με υγρό. Οι κύλινδροι συγκοινωνούν μεταξύ τους με το σωλήμα (σ) και κλείνονται επάνω με τα έμβολα ( $E_1$ ) και ( $E_2$ ) μικρής και μεγάλης διαμέτρου αντίστοιχα.

Αν επάνω στο μικρό έμβολο ( $E_1$ ) εξασκήσουμε μια δύναμη ( $P_1$ ), η πίεση επάνω στην



Σχ. 23.4α.



Σχ. 23.4β.

επιφάνεια ( $F_1$ ) του υγρού θα είναι:

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, η πίεση επάνω στην επιφάνεια ( $F_2$ ) θα είναι η ίδια, δηλαδή ίση με ( $p_E$ ), και επομένως η δύναμη, η οποία θα εξασκείται επάνω στην επιφάνεια ( $F_2$ ), θα είναι:  $P_2 = F_2 \cdot p_E$ .

Θα έχουμε επομένως:



και συνεπώς:

$$p_a = \frac{P_1}{F_1}$$

Αυτό σημαίνει ότι οι δυνάμεις που εφαρμόζονται πάνω στα έμβολα είναι ανάλογες με την επιφάνειά τους.

Με άλλα λόγια με μια μικρή δύναμη ( $P_1$ ) επάνω στο μικρό έμβολο, δημιουργούμε στη μάζα του υγρού πίεση ( $p_e$ ), η οποία εφαρμοζόμενη πάνω στην επιφάνεια του μεγάλου εμβόλου μας δημιουργεί τη δύναμη ( $P_2$ ). Αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη από την ( $P_1$ ), όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση μεταξύ των επιφανειών των εμβόλων ( $F_2:F_1$ ).

Από τη σχέση αυτή αντιλαμβανόμαστε ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του εμβόλου ( $E_2$ ), το οποίο καλείται **ανυψωτικό**, σε σχέση με την επιφάνεια του εμβόλου ( $E_1$ ), το οποίο καλείται **κινητήριο**, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το βάρος που μπορούμε να ανυψώσουμε με το έμβολο ( $E_2$ ) ή γενικότερα τόσο μεγαλύτερη η αντίσταση, που μπορούμε να υπερνικήσουμε με τη δύναμη ( $P_1$ ), που εφαρμόζουμε στο μικρό έμβολο. Δηλαδή μπορούμε να πούμε ότι το υδραυλικό πιεστήριο ενεργεί ως είδος **υδραυλικού μοχλού**.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι οι διαδρομές των δύο εμβόλων είναι αντιστρόφως ανάλογες προς τις επιφάνειές τους.

Οι ταχύτητες επίσης κινήσεως του κινητηρίου εμβόλου και του ανυψωτικού βρίσκονται σε σχέση αντίστροφη προς τις επιφάνειές τους, όπως προκύπτει αν εφαρμόσουμε την εξίσωση της συνέχειας της ροής.

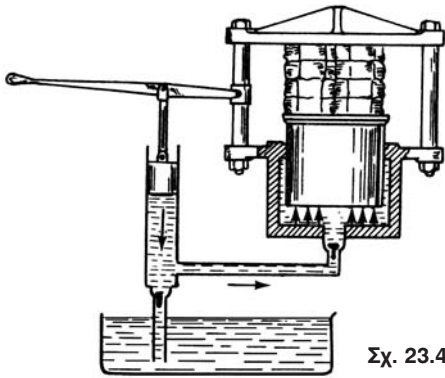
Στο σχήμα 23.4γ παριστάνεται ένα συνηθισμένης μορφής υδραυλικό πιεστήριο, χρησιμοποιούμενο για την άσκηση δυνάμεως συμπίεσεως.

Στη βιομηχανία υπάρχουν πολλές εφαρμογές του υδραυλικού πιεστηρίου, όπως π.χ. στους υδραυλικούς ανυψωτήρες (γυάλους), τις υδραυλικές τροχοπέδες (φρένα των αυτοκινήτων), τους υδραυλικούς συμπιεστές (πρέσες και σφύρες) κ.ά.

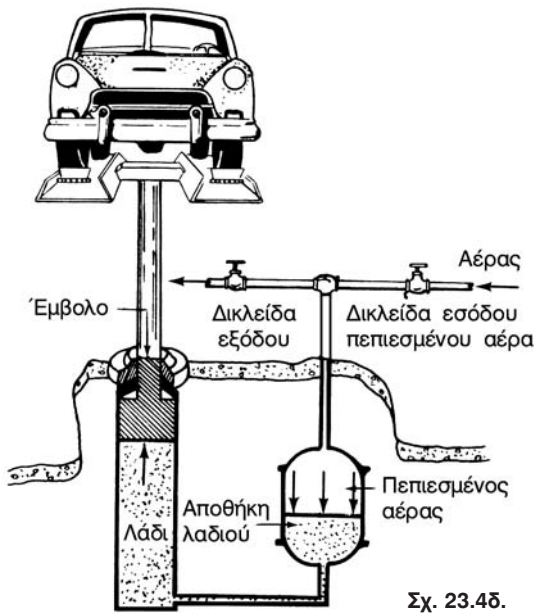
Το σχήμα 23.4δ παριστάνει υδραυλικό ανυψωτήρα αυτοκινήτων που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα, ο οποίος και δημιουργεί την κινητήρια δύναμη πάνω στην επιφάνεια του εργαζόμενου υγρού.

Στο σχήμα 23.4ε παριστάνεται διαγραμματικά η υδραυλική τροχοπέδη.

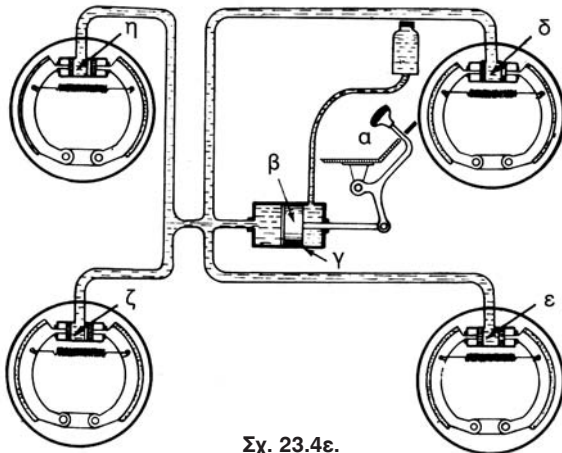
Η τροχοπέδη αυτή ενεργοποιείται με την πίεση του ποδιού μας πάνω στον ποδομοχλό ( $\alpha$ ) του φρένου του αυτοκινήτου, με την οποία προκαλούμε τη μετακίνηση του εμβόλου ( $\beta$ ) μέσα στον κύλινδρο ( $\gamma$ ). Αυτός είναι γεμάτος με λάδι και συγκοινωνεί με τέσσερεις κυλίνδρους ( $\delta, \epsilon, \zeta, \eta$ ), οι οποίοι είναι τοποθετημένοι από ένας σε κάθε τροχό. Η πίεση, που ασκείται στον κεντρικό κύλινδρο ( $\gamma$ ), λόγω της μετακινήσεως του εμβόλου ( $\beta$ ), μεταβιβάζεται με το υγρό στους άλλους κυλίνδρους και προκαλεί τη μετακίνηση των εμβόλων τους, τα οποία τελικά ωθούν τις σιαγόνες των φρένων. Οι σιαγόνες εφάπτονται στα τύμπανα, που είναι συνδεδεμένα με



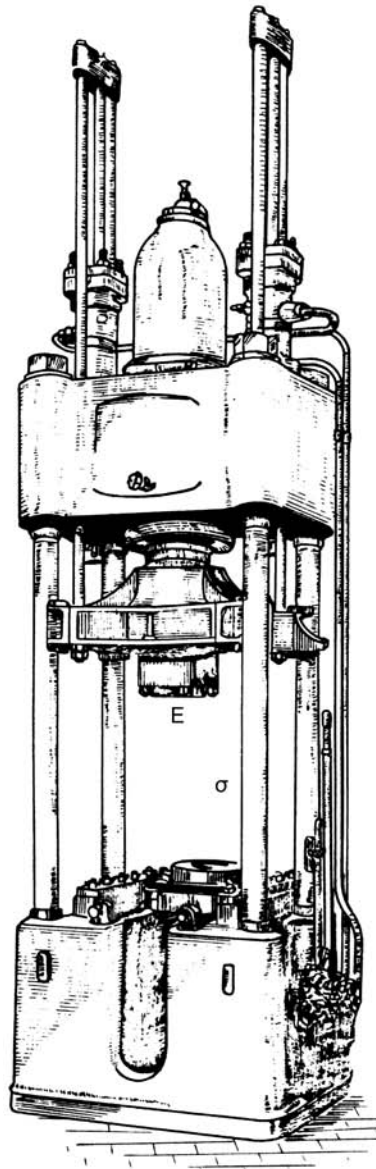
Σχ. 23.4γ.



Σχ. 23.4δ.



Σχ. 23.4ε.



Σχ. 23.4στ.

τους τροχούς, και με την τριβή, που δημιουργείται, αναγκάζουν το αυτοκίνητο να σταματήσει.

Το σχήμα 23.4στ τέλος παριστάνει ένα βαρέος τύπου υδραυλικό πίεστρο (πρέσα) από αυτές που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία.

Γενικά σε κάθε πίεστρο εισάγεται το νερό ή άλλο υγρό με υψηλή πίεση και προκαλεί τη μετακίνηση του εμβόλου (Ε), το οποίο κινείται ευθύγραμμα και κατακόρυφα με τη βοήθεια καταλλήλων οδηγών (σ).

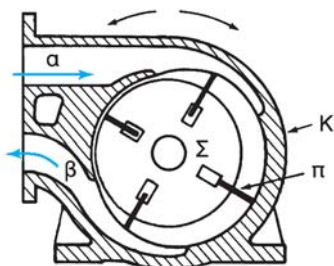
Με τα πίεστρα αυτά μπορούμε να αναπτύξουμε πολύ μεγάλες δυνάμεις συμπίεσης, οι οποίες πολλές φορές φθάνουν σε αρκετές χιλιάδες τόνους. Αυτά χρησιμοποιούνται και για τη σφυρηλάτηση χονδρών μεταλλικών τεμαχίων σε σιδηρουργεία, ελασματοουργεία κλπ., και τότε ονομάζονται **υδραυλικές σφύρες**.

### 23.4.3 Περιτροφικοί υδραυλικοί κινητήρες.

Ένας κινητήρας αυτής της κατηγορίας, περυνιοφόρος, φαίνεται στο σχήμα 23.4ζ.

Αποτελείται από το **στροφείο** (Σ) ή δρομέα, που περιστρέφεται εκκεντρικά ως προς το **κέλυφος** (Κ).

Το στροφείο φέρει ακτινικούς αύλακες, μέσα στους οποίους παλινδρομούν τα **πτερύγια** (π) ωθούμενα, από ελατήρια τα οποία είναι τοποθετημένα μέσα σε κάθε αύλακα, προς την περιφέρεια. Κατά την περιστροφή τους εφάπτονται στο εσωτερικό του κελύφους. Ο κινητήρας εργάζεται με λάδι ή νερό, το οποίο παρέχει μια αντλία περιστροφικού τύπου υπό πίεση 30 bar. Το λάδι εισέρχεται από τον αγωγό (α), περιστρέφει τον κινητήρα και μέσω του αγωγού (β) επιστρέφει πάλι προς την αντλία σε κλειστό κύκλωμα.



Σχ. 23.4ζ.

Το όλο σύστημα συνδέεται με ανακουφιστική βαλβίδα και με μια δεξαμενή διακυμάνσεων για τυχόν υπερπίεσεις κατά τη λειτουργία και για την αναπλήρωση τυχόν απωλειών από ελαττωματική στεγανότητα.

Ο μηχανισμός ελέγχου τοποθετείται στο περιανχένιο (φλάντζα) του κινητήρα. Αυτός αποτελείται από ένα κιβώτιο μέσα στο οποίο βρίσκεται ο **ελαιοδιανομέας**.

Το **ελαιοκιβώτιο** συνδέεται με το σωλήνα καταθλίψεως της ελαιαντλίας, και με το σωλήνα επιστροφής του λαδιού προς αυτήν.

Ο ελαιοδιανομέας συνδέεται με ένα μοχλό χειρισμού τον οποίο χειριζόμαστε εξωτερικά με τρόπο, ώστε να ελέγχουμε τη ροή του λαδιού μέσα στον κινητήρα. Μπορούμε να τοποθετήσουμε το μοχλό χειρισμού σε τρεις διαφορετικές θέσεις, δηλαδή:

– Σε θέση που επιτρέπει τη ροή του λαδιού από το σωλήνα (α) προς τον (β), οπότε ο κινητήρας στρέφει προς τα δεξιά.

– Σε θέση που επιτρέπει τη ροή του λαδιού από το σωλήνα (β) προς τον (α), οπότε αυτός στρέφει προς τα αριστερά.

– Σε ουδέτερη θέση για την άεργη λειτουργία, δηλαδή με την αντλία κινούμενη και τον κινητήρα ακίνητο, οπότε το λάδι που καταθλίβει η αντλία μεταβαίνει με κατάλληλο παρακαμπτήριο οχετό, που σχηματίζεται μέσα στο ελαιοκιβώτιο, κατευθείαν προς το σωλήνα επιστροφής.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η αντλία εργάζεται πάντοτε προς μια φορά περιστροφής και η ροή του λαδιού στις σωληνώσεις είναι πάντοτε η ίδια ανεξάρτητα από τη φορά περιστροφής του κινητήρα.

Η μεταβολή της φοράς περιστροφής του κινητήρα γίνεται με αναστροφή της ροής του λαδιού μέσα σ' αυτόν που πραγματοποιεί ο ελαιοδιανομέας.

Ο κινητήρας αυτός καθώς και άλλοι παρόμοιοι κινητήρες περιστροφικού τύπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε μηχανήματα φορτοεκφορτώσεως ή κινήσεως γεφυρών, γερανών κλπ.

### 23.5 Υδροστρόβιλοι.

Στους υδροστρόβιλους για την παραγωγή έργου χρησιμοποιείται κυρίως η ταχύτητα του νερού, δηλαδή **η κινητική του ενέργεια**.

Αυτή αποκτάται κατά την εκροή ή την πτώση του από υψηλή σε χαμηλότερη στάθμη. Η ταχύτητα αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο και η διαφορά στάθμης ή ύψους είναι μεγαλύτερη.

Έτσι στις εγκαταστάσεις αποταμιεύσεως του νερού με μεγάλο ύψος, το νερό εισέρχεται στον υδροστρόβιλο με πολύ μεγάλη ταχύτητα, ενώ στις εγκαταστάσεις ροής, στις οποίες εκμεταλλευόμαστε την ταχύτητα του νερού ενός ποταμού π.χ., η ταχύτητα αυτή είναι μικρότερη.

Την ταχύτητα του νερού εκμεταλλευόμαστε διοχετεύοντας αυτό κατάλληλα, ώστε να το αναγκάσουμε να περάσει μέσα από τα πτερόγια ενός στρόβιλου ή να κτυπήσει τα κύπελλα ενός τροχού και να προκαλέσει την περιστροφή του άξονά τους, από τον οποίο και παραλαμβάνεται το μηχανικό έργο.

Οι υδροστρόβιλοι χρησιμοποιούνται συνήθως, για να κινούν ηλεκτρογεννήτριες παραγωγής ρεύματος και είναι διαδεδομένοι σε όλο τον κόσμο, γιατί με αυτούς ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται την ενέργεια των υδατοπτώσεων, τις οποίες του παρέχει η φύση, όπως του παρέχει και τα διάφορα καύσιμα. Γι' αυτό άλλωστε μεταφορικά οι υδατοπτώσεις ονομάζονται και **λευκός άνθρακας**.

Ο υδροστρόβιλοι γενικά κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: σε υδροστρόβιλους **δράσεως** και υδροστρόβιλους **αντιδράσεως**.

Ανάλογα με τη διεύθυνση ροής του νερού μέσα τους, οι υδροστρόβιλοι και των δύο κατηγοριών διακρίνονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

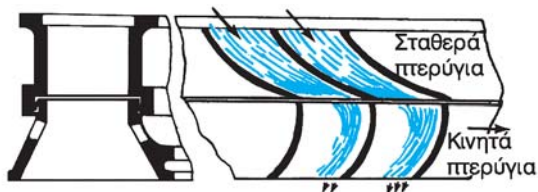
- **Ακτινικής ροής.**
- **Αξονικής ροής.**
- **Εφαπτομενικής ροής.**

Στους υδροστρόβιλους **δράσεως** όλη η ενέργεια, την οποία περιέχει το νερό, όταν πέφτει από ένα ύψος, μετατρέπεται πρώτα σε κινητική ενέργεια. Τη μετατροπή αυτή επιτυγχάνουμε

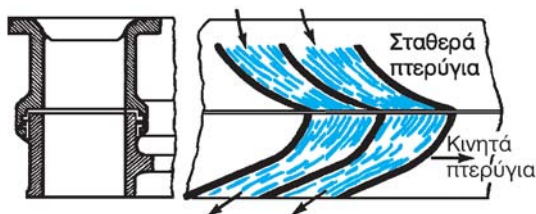
αναγκάζοντας το νερό να περάσει από σταθερά πτερύγια (σχ. 23.5α), τα οποία είναι διαμορφωμένα σε σκαφίδια ή ακροφύσια, όπως στους ατμοστρόβιλους. Στη συνέχεια το νερό περνά με μεγάλη ταχύτητα από τα κινητά πτερύγια του τροχού, **χωρίς να γεμίζει τους αύλακες** τους σε όλο το πλάτος τους, κτυπά πάνω σε αυτούς, προκαλεί την περιστροφή του τροχού, αλλάζει κατεύθυνση και εξέρχεται από το στρόβιλο. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το νερό μπορεί να στέλνεται σε όλη την περιφέρεια του τροχού ή σε ένα τόξο της (όπως και στους ατμοστρόβιλους), το καλούμενο **τόξο εγχύσεως** ή **τόξο προσβολής**. Ο υδροστρόβιλος πρέπει να τοποθετείται στη χαμηλότερη θέση της στήλης του νερού. Η ταχύτητα τέλος με την οποία περιστρέφεται ο στρόβιλος, ρυθμίζεται εύκολα χωρίς μεγάλες απώλειες.

Στους υδροστρόβιλους **αντιδράσεως** εξ άλλου (σχ. 23.5β) ένα μέρος μόνο από την ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο παραμένει μέσα σ' αυτό με μορφή δυναμικής ενέργειας ή πίεσεως. Τα σταθερά πτερύγια των υδροστρόβιλων αντιδράσεως τοποθετούνται σε όλη την περιφέρειά τους ενώ το νερό βρίσκεται υπό πίεση μέσα στα σταθερά και στα κινητά πτερύγια, των οποίων οι αύλακες είναι πάντοτε γεμάτοι νερό. Γι' αυτό ο στρόβιλος αντιδράσεως μπορεί να εργάζεται και όταν το νερό κατά την εξαγωγή του εκρέει ελεύθερα, αλλά και όταν ακόμη κατευθύνεται σε δεξαμενή της οποίας η στάθμη μπορεί να βρίσκεται ως και 8 μέτρα περίπου ψηλότερα από τα κινητά πτερύγια του. Κατά τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής του υδροστρόβιλου αυτού ανακύπτουν υπολογίσιμες κάθε φορά απώλειες.

Είναι φανερό ότι στους υδροστρόβιλους αντιδράσεως (όπως και στους ατμοστρόβιλους) το νερό δρα και με τη δύναμη **δράσεως**, λόγω της **ταχύτητάς** του και με τη δύναμη **αντιδράσεως**, λόγω της **πίεσεώς** του. Ώστε και εδώ, όπως και στους ατμοστρόβιλους,



Σχ. 23.5α.



Σχ. 23.5β.

μπορούμε να πούμε ότι οι υδροστρόβιλοι αντιδράσεως δεν είναι στρόβιλοι καθαρής αντιδράσεως, αλλά ότι σ' αυτούς το έργο του νερού πραγματοποιείται ως ένα ποσοστό λόγω δράσεως και το υπόλοιπο λόγω αντιδράσεως. Η σχέση δράσεως - αντιδράσεως καλείται και εδώ **βαθμός αντιδράσεως**.

Η ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής των υδροστρόβιλων επιτυγχάνεται με παλινδρομικούς **ρυθμιστές ελαιοδυναμικού τύπου** όπως περίπου αυτοί που περιγράφονται στο βιβλίο Κινητήριες Μηχανές Ι για τους ατμοστρόβιλους (παράγρ. 31.2). Αυτοί επιδρούν στο μηχανισμό ελέγχου της παροχής του κινητήριου ρευστού στον υδροστρόβιλο.

### 23.6 Υδροστρόβιλοι δράσεως ακτινικής ροής.

Το σχήμα 23.6 παριστάνει έναν υδροστρόβιλο αυτής της κατηγορίας στην απλή του μορφή.

Το σταθερό μέρος του (Σ) βρίσκεται στο κέντρο. Στην περιφέρεια και σε δύο τόξα, τα οποία βρίσκονται το ένα απέναντι στο άλλο, υπάρχουν **σταθερά πτερύγια** (Π), που σχηματίζουν σκαφίδια ή **σταθερά ακροφύσια**. Οι κυλινδρικοί **σύρτες** (Τ) χρησιμεύουν, ώστε με μερική στροφή τους να ρυθμίζουν τον αριθμό των ακροφυσίων που θα παραμείνουν ανοικτά με σκοπό τη ρύθμιση της ταχύτητας και της ισχύος του στροβίλου. Στη θέση που παριστάνει το σχήμα 23.6, οι σύρτες (Τ) έχουν αφήσει ανοικτά όλα τα ακροφύσια. Ο τροχός (Δ) φέρει πάνω σ' αυτόν τα κινητά πτερύγια.

Το νερό εισέρχεται στο κέντρο του σταθερού μέρους (Σ), περνά από τα σταθερά ακροφύσια και όλη η δυναμική του ενέργεια λόγω πίεσεως μετατρέπεται σε ταχύτητα. Με αυτή δρα επάνω στα **κινητά πτερύγια**, τα οποία κυπά, και προκαλεί την περιστροφή του τροχού (Δ), από τον άξονα του οποίου παραλαμβάνεται το έργο.

Η ροή του νερού στο στρόβιλο αυτό πραγματοποιείται κατά την έννοια της ακτίνας με φορά **από το κέντρο προς την περιφέρεια**.

Σε άλλους στρόβιλους αυτής της κατηγορίας η ροή του νερού πραγματοποιείται κατά την έννοια της ακτίνας πάλι με φορά όμως **από την περιφέρεια προς το κέντρο**.

### 23.7 Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως ακτινικής ροής.

Το σχήμα 23.7 παριστάνει ένα στρόβιλο αυτής της κατηγορίας. Στο κέντρο του υπάρχει σταθερός **δακτύλιος** (Δ), ο οποίος σε όλη την περιφέρειά του φέρει **σταθερά πτερύγια**. Ο κινητός **τροχός** (Τ) φέρει επίσης σε όλη του την περιφέρεια τα **κινητά πτερύγια**.

Καθώς το νερό διέρχεται μέσα από τα σταθερά πτερύγια, ένα μέρος από τη δυναμική του ενέργεια μετατρέπεται σε ταχύτητα. Με την ταχύτητα αυτή το νερό περνά από τα κινητά πτερύγια του τροχού (Τ) και τα ωθεί με τη δύναμη **δράσεως**. Ακόμα μέσα στα κινητά πτερύγια πέφτει η πίεση του νερού και με αυτόν τον τρόπο το νερό αποδίδει και το υπόλοιπο μέρος από την ενέργειά του και ωθεί τα πτερύγια με τη δύναμη **αντιδράσεως**.

Με αυτό τον τρόπο, όπως είπαμε και στην παράγραφο 23.5, το έργο στο στρόβιλο αυτόν παράγεται λόγω **δράσεως και αντιδράσεως** ταυτόχρονα, οι οποίες και προκαλούν την περιστροφή του στροφείου του.

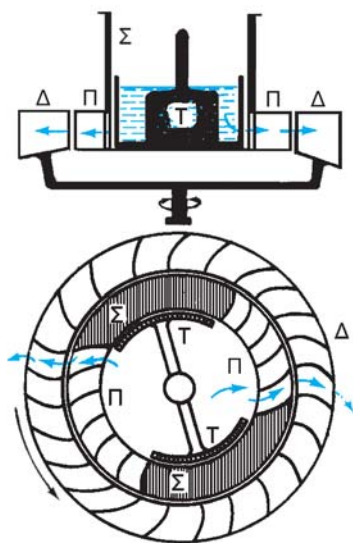
Χαρακτηριστικό στο στρόβιλο αντιδράσεως είναι ότι τα **κινητά πτερύγια του είναι γεμάτα νερό**, πράγμα που επιβάλλει όπως τα σταθερά πτερύγια του εκτείνονται σε όλη την περιφέρεια.

Για τη ρύθμιση της ποσότητας του νερού, που διέρχεται από το στρόβιλο τοποθετούμε μεταξύ σταθερών - κινητών πτερυγίων τον κύλινδρο (Κ), ο οποίος είναι κινητός πάνω - κάτω και περιορίζει ή αυξάνει τη ροή του νερού, ή δίνουμε κατάλληλη κλίση στα σταθερά πτερύγια. Έτσι επιτυγχάνουμε τη ρύθμιση και της ταχύτητας περιστροφής του υδροστροβίλου και της ισχύος του.

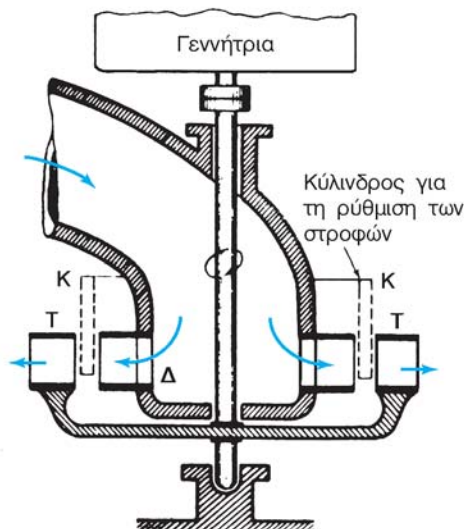
Στο στρόβιλο αυτό η ροή πραγματοποιείται κατά την έννοια της ακτίνας με φορά **από το κέντρο προς την περιφέρεια**.

Σε άλλους στρόβιλους αυτής της κατηγορίας η ροή είναι πάλι ακτινική με κατεύθυνση όμως **από την περιφέρεια προς το κέντρο**.





Σχ. 23.6.



Σχ. 23.7.

Σ' αυτούς ο σταθερός δακτύλιος με τα σταθερά πτερύγια είναι εξωτερικός, ενώ ο κινητός με τα κινητά εσωτερικός.

### 23.8 Υδροστρόβιλοι αξονικής ροής.

Οι στρόβιλοι αυτοί αποτελούνται βασικά από ένα **σταθερό δακτύλιο**, ο οποίος στην περιφέρειά του φέρει τα **σταθερά ακροφύσια** (σχ. 23.8). Κάτω από αυτά βρίσκεται ο ομόκεντρος κινητήριος τροχός, ο οποίος φέρει στην περιφέρειά του τα **κινητά πτερύγια**.

Η ροή του νερού εδώ έχει κατεύθυνση παράλληλη με τον άξονα των δακτυλίων.

Μέσα στα σταθερά πτερύγια το νερό αποκτά κινητική ενέργεια, δηλαδή ταχύτητα και ενεργεί στη συνέχεια στα κινητά λόγω δράσεως μόνο ή λόγω δράσεως και αντιδράσεως συγχρόνως (εάν ο υδροστρόβιλος είναι δράσεως ή αντιδράσεως αντίστοιχα).

Στους στροβίλους δράσεως αξονικής ροής όλη η δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ταχύτητα ενώ στους στροβίλους αντιδράσεως ένα μέρος μόνο από αυτή μετατρέπεται σε ταχύτητα, ενώ το υπόλοιπο παραμένει ως πίεση, ώστε η ενέργεια του νερού μέσα σ' αυτούς να προέρχεται από δράση και αντίδραση ταυτόχρονα.

### 23.9 Υδροστρόβιλοι εφαπτομενικής ροής.

Το χαρακτηριστικό αυτών των υδροστροβίλων είναι ότι η ροή του νερού πραγματοποιείται κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης του τροχού (σχ. 23.9).

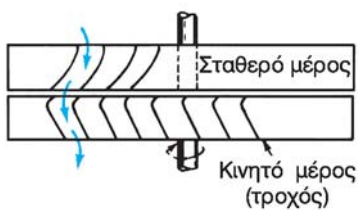
Το νερό προσβάλλει τα κυπελλοειδή πτερύγια του τροχού, εξερχόμενο με ταχύτητα από ένα ή δύο ακροφύσια τοποθετημένα κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης του τροχού, τον οποίο και αναγκάζει έτσι σε περιστροφική κίνηση.

Χαρακτηριστικός τύπος υδροστροβίλου εφαπτομενικής ροής είναι ο υδροστρόβιλος Pelton, τον οποίο θα περιγράψουμε στα επόμενα.

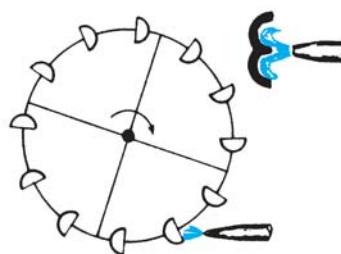


### 23.10 Υδροστρόβιλοι μικτής ροής.

Εκτός από τις παραπάνω κατηγορίες κατασκευάστηκαν και υδροστρόβιλοι στους οποίους γίνεται χρήση της ακτινικής και της αξονικής ροής ταυτόχρονα, οι οποίοι ονομάζονται υδροστρόβιλοι **μικτής ροής**.



Σχ. 23.8.



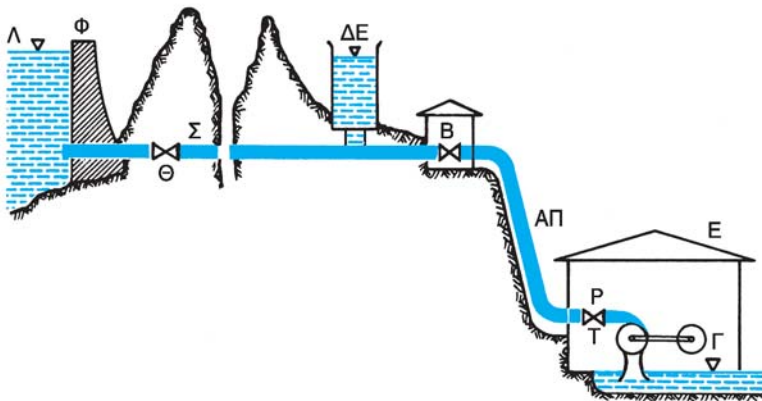
Σχ. 23.9.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΩΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

#### 24.1 Εγκαταστάσεις με αποταμιευτήρα και μεγάλο ή μέτριο ύψος πτώσεως.

Το σχήμα 24.1 παριστάνει τυπική διάταξη εγκαταστάσεως υδροστρόβιλου με **αποταμιευτήρα νερού** και **μεγάλο ύψος πτώσεως**. Διακρίνεται η **τεχνητή λίμνη (Λ)**, που σχηματίζεται από το **φράγμα (Φ)**, και ο **αγωγός (Σ)**, που οδηγεί το νερό προς το εργοστάσιο με μικρή κλίση. Ο αγωγός αυτός (Σ) μπορεί να είναι ανοικτός, δηλαδή αγωγός με ελεύθερη ροή, όπως λέγεται, οπότε και οδηγεί το νερό κατ' ευθείαν στη βαλβίδα (Β). Μπορεί όμως να είναι κλειστός αγωγός ή, όπως αλλιώς ονομάζεται, αγωγός με ροή νερού υπό πίεση. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση λαμβάνει κατά κανόνα τη μορφή μιας σήραγγας, η οποία διαπερνά το όρος και οδηγεί το νερό πρώτα στη **δεξαμενή εξισώσεως ή εκτονώσεως (ΔΕ)** και ύστερα στη **βαλβίδα (Β)**.



Σχ. 24.1.

Ο **διακόπτης (Θ)** κοντά στη θέση υδροληψίας χρησιμεύει σε περιπτώσεις στις οποίες πρέπει να εκκενώσουμε τον αγωγό (Σ) για επιθεώρηση ή επισκευή.

Με την ύπαρξη της δεξαμενής εκτονώσεως (ΔΕ) η κινητική ενέργεια του νερού, όταν η ρυθμιστική βαλβίδα (Ρ) του υδροστρόβιλου κλείσει απότομα, εκτονώνεται ή αλλιώς «ξεθυμαίνει» μέσα σ' αυτήν, και η στάθμη του νερού ταλαντεύεται ορισμένες φορές, μέχρις ότου τελικά να ισορροπήσει στο ύψος της στάθμης της λίμνης.

Η βαλβίδα (Β) στην κανονική λειτουργία του εργοστασίου είναι πάντοτε ανοικτή και

κλείνεται μόνο, όταν αυτό πρόκειται να παραμείνει για πολύ χρόνο εκτός λειτουργίας ή όταν πρόκειται να εκκενώσουμε τον αγωγό (ΑΠ) για επιθεώρηση, συντήρηση ή επισκευή.

Από τη βαλβίδα (Β) αρχίζει ο **αγωγός πτώσεως** (ΑΠ), ο οποίος είναι πάντοτε χαλύβδινος και οδηγεί το νερό στο **στρόβιλο** (Τ) μέσω της **ρυθμιστικής βαλβίδας** (Ρ). Με αυτή ρυθμίζεται η ποσότητα του νερού, που θα περάσει προς το στρόβιλο (Τ), και επομένως και η ισχύς του, όπως και η ισχύς της γεννήτριας (Γ) ανάλογα με τη ζήτηση της καταναλώσεως. Εγκαταστάσεις με αυτήν τη μορφή υπάρχουν στη χώρα μας στους ποταμούς Λάδωνα, Εδεσσαίο και Ταυρωπό.

Σε πολλές άλλες περιπτώσεις υπάρχουν εγκαταστάσεις αποταμιεύσεως νερού με μέτρο ύψος, οπότε το εργοστάσιο κατασκευάζεται στη βάση του φράγματος. Τότε δεν υπάρχουν ο αγωγός (Σ) και η δεξαμενή εξισώσεως (ΔΕ). Ο αγωγός πίεσεως (ΑΠ), που αρχίζει κατ' ευθείαν από τη λίμνη, έχει συνήθως μικρό μήκος και φέρει στην αρχή του ένα αποφρακτικό **θυρόφραγμα** ή **συρταρωτό διακόπτη** και στο τέλος του μια **ρυθμιστική βαλβίδα** (Ρ).

Εγκαταστάσεις αυτής της κατηγορίας είναι οι εγκαταστάσεις των Κρεμαστών και του Καστρακίου στον Αχελώο.

Οι στρόβιλοι, που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις των προηγούμενων κατηγοριών, είναι τύπου Pelton (δράσεως) ή Francis (αντιδράσεως). Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι ότι στις εγκαταστάσεις αυτές μπορούμε να ρυθμίζουμε κατά βούληση την ισχύ του εργοστασίου ρυθμίζοντας την παροχή του νερού ανάλογα με τις ανάγκες της καταναλώσεως. Έτσι δεν χάνεται το επί πλέον νερό του ποταμού, το οποίο αποθηκεύεται στη λίμνη.

## 24.2 Εγκαταστάσεις ροής με μικρή κλίση και μικρό ύψος.

Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν έχουμε τη δυνατότητα σχηματισμού τεχνητής λίμνης και εκμεταλλευόμαστε το ισχυρό ρεύμα ενός ποταμού, που ρέει σε σχετικά πεδινό έδαφος με μικρή κλίση. Τότε κατασκευάζουμε τις εγκαταστάσεις ροής, που χαρακτηρίζονται πάντοτε από μεγάλη παροχή νερού και μικρό ύψος, κάτω από 50 μέτρα.

Η τυπική διάταξη ενός έργου αυτού του είδους παριστάνεται στο σχήμα 24.2α.

Με το φράγμα (Φ) ανακόπτεται η ροή του ποταμού και δημιουργούμε μεταξύ των δύο πλευρών του (επάνω και κάτω) τη διαφορά ύψους (Η). Με αυτήν εργάζονται οι στρόβιλοι του εργοστασίου (Ε), μέσα από τους οποίους αναγκάζεται να περάσει το νερό.

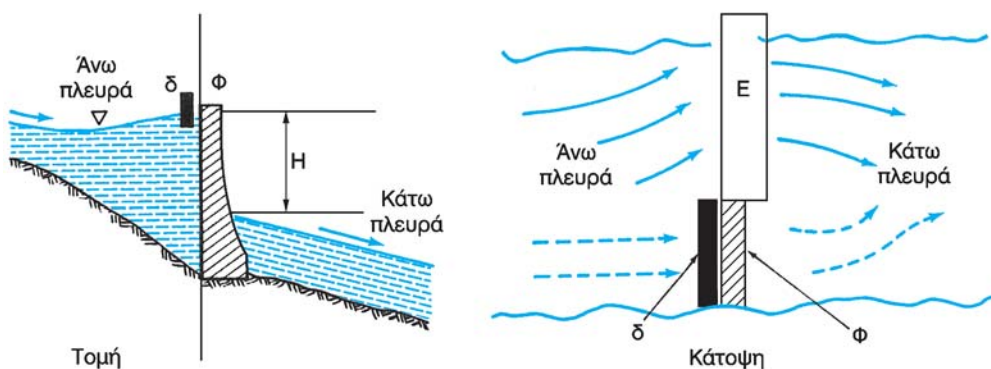
Το ύψος του φράγματος (Φ) ρυθμίζεται έτσι, ώστε να επιτρέπει να περνά πάνω από αυτό η πλεονάζουσα ποσότητα νερού του ποταμού. Αυτή παρακάμπτει το εργοστάσιο και χύνεται κατ' ευθείαν στην κάτω πλευρά, όταν η παροχή του ποταμού είναι μεγαλύτερη από εκείνη που μπορεί να απορροφήσει το εργοστάσιο. Στην κάτωψη διακρίνεται η διάταξη (δ) της ρυθμίσεως του ύψους του φράγματος.

Το σχήμα 24.2β παριστάνει μια τυπική πλάγια τομή στη θέση του εργοστασίου.

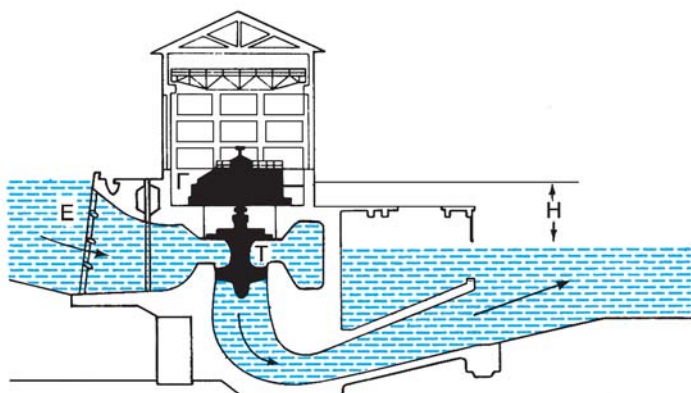
Διακρίνονται η σχάρα εισόδου (Ε), ο υδροστρόβιλος (Τ) και η γεννήτρια (Γ).

Οι στρόβιλοι, που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αυτές, είναι πάντοτε υδροστρόβιλοι αντιδράσεως τύπου Francis ή Kaplan.

Η πιο χαρακτηριστική ιδιότητα των έργων της κατηγορίας αυτής είναι ότι η ισχύς, που μπορούν να δώσουν, εξαρτάται από τη στιγμιαία παροχή του ποταμού. Έτσι, όταν το ποτάμι έχει μικρή παροχή, η ισχύς του εργοστασίου καθορίζεται από αυτή και δεν μπορεί να γίνει μεγαλύτερη. Όταν πάλι το ποτάμι έχει μεγάλη παροχή, τότε το εργοστάσιο πρέπει να εργάζεται



Σχ. 24.2α.



Σχ. 24.2β.

με τη μέγιστή του ισχύ για να γίνεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη η εκμετάλλευση του νερού.

Συχνά όμως, ακόμη και όταν το εργοστάσιο λειτουργεί με τη μέγιστη ισχύ του, υπάρχει περίσσεια νερού, το οποίο αναγκαστικά υπερεκχειλίζει χωρίς να χρησιμοποιείται.

Στη χώρα μας δεν έχουμε έργα ροής, γιατί δεν υπάρχουν ποτάμια με μεγάλη και σχετικά ομοιόμορφη παροχή.

### 24.3 Οι υδροστρόβιλοι που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Είναι συνήθως τριών τύπων: υδροστρόβιλοι Pelton, Francis και Kaplan.

Από αυτούς ο υδροστρόβιλος Pelton χρησιμοποιείται μόνο σε εγκαταστάσεις αποταμιεύσεως με μεγάλο ύψος πτώσεως, ο υδροστρόβιλος Francis χρησιμοποιείται και στα δύο είδη εγκαταστάσεων (αποταμιεύσεως και ροής) και ο υδροστρόβιλος Kaplan σε εγκαταστάσεις ροής μόνο.

Ο υδροστρόβιλος Pelton είναι στρόβιλος δράσεως και οι Francis και Kaplan αντιδράσεως.

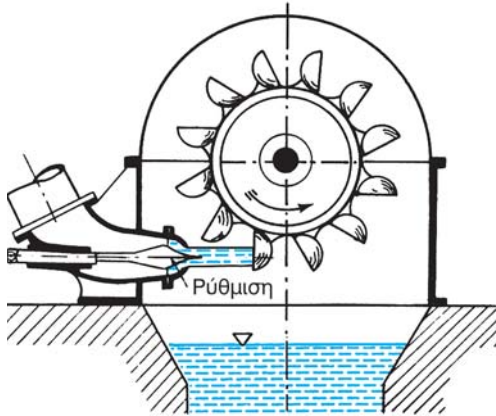
Διάφοροι άλλοι τύποι υδροστρόβιλων, που κατασκευάστηκαν παλαιότερα, όπως οι στρόβιλοι Girard, Jonval, Poncelot, Fourneyron κλπ., χρησιμοποιούνται σπάνια μόνο σήμερα.

Στα επόμενα Κεφάλαια θα περιγράψουμε μόνο τους βασικούς τύπους υδροστροβύλων Pelton, Francis και Kaplan.

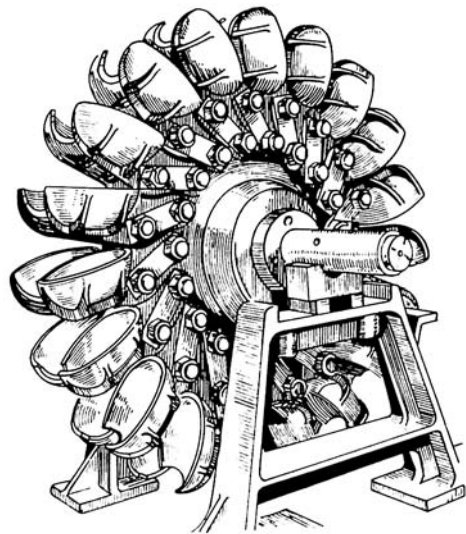
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

### ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ PELTON

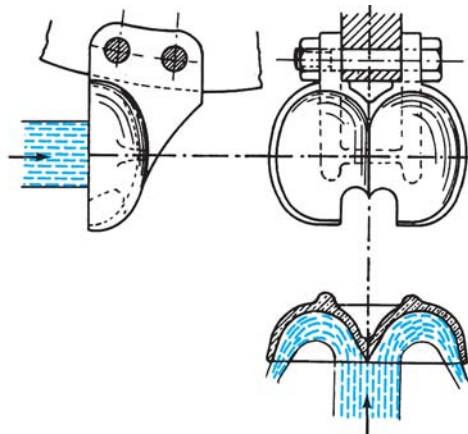
Ο υδροστροβίλος Pelton ή τροχός Pelton αποτελείται από έναν τροχό (σχ. 25.α και 25.β), ο οποίος στην περιφέρειά του φέρει κύπελλα με διπλή κοιλότητα. Τη μορφή τους δείχνει το σχήμα 25.γ σε τρεις όψεις.



Σχ. 25.α.



Σχ. 25.β.



Σχ. 25.γ.

Το νερό κατερχόμενο από την υψηλή στάθμη αποταμιεύσεως εξέρχεται από ένα ακροφύσιο τοποθετημένο οριζόντια με μεγάλη ταχύτητα και με κατεύθυνση ροής την εφαπτομένη προς τον τροχό τον οποίο αναγκάζει σε περιστροφική κίνηση.

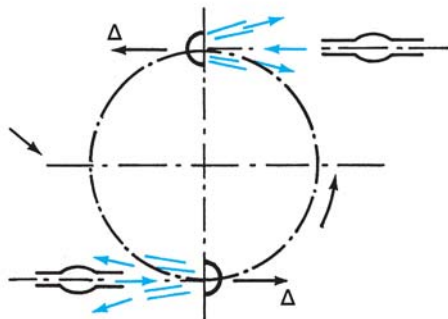
Αφού ενεργήσει με αυτόν τον τρόπο επάνω στα κύπελλα του τροχού και λόγω του σχήματός τους αναστρέφει κατεύθυνση κατά  $180^\circ$ , εξέρχεται από το στρόβιλο και οδεύει προς τον αγωγό αποχετεύσεως.

Η μεγαλύτερη απόδοση κατά τη λειτουργία του στρόβιλου αυτού επιτυγχάνεται, όταν η περιφερειακή ταχύτητα του τροχού είναι ίση με το  $1/2$  από την ταχύτητα, με την οποία το νερό εξέρχεται από το ακροφύσιο.

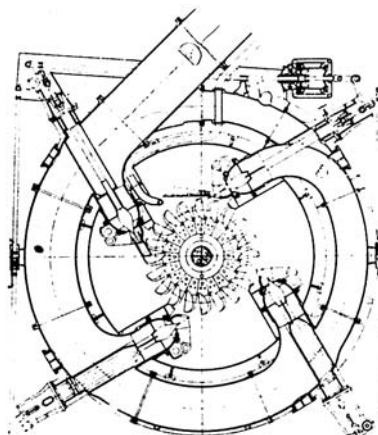
Το ακροφύσιο παροχής του νερού φέρει εσωτερικά βελονοειδή βαλβίδα. Με αυτή ρυθμίζεται η διατομή της φλέβας του νερού, δηλαδή η παροχή του από την οποία εξαρτάται και η ισχύς του στρόβιλου.

Στον ίδιο άξονα με τον τροχό βρίσκεται και η γεννήτρια, που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.

Οι στρόβιλοι Pelton κατασκευάζονται οριζόντιοι ή κατακόρυφοι. Στους οριζόντιους στρόβιλους υπάρχουν συνήθως δύο ακροφύσια, που τοποθετούνται συμμετρικά ως προς το κέντρο του τροχού και με τέτοιο τρόπο, ώστε οι δύο φλέβες του νερού να ασκούν επάνω στον τροχό δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις ( $\Delta$ ) (σχ. 25.δ). Οι δυνάμεις αυτές συνθέτουν έτσι ένα ζεύγος περιστροφής, το οποίον περιστρέφει τον τροχό, χωρίς όμως να προκαλεί οποιαδήποτε κάμψη του άξονα.



Σχ. 25.δ.



Σχ. 25.ε.

Στους κατακόρυφους στρόβιλους τοποθετούνται περισσότερα ακροφύσια, 2 ως 6, διατεταγμένα ομοιόμορφα στην περιφέρεια του τροχού, όπως δείχνει σε κάτοψη το σχήμα 25.ε.

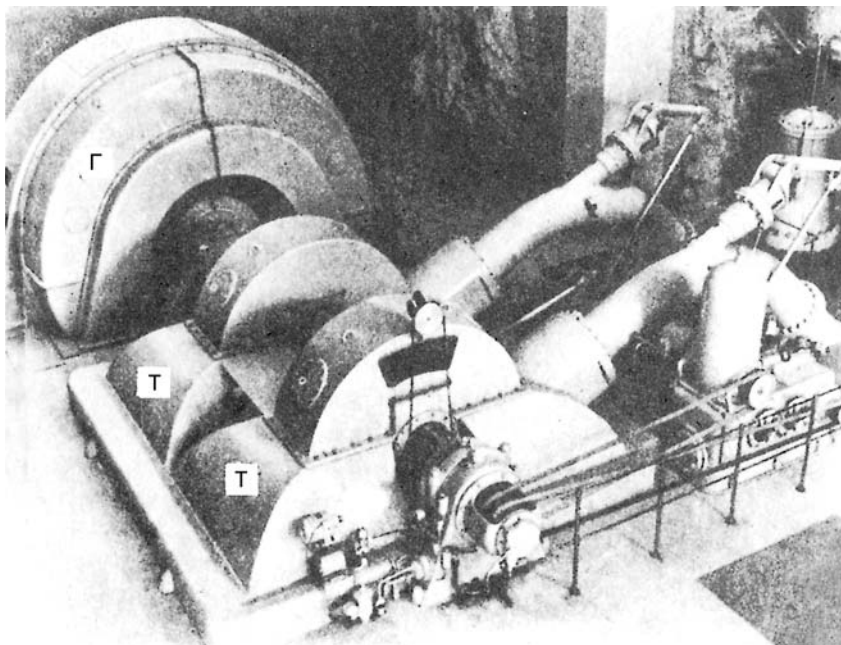
Το σχήμα 25.στ παριστάνει έναν υδροστρόβιλο Pelton εγκαταστημένο μαζί με τη γεννήτρια, την οποία κινεί. Διακρίνονται οι δύο τροχοί (T, T) και η γεννήτρια (Γ). Η όλη εγκατάσταση είναι με οριζόντιο άξονα και παράγει ισχύ 16.000 kW σε ταχύτητα περιστροφής των τροχών 500 r.p.m. (στροφές ανά λεπτό).

Οι υδροστρόβιλοι Pelton κατασκευάζονται σήμερα για οποιαδήποτε ισχύ από λίγους μόνο ίππους ως και 120.000 kW και περισσότερο. Η απόδοσή τους φθάνει σε 90% περίπου.

Ο στρόβιλος Pelton είναι φανερό ότι ανήκει στην κατηγορία των στρόβιλων δράσεως.



Μέσα σ' αυτόν η ταχύτητα του νερού δεν υφίσταται καμιά μεταβολή καθώς ρέει από τα κύπελλα του τροχού. Απλώς μόνο αλλάζει η διεύθυνσή του. Έτσι δεν έχουμε επιτάχυνση του νερού και συνεπώς καμμία δύναμη αντιδράσεως.

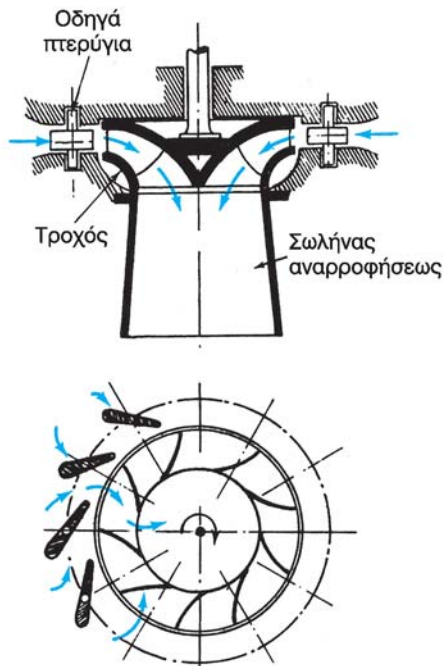


Σχ. 25.στ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ

### ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ FRANCIS

Το σχήμα 26.α παριστάνει έναν υδροστρόβιλο τύπου Francis. Αυτός χρησιμοποιείται γενικά για μεσαία ύψη πτώσεως μέχρι 500 μέτρα και μέση παροχή και αποτελείται από τρία κύρια μέρη, τα **σταθερά οδηγά πτερύγια**, τον **τροχό** επάνω στον οποίο υπάρχουν τα **κινητά πτερύγια** και το **σωλήνα αναρροφήσεως**.



Σχ. 26.α.

Το νερό εισέρχεται στα οδηγά πτερύγια από την εξωτερική περιφέρεια με κατεύθυνση περίπου ακτινική και οδηγείται προς τα κινητά πτερύγια του τροχού. Αυτά είναι κάθετα προς τον άξονά του, αλλά και με την κατάλληλη κλίση ως προς την περιφέρεια. Από τον τροχό το νερό εξέρχεται κατά κανόνα κατά τη διεύθυνση του άξονα.

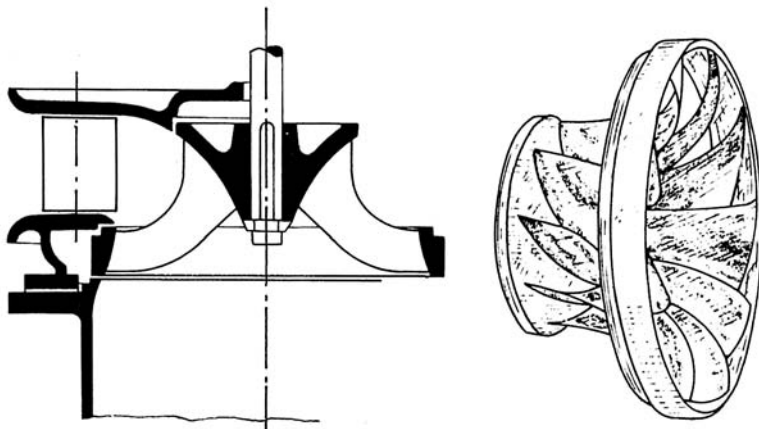
Όλα τα σταθερά πτερύγια είναι στερεά προσαρμοσμένα σε έναν δακτύλιο με την περιστροφή του οποίου είναι δυνατόν να μεταβάλλεται η κλίση τους. Έτσι ρυθμίζεται η διατομή εισόδου του νερού και συνεπώς η παροχή του και η ισχύς του στρόβιλου.

Είναι φανερό ότι όσο περισσότερο ανοικτά είναι τα οδηγιά περύγια, τόσο περισσότερο η κατεύθυνση της φλέβας του νερού, που εισέρχεται στον τροχό, πλησιάζει προς την ακτίνα του τροχού. Η παροχή τότε γίνεται μεγαλύτερη, ενώ οι φλέβες του νερού προσβάλλουν τα κινητά περύγια με κατεύθυνση περισσότερο κάθετη επάνω στην επιφάνειά τους.

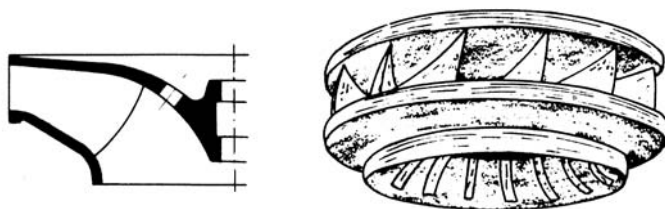
Η τροφοδότηση των σταθερών περυγίων με νερό πραγματοποιείται συνήθως από ένα σπειροειδές κέλυφος από χάλυβα ή σιδηροπαγές σκυροκονίαμα (μπετόν - αρμέ). Το κέλυφος αυτό περιβάλλει όλο το στρόβιλο και συνδέεται απευθείας με το σωλήνα της πτώσεως, ο οποίος και οδηγεί το νερό προς αυτό.

Ο τροχός του στροβίλου Francis αποτελείται από μια πλήμνη και μια εξωτερική στεφάνη, μεταξύ των οποίων προσαρμόζονται τα περύγια (σχ. 26.β και 26.γ). Το σχήμα 26.β παριστάνει τον τροχό ταχυστρόφου στροβίλου Francis, ενώ το 26.γ τον τροχό βραδυστρόφου στροβίλου.

Ο σωλήνας αναρροφήσεως οδηγεί το νερό προς την **εξαγωγή** ομαλά, χωρίς δηλαδή απώλειες από στροβιλισμούς ή άλλα αίτια. Σε στρόβιλους με σχετικά μικρό ύψος πτώσεως ο σωλήνας αναρροφήσεως έχει πολύ μεγάλη σημασία και διαμορφώνεται με μεγάλη προσοχή, με κύριο σκοπό να αποφεύγεται η απώλεια ενέργειας λόγω ταχύτητας του νερού κατά την έξοδο



Σχ. 26.β.



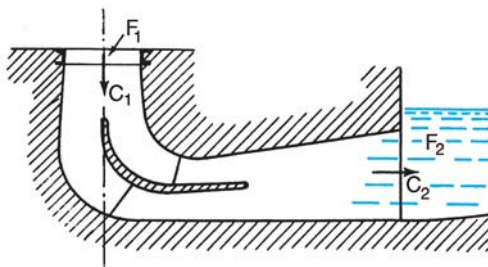
Σχ. 26.γ.

του. Έτσι με τη βαθμιαία αύξηση της διατομής του σωλήνα αναρροφήσεως (σχ. 26.δ), από τη διατομή ( $F_1$ ) εξόδου του νερού από τον τροχό, όπου επικρατεί ακόμη υπολογίσιμη ταχύτητα ( $\eta C_1$ ), μέχρι την πολύ μεγαλύτερη διατομή  $F_2$  στην τελική έξοδο, όπου επικρατεί μηδενική

ταχύτητα ( $C_2$ ), ελαττώνεται η ταχύτητα και η κινητική ενέργεια του νερού στο μηδέν και επομένως δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας κατά την έξοδο του νερού. Επειδή όμως κατά την τελική έξοδο στο ( $F_2$ ) έχουμε ατμοσφαιρική πίεση, έπεται ότι σύμφωνα με το νόμο του Bernoulli της υδραυλικής στην έξοδο από τον τροχό θα έχουμε πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική, δηλαδή κενό. Τούτο ισοδυναμεί σαν να αυξανόταν το ύψος της πτώσεως τόσα μέτρα, όσο είναι το κενό στο σημείο ( $F_2$ ) μετρημένο σε μέτρα στήλη νερού.

Με άλλα λόγια το κενό αυτό δημιουργεί αναρρόφηση του νερού από το στρόβιλο, η οποία επαυξάνει την ισχύ που αποδίδεται από αυτόν. Γι' αυτό και ο σωλήνας της εξαγωγής καλείται **σωλήνας αναρροφήσεως**. Αντιλαμβανόμαστε ότι αυτός δεν χρησιμεύει απλώς για να οδηγεί το νερό στην έξοδο, αλλά αποτελεί ιδιαίτερο **οργανικό μέρος** του υδροστρόβιλου Francis.

Ο υδροστρόβιλος Francis ανήκει στους στρόβιλους αντιδράσεως στους οποίους το νερό γεμίζει συνεχώς ολόκληρο το εσωτερικό του στρόβιλου και κατά τη ροή του βρίσκεται συνεχώς υπό πίεση. Κατά τη ροή του νερού μέσα από τους αύλακες των πτερυγίων του τροχού έχουμε πάντοτε μείωση της πιέσεώς του με ανάλογη αύξηση της ταχύτητας ροής, δηλαδή επιτάχυνση του νερού από την οποία και δημιουργείται η δύναμη αντιδράσεως. Η δύναμη αντιδράσεως



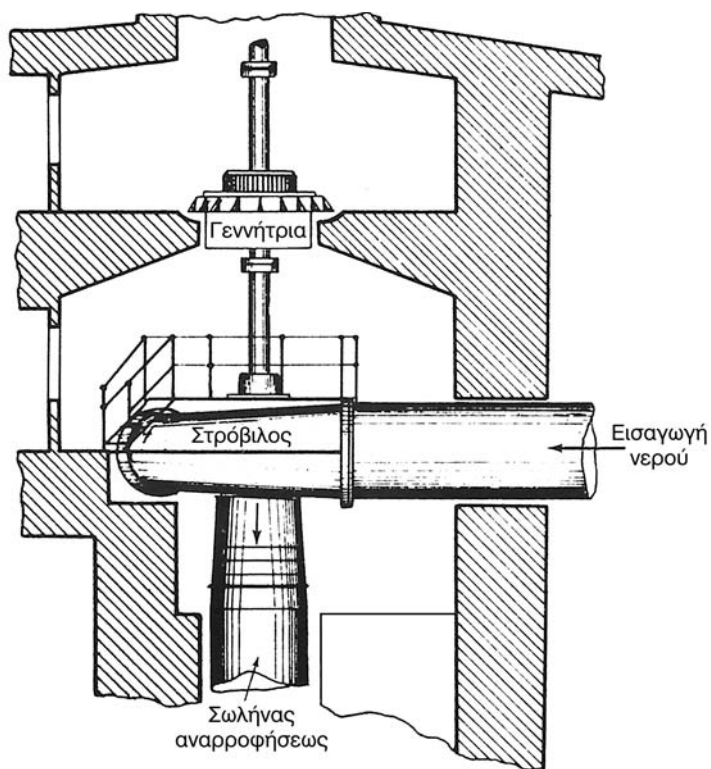
Σχ. 26.δ.

αυτή προστίθεται, κατά τα γνωστά, στη δύναμη δράσεως την οποία ασκεί οπωσδήποτε το νερό, ώστε το έργο του στρόβιλου να παράγεται και από **δράση** και από **αντίδραση**.

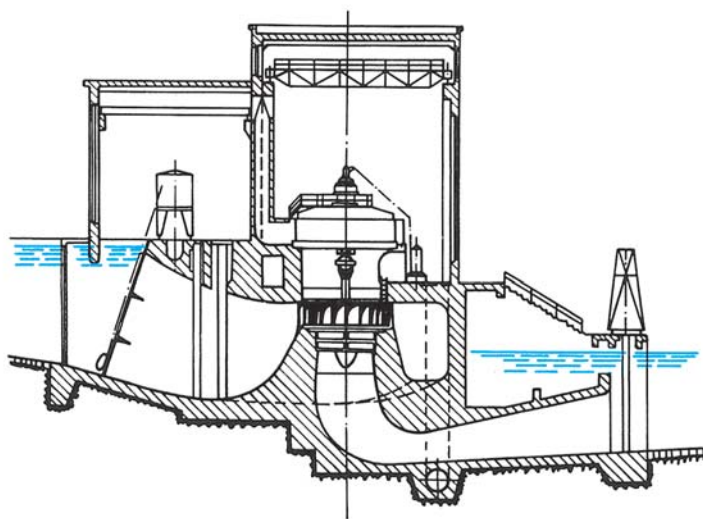
Το σχήμα 26.ε παριστάνει μια εγκατάσταση στρόβιλου Francis με χαλύβδινο σπειροειδές κέλυφος εισόδου του νερού και χαλύβδινο κατακόρυφο σωλήνα αναρροφήσεως. Το σχήμα 26.στ δείχνει ένα στρόβιλο με σπειροειδές κέλυφος εισόδου και σωλήνα αναρροφήσεως από μπετόν.

Η συνηθισμένη διάταξη του στρόβιλου Francis είναι κατακόρυφη, ενώ σπανιότερα συναντώνται και στρόβιλοι της ίδιας κατηγορίας με οριζόντιο άξονα. Στην περίπτωση αυτή ο στρόβιλος είναι πολλές φορές και «δίδυμος», αποτελείται δηλαδή από δύο τροχούς επάνω στον ίδιο άξονα.

Οι υδροστρόβιλοι Francis κατασκευάζονται για ιπποδυνάμεις μέχρι και 200.000 kW.



Σχ. 26.ε.



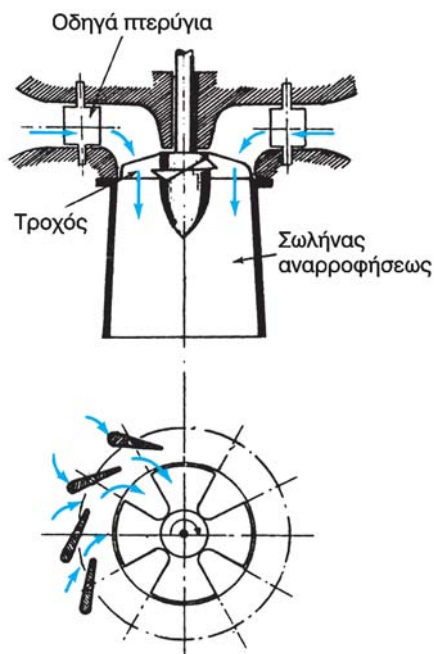
Σχ. 26.στ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

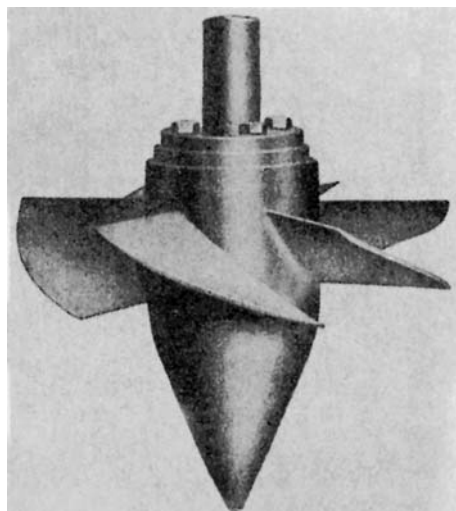
### ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ ΚΑΡΛΑΝ

Ο υδροστρόβιλος Karlan χρησιμοποιείται για μικρά ύψη πτώσεως, μέχρι 60 μέτρα, και μεγάλη παροχή και μοιάζει αρκετά με τον υδροστρόβιλο Francis. Αποτελείται από το **σπειροειδές κέλυφος εισόδου**, τα **σταθερά οδηγά πτερύγια**, τον **τροχό** και το **σωλήνα αναρροφήσεως**. Η διαφορά ως προς το στρόβιλο Francis είναι ως προς τον τροχό, ο οποίος φέρει πτερύγια όμοια με τα πτερύγια έλικας (σχ. 27.α και 27.β).

Τα πτερύγια αυτά μπορεί να είναι μόνιμα επάνω στον τροχό ή περιστρεφόμενα γύρω από



Σχ. 27.α.



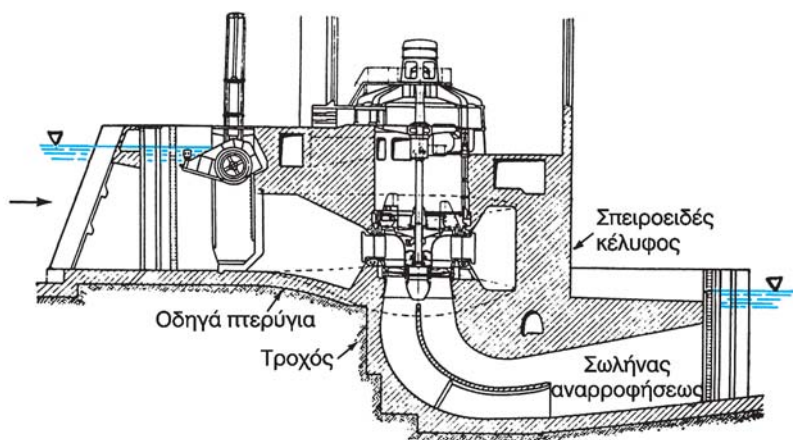
Σχ. 27.β.

τον άξονά τους. Τα τελευταία λέγονται και **μεταβλητού βήματος**.

Ο τύπος αυτός με περιστρεφόμενα πτερύγια είναι ο περισσότερο τελειοποιημένος, γιατί τα πτερύγια **αλλάζουν** αυτόματα την κλίση τους (δηλαδή το αξονικό τους βήμα) με τη βοήθεια του ρυθμιστή του στρόβιλου και ανάλογα με το φορτίο του. Με αυτόν τον τρόπο διατηρείται ο βαθμός αποδόσεως του στρόβιλου σχεδόν σταθερός και στα μικρά φορτία.

Στο σχήμα 27.γ φαίνεται μια πλήρης εγκατάσταση υδροστροβίλου Kaplan με σπειροειδές κέλυφος εισόδου και σωλήνα αναρροφήσεως από μπετόν.

Οι υδροστροβίλοι Kaplan ανήκουν και αυτοί στους υδροστροβίλους αντιδράσεως και κατασκευάζονται για ιπποδυνάμεις μέχρι και 150.000 kW.



Σχ. 27.γ.



ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟ  
ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ  
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΟΓΔΟΟ  
ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

### 28.1 Γενικά.

Οι αεροσυμπιεστές είναι μηχανήματα με τα οποία επιτυγχάνουμε την παραγωγή πεπιεσμένου αέρα. Απορροφούν αέρα από το περιβάλλον και τον συμπιέζουν σε πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική. Συμπιεσμένος καθώς είναι τον καταθλίβουν προς αποθήκευση σε ελεγχόμενους κλειστούς χώρους που λέγονται **αεροφυλάκια** ή **αεροφιάλες**. Από τους χώρους αυτούς διοχετεύεται σε κατάλληλα δίκτυα για να χρησιμοποιηθεί ανάλογα.

Οι αεροσυμπιεστές δεν είναι κινητήριες μηχανές, γιατί δεν παράγουν, αντίθετα μάλιστα απορροφούν, έργο για να εκπληρώσουν το σκοπό τους. Γι' αυτό χαρακτηρίζονται ως **εργομηχανές**.

Ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των συμπιεστών που συμπιέζουν άλλα αέρια ή και ατμούς αερίων. Ελάχιστα μόνο διαφέρουν από αυτούς και ως προς τη λειτουργία και ως προς τις τεχνικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Εδώ πάντως θα ασχοληθούμε μόνο με τους αεροσυμπιεστές οι οποίοι είναι αναγκαία μηχανήματα για κάθε σχεδόν μηχανολογική εγκατάσταση.

### 28.2 Ο ατμοσφαιρικός αέρας. Οι χρήσεις του συμπιεσμένου αέρα.

#### 28.2.1 Ο ατμοσφαιρικός αέρας.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι μίγμα από άζωτο 78%, οξυγόνο 21% και άλλα αέρια τα ονομαζόμενα αδρανή (αργό, κρυπτό, ξένο κλπ.) σε αναλογία 1% κατ' όγκο.

Η πίεση που ασκεί στην επιφάνεια της γης, όταν μετρείται με κανονικές συνθήκες στην επιφάνεια της θάλασσας, είναι η **ατμοσφαιρική πίεση** ίση με 760 mm στήλης Hg ή 1.033 κρ/cm<sup>2</sup>. Η μονάδα αυτή λέγεται **φυσική ατμόσφαιρα** 1 Atm και κυμαίνεται ανάλογα με το υψόμετρο του τόπου. Έτσι π.χ. σε υψόμετρο 1.000 m είναι ίση με 0,915 κρ/cm<sup>2</sup> και σε 10.000 m με 0,270 κρ/cm<sup>2</sup>.

Στην Τεχνική χρησιμοποιούμε για ευκολία την **Τεχνική ατμόσφαιρα** ίση με 1κρ/cm<sup>2</sup>

που γράφεται ως αί και τις μονάδες  $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  και  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ .

Άλλη μονάδα πίεσεως που χρησιμοποιείται στις σύγχρονες κατασκευές είναι η μονάδα bar όπου:

$$1 \text{ bar} = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

και  $1 \text{ bar} = 1,019 \text{ kp/cm}^2$

Είναι δε τέλος  $1 \text{ Atm} = 1,01325 \text{ bar}$  (βλ. και παράρτημα III του τόμου I των Κινητηρίων Μηχανών).

Η πίεση διακρίνεται γενικότερα σε **απόλυτη**, η οποία μετρείται από το τέλειο κενό και **μανομετρική**, η οποία μετρείται πάνω από την ατμοσφαιρική.

Σημειούται ότι όλες οι πιέσεις που δίδονται σε bar είναι απόλυτες.

Η πυκνότητα του αέρα είναι  $d = 1,293 \text{ kg/m}^3$  και ο ειδικός όγκος του  $u = 1/1,293 = 0,773 \text{ m}^3/\text{kg}$ .

Ο αέρας θεωρείται, με αρκετή προσέγγιση τέλειο αέριο ώστε να εφαρμόζονται σε αυτόν οι νόμοι των Boyle - Mariotte και Gay Lussac και η γενική εξίσωση της καταστάσεως των αερίων, η οποία προκύπτει από συνδυασμό των νόμων Boyle Mariotte και Gay Lussac.

$$p u = R T$$

όπου :  $p$  = απόλυτη πίεση σε  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$u$  = ειδικός όγκος σε  $\text{m}^3/\text{kg}$

$T$  = η απόλυτη θερμοκρασία σε  $^{\circ}\text{K}$  και

$R$  = η σταθερά των τελείων αερίων που για τον αέρα είναι  $0,287 \text{ kJ/kg-}^{\circ}\text{K}$ .

Τέλος η ειδική θερμότητα του αέρα είναι:

- Υπό σταθερή πίεση  $c_p = 1,0047 \text{ kJ/kg-}^{\circ}\text{K}$

- Υπό σταθερό όγκο  $c_v = 0,7176 \text{ kJ/kg-}^{\circ}\text{K}$

και ο λόγος  $k = \frac{c_p}{c_v}$  που είναι ο εκθέτης της αδιαβατικής αλλαγής  $p u^k = C$  είναι ίσος με

$$k = \frac{0,24}{0,17} = 1,4 \text{ περίπου.}$$

Στην πολυτροπική εξ άλλου αλλαγή  $p^n = C$ , ο εκθέτης  $n$  κυμαίνεται μεταξύ 1 και 1,4 δηλαδή  $1,4 > n > 1$  όπου, όταν  $n = 1$  έχουμε την ισόθερμη αλλαγή.

Τα παραπάνω στοιχεία του αέρα χρησιμεύουν για τη θερμοδυναμική μελέτη της συμπεριφοράς και λειτουργίας των αεροσυμπιεστών.

### 28.2.2 Οι χρήσεις του συμπιεσμένου αέρα.

Ο συμπιεσμένος αέρας είναι ένας φορέας αποθηκευμένης ενέργειας και έχει ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία.

Χρησιμοποιείται για την:

- Τροφοδότηση λεβήτων οι οποίοι λειτουργούν με καύση υπό πίεση.
- Λειτουργία μηχανισμού στρέψεως (κρίκου) των μηχανών.
- Τροφοδότηση αεριοστροβίλων.
- Εκκίνηση μηχανών Diesel.
- Σάρωση και υπερπλήρωση των μηχανών Diesel.
- Λειτουργία αεροκινήτων εργαλείων ως τα αεροδράπανα, τα τροχιστικά και

λειανικά εργαλεία, τα αερόσφυρα, τα αεροκόπιδα κλπ.

- Λειτουργία μηχανημάτων χρωματισμού με εκτόξευση (πιστόλια βαφής).
- Κίνηση μηχανημάτων.
- Κίνηση βαρούλκων.
- Κίνηση σερβομηχανισμών.
- Κίνηση σφυρών και τρυπάνων οδοποιίας, μηχανημάτων εξορύξεως πετρωμάτων, μηχανημάτων λατομείων κλπ.

Χρησιμοποιείται ευρύτατα στα πλοία για την:

- Λειτουργία συμπλέκτη - αναστροφέα μικρών πετρελαιοκινήτων σκαφών.
- Πλήρωση πιεστικών δεξαμενών νερού, πόσιμου, υγιεινής κλπ.
- Λειτουργία πέδης (φρένο) ελικοφόρων αξόνων.
- Εκδίωξη και αερισμό δικτύων και θαλασσερμάτων.

### 28.3 Βασικοί τύποι αεροσυμπιεστών - Κινητήρια μηχανήματά τους.

Η αύξηση της πίεσεως του αέρα απαιτεί ενέργεια την οποία χορηγεί το κινητήριο μηχανήμα του αεροσυμπιεστή και επιτυγχάνεται:

α) Με ελάττωση του όγκου του αέρα σε συμπιεστές που λέγονται **συμπιεστές εκτοπίσεως** και είναι **εμβολοφόροι, παλινδρομικοί** ή **περιστροφικοί**.

β) Με αύξηση της ταχύτητας του αέρα οπότε αυτός αποκτά κινητική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε δυναμική και εκδηλώνεται με την αύξηση της πίεσεώς του. Ο μετασχηματισμός αυτός γίνεται μέσα σε συμπιεστές που είναι **περιστροφικοί** και λέγονται **φυγοκεντρικοί ακτινικής** ή **αξονικής ροής**.

Στον **εμβολοφόρο παλινδρομικό** αεροσυμπιεστή ο αέρας εισάγεται μέσα σε κύλινδρο με τη δύναμη του κενού, που δημιουργεί το έμβολο του κυλίνδρου στη μια διαδρομή του και στη συνέχεια στην άλλη διαδρομή του εμβόλου συμπιέζεται σε πίεση η οποία εξαρτάται από το λεγόμενο βαθμό συμπίεσεως του κυλίνδρου, δηλαδή τη σχέση του ολικού όγκου του με τον όγκο του θαλάμου συμπίεσεως.

Με τους εμβολοφόρους παλινδρομικούς συμπιεστές μπορούμε να συμπίεσομε τον αέρα σε μικρές και σε πολύ μεγάλες πιέσεις, με μικρές όπως παροχές.

Στον εμβολοφόρο **περιστροφικό αεροσυμπιεστή εκτοπίσεως** ο αέρας συμπιέζεται με τα κατάλληλα περιστρεφόμενα έμβολα που ονομάζονται και **λοβοί**. Ο αεροσυμπιεστής αυτός παρέχει μεγάλες ποσότητες αέρα, με πίεση όμως μικρότερη από εκείνη, που επιτυγχάνομε με τους παλινδρομικούς αεροσυμπιεστές.

Στον **περιστροφικό αεροσυμπιεστή ροής** ο αέρας φυγοκεντρίζεται σε ένα ή περισσότερα στροφέια ή τροχούς και οδηγείται στην περιφέρεια του κελύφους τους σε κατάλληλο οχετό. Εκεί, όπως είπαμε η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική, δηλαδή σε πίεση, με την οποία και παρέχεται στο δίκτυο προς κατανάλωση. Ο τύπος αυτός του περιστροφικού αεροσυμπιεστή λέγεται **φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής** ή αεροσυμπιεστής **ακτινικής ροής**. Σε άλλη του μορφή ο περιστροφικός αεροσυμπιεστής ροής είναι όμοιος με τους πολυβάθμιους ατμοστρόβιλους με αλληπάλληλες σειρές κινητών και σταθερών πτερυγίων, οπότε και ονομάζεται **αξονικός αεροσυμπιεστής** ή αεροσυμπιεστής **αξονικής ροής**.

Με τους **αεροσυμπιεστές ροής** μπορούμε να έχουμε πολύ μεγάλη παροχή, αλλά υπό χαμηλή πίεση. Ψηλότερες σχετικά πιέσεις μπορούμε να πάρουμε με αξονικό συμπιεστή πολλών βαθμίδων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι εμβολοφόροι παλινδρομικοί αεροσυμπιεστές

παρέχουν τις υψηλότερες πιέσεις. Ακολουθούν ο περιστροφικοί αεροσυμπιεστές εκτοπίσεως και μετά οι αεροσυμπιεστές ροής.

Οι αεροσυμπιεστές κινούνται από κινητήριο μηχανήμα, το οποίο μπορεί να είναι οποιαδήποτε κινητήρια μηχανή ή ηλεκτροκινητήρας με απευθείας μετάδοση της κινήσεως από τον άξονα του κινητήριου μηχανήματος προς τον αεροσυμπιεστή, ή με έμμεση μετάδοση με σύστημα μειωτήρων (οδοντωτών τροχών) ή τροχαλιών και μάντα ή και με σύστημα ηλεκτρικής μεταδόσεως.

Σε μεγάλη χρήση πάντως βρίσκεται η κίνηση των αεροσυμπιεστών με ηλεκτροκινητήρα.

#### 28.4 Η διαβάθμιση της συμπίεσεως.

Όταν ο αέρας συμπιέζεται μέσα στο συμπιεστή αποκτά υψηλή θερμοκρασία. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στους εμβολοφόρους οι οποίοι, όπως είπαμε, δημιουργούν υψηλές πιέσεις και συνεπώς υψηλές θερμοκρασίες. Η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να καταστρέψει τα λιπαντικά του συμπιεστή και να φθείρει ορισμένα από τα μέρη που τον αποτελούν, ιδιαίτερα τα ελατήρια και τις βαλβίδες. Πρέπει λοιπόν να ψύξομε το συμπιεστή με ρεύμα αέρα ή με νερό.

Επειδή όμως η ψύξη δεν μπορεί να αφαιρέσει την υπερβάλλουσα ποσότητα θερμότητας, αναγκαζόμαστε να χωρίζομε τη συνολική συμπίεση σε περισσότερες από μια **βαθμίδες** ή **φάσεις** ή **στάδια**. Έτσι έχομε συμπιεστές **πολυβάθμιους** ή **πολυσταδιακούς** ή **πολυφασικούς** ή **πολυσταδιακούς**.

Στους εμβολοφόρους η πρώτη συμπίεση γίνεται μέσα σε έναν κύλινδρο, και στη συνέχεια ο αέρας περνά από ένα ενδιάμεσο ψυγείο όπου ψύχεται μέχρι να αποκτήσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κατόπιν ο αέρας συμπιέζεται σε δεύτερο κύλινδρο, ψύχεται ξανά, στη συνέχεια σε τρίτο κ.ο.κ.

Η διαδοχική αυτή **συμπίεση** γίνεται σε τέσσερις το πολύ βαθμίδες ή φάσεις και είναι ανάλογη με την **πολλαπλή εκτόνωση** του ατμού στις παλινδρομικές ατμομηχανές, που αναφέρεται στο βιβλίο Κινητήριες Μηχανές Ι.

Στους εμβολοφόρους περιστροφικούς δεν χρησιμοποιείται συνήθως η πολυσταδιακή συμπίεση. Δηλαδή αυτοί είναι τις περισσότερες φορές **μονοβάθμιοι**.

Στους φυγοκεντρικούς όπως και στους ατμοστρόβιλους ή τους αεριοστρόβιλους, αν είναι **ακτινικής ροής**, οι φάσεις πραγματοποιούνται η κάθε μια μέσα σε **διαδοχικά συγκροτήματα** τα οποία είναι το ένα κοντά στο άλλο και σφηνωμένα πάνω στον ίδιο άξονα. Αν είναι **αξονικής ροής** κάθε **ομάδα από μια σειρά με σταθερά και μια με κινητά πτερύγια**, αποτελεί **μια βαθμίδα συμπίεσεως**.

Λόγω της χαμηλής συμπίεσεως στους φυγοκεντρικούς, η ψύξη του αέρα γίνεται συνήθως μετά την έξοδο του από την τελευταία βαθμίδα συμπίεσεως και πριν από την αποθήκευσή του στα αεροφυλάκια ή πριν από την άμεση χρησιμοποίησή του.

#### 28.5 Κατάταξη αεροσυμπιεστών.

Εκτός από τη βασική διάκριση των αεροσυμπιεστών που αναφέραμε στην παράγραφο 28.3, μπορούμε να τους διακρίνομε στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά τους:

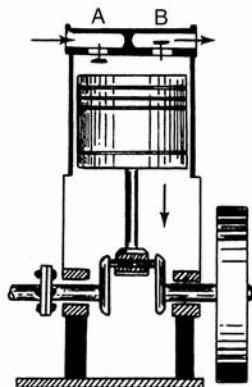
- α) Ανάλογα με την πίεση του αέρα που επιτυγχάνουν διακρίνονται σε:
- Υψηλής πίεσεως Υ.Π.
  - Μέσης πίεσεως Μ.Π.
  - Χαμηλής πίεσεως Χ.Π.
- β) Ανάλογα με τον αριθμό φάσεων συμπίεσεως σε:
- Μονοσταδιακούς ή μονοφασικούς ή μονοβάθμιους.
  - Πολυσταδιακούς ή πολυφασικούς ή πολυβάθμιους.
- γ) Ανάλογα με τον τρόπο που παίρνουν κίνηση σε:
- Ανεξάρτητους, δηλαδή ατμοκίνητους, βενζινοκίνητους, πετρελαιοκίνητους, ηλεκτροκίνητους.
  - Εξαρτημένους, που κινούνται από την ίδια την κύρια μηχανή μέσω οδοντοτροχών ή ζυγού (κ. παλάτζα).
- δ) Ανάλογα με τη διάταξη του άξονά τους σε:
- Οριζόντιους.
  - Κατακόρυφους.
  - Κεκλιμένους.
  - Με διάταξη κυλίνδρων «V» ή «W» ή με διαφορικό έμβολο σύμφωνα με το σύστημα Tandem (η διάκριση αυτή αφορά μόνο τους εμβολοφόρους παλινδρομικούς).
- ε) Ανάλογα με την εγκατάστασή τους σε:
- Μόνιμους και
  - φορητούς, οι οποίοι φέρονται μαζί με το κινητήριο μηχανήμά τους σε ενιαίο τροχοφόρο συνήθως φορείο το οποίο μπορεί να μετακινείται, όπου χρειάζεται.

### 28.6 Απλός μονοβάθμιος εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής.

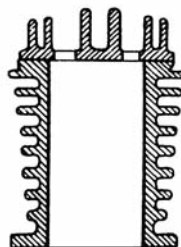
Ο συμπιεστής αυτός (σχ. 28.6α) αποτελείται από έναν κύλινδρο, ο οποίος στο πώμα του έχει δυο βαλβίδες, μία αναρροφήσεως (Α) και μία καταθλίψεως (Κ) του αέρα. Μέσα στον κύλινδρο παλινδρομεί ένα έμβολο, το οποίον κινείται από το στροφαλοφόρο άξονα μέσω συστήματος στροφάλου, διωστήρα, πείρου κλπ.

Η λειτουργία του αεροσυμπιεστή έχει ως εξής:

α) **Αναρρόφηση:** καθώς το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. δημιουργεί κενό μέσα στον κύλινδρο, ανοίγει η βαλβίδα της αναρροφήσεως (Α) και ο



Σχ. 28.6α.



Σχ. 28.6β.

κύλινδρος γεμίζει με αέρα.

β) **Συμπίεση και κατάθλιψη:** Καθώς το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ., ο αέρας που εισήλθε προηγουμένως στον κύλινδρο, συμπιέζεται και κλείνει τη βαλβίδα αναρροφήσεως (Α). Όσο το έμβολο συνεχίζει την κίνησή του προς τα πάνω τόσο ο αέρας συμπιέζεται περισσότερο. Μόλις η πίεσή του φθάσει στο σημείο να υπερικήσει τη δύναμη του ελατηρίου, που κρατά κλειστή τη βαλβίδα της καταθλίψεως (Κ), η τελευταία ανοίγει και ο αέρας υπό πίεση κατευθύνεται προς την κατάθλιψη. Συνήθως γεμίζει ένα **αεροφυλάκιο**, από το οποίο ο πεπιεσμένος αέρας μοιράζεται στο δίκτυο για κατανάλωση.

Σε όλους σχεδόν τους αεροσυμπιεστές αυτού του τύπου η βαλβίδα της αναρροφήσεως έχει ένα ελατήριο, μικρής εντάσεως, τόσης, όση απαιτείται για να παραμένει στεγανά κλειστή, όταν ο συμπιεστής δεν λειτουργεί.

Κατά τη συμπίεσή του, ο αέρας ζεσταίνεται και πρέπει επομένως κατά τη λειτουργία του αεροσυμπιεστή να ψύχεται ο κύλινδρος. Η ψύξη του κυλίνδρου επιτυγχάνεται με αέρα ή με νερό.

Η ψύξη με αέρα γίνεται στους λεγόμενους **αερόψυκτους κυλίνδρους** σε περιπτώσεις που η συμπίεση είναι μικρή και η θέρμανση του αέρα επίσης μικρή. Τότε ο κύλινδρος και το πώμα κατασκευάζονται **πτερυγωτά** (σχ. 28.6β), ώστε να παρουσιάζουν μεγάλη επιφάνεια επαφής με τον αέρα. Η ψύξη στην περίπτωση αυτή υποβοηθείται και από έναν ανεμιστήρα. Αυτός δημιουργεί ρεύμα αέρα, το οποίο περιβάλλει το συμπιεστή, ώστε να υπάρχει συνεχής ανανέωση του ψυκτικού μέσου.

Σε περιπτώσεις όμως που η συμπίεση είναι μεγάλη και η θερμοκρασία του αέρα επίσης μεγάλη, εφαρμόζεται η ψύξη με κυκλοφορία νερού, οπότε ο κύλινδρος κατασκευάζεται με περιχιτώνιο θάλαμο και το πώμα κοίλο και με θάλαμο ψύξεως των βαλβίδων. Μέσα από τους θαλάμους κυκλοφορεί το νερό ψύξεως, που καταθλίβεται από αντλία, όπως γίνεται και στις Μ.Ε.Κ.

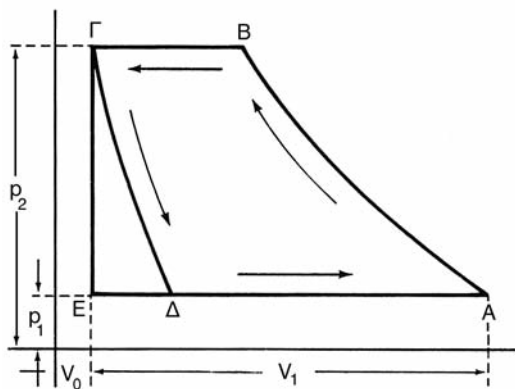
## 28.7 Ο κύκλος λειτουργίας του απλού εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.

Σύμφωνα με όσα ξέρομε από τη Θερμοδυναμική, χαράζομε και για τους αεροσυμπιεστές σε σύστημα αξόνων  $p - V$  το διάγραμμα του κύκλου λειτουργίας τους.

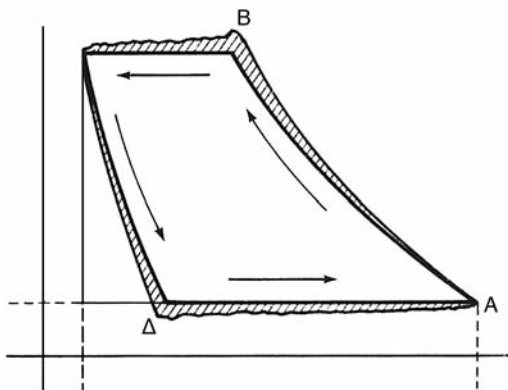
Στο σχήμα 28.7α φαίνεται το **θεωρητικό διάγραμμα** ΑΒΓΔ, στο οποίο είναι: ΑΒ η συμπίεση από το σημείο Α ή Κ.Ν.Σ. της διαδρομής του εμβόλου, όπου ο κύλινδρος είναι γεμάτος με αέρα ατμοσφαιρικής πιέσεως. Η συμπίεση γίνεται με κλειστές τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής μέχρι το σημείο Β, όπου επιτυγχάνεται η πίεση καταθλίψεως του αεροσυμπιεστή.

Η συμπίεση αυτή μπορεί να είναι **ισόθερμη**, υπό συνθήκες έντονης ψύξεως του κυλίνδρου, ή **αδιαβατική**, υπό συνθήκες μεγάλης μονώσεώς του. Στην πραγματικότητα είναι μια **πολυτροπική** αλλαγή καταστάσεως που είναι πιο κοντά στην αδιαβατική. Στο σημείο (Β), όπου έχουν διανυθεί περίπου τα 75% έως 80% της διαδρομής του εμβόλου προς το Α.Ν.Σ., ανοίγει η βαλβίδα καταθλίψεως και ο αέρας καταθλίβεται έξω από τον κύλινδρο προς αεροφυλάκιο υπό σταθερή πίεση κατά τη γραμμή (ΒΓ), δηλαδή μέχρι το σημείο (Γ) ή Α.Ν.Σ.

Από το σημείο (Γ) ο αέρας, ο οποίος παρέμεινε στο χώρο του διακένου, εκτονώνεται κατά την πολυτροπική επίσης γραμμή (ΓΔ), της οποίας η μορφή εξαρτάται από τον όγκο



Σχ. 28.7α.



Σχ. 28.7β.

του διακένου. Όσο μικρότερος είναι αυτός, τόσο περισσότερο απότομη είναι η εκτόνωση. Αν ο όγκος αυτός ήταν μηδενικός, τότε η γραμμή (ΓΔ) θα συνέπιπτε με τη (ΓΕ).

Κατά την προς το Κ.Ν.Σ. διαδρομή του εμβόλου η βαλβίδα αναρροφήσεως ανοίγει και αέρας ατμοσφαιρικής πίεσεως εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο υπό σταθερή πίεση κατά την (ΔΑ), με τη δύναμη της αναρροφήσεως που πραγματοποιεί το έμβολο. Ο κύκλος τελειώνει στο (Α) και επαναλαμβάνεται όσο ο συμπιεστής εργάζεται.

Στο θεωρητικό διάγραμμα (σχ. 28.7α) ο λόγος της πίεσεως καταθλίψεως ( $P_2$ ) προς την πίεση αναρροφήσεως ( $P_1$ ) λέγεται **βαθμός συμπίεσεως**.

Ο λόγος του όγκου  $V_0$  του διακένου ή επιζήμιου χώρου προς τον όγκο της διαδρομής  $V_1$  κυμαίνεται σε ποσοστό από 0,03 ως 0,12 ανάλογα με τον τύπο και τον προορισμό του συμπιεστή.

Στο σχήμα 28.7β φαίνεται το **πραγματικό διάγραμμα** στο οποίο συγκριτικά με το προηγούμενο παρατηρούμε τα εξής:

- Η γραμμή της συμπίεσεως (ΑΒ) βρίσκεται επάνω από τη θεωρητική και αυτό, διότι η τελική πίεση συμπίεσεως πρέπει να γίνει μεγαλύτερη από την πίεση της καταθλίψεως, για να ανοίξει η βαλβίδα της καταθλίψεως και να υπερνικήσει τις αντιστάσεις τριβής του αέρα στις βαλβίδες.

- Η γραμμή της καταθλίψεως είναι ανώμαλη λόγω στραγγαλισμού και στροβιλισμού του αέρα κατά την πορεία του προς το αεροφυλάκιο.

- Η γραμμή της εκτονώσεως κατέρχεται κάτω από τη θεωρητική, γιατί η τελική πίεση εκτονώσεως πρέπει να είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική, ώστε να ανοίξει η βαλβίδα της εισαγωγής.

- Η γραμμή της εισαγωγής είναι χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική λόγω του κενού που δημιουργεί το έμβολο και φθάνει στην τιμή της ατμόσφαιρας στο τέλος της διαδρομής του εμβόλου, όπου η ταχύτητά του ελαττώνεται προοδευτικά μέχρι το μηδέν. Η γραμμή είναι ανώμαλη λόγω πάλι στραγγαλισμού και στροβιλισμού του αέρα, όταν περνά από τη βαλβίδα της αναρροφήσεως.

Το εμβαδόν του θεωρητικού διαγράμματος παριστάνει, κατά τα γνωστά, το



θεωρητικό έργο που απαιτεί ο αεροσυμπιεστής για να πραγματοποιήσει τον κύκλο λειτουργίας του, ενώ το εμβαδόν του πραγματικού αντίστοιχα, το πραγματικό έργο το οποίο είναι μεγαλύτερο από το θεωρητικό.

Η γραμμοσκιασμένη επιφάνεια παριστάνει ακριβώς το έργο που απαιτείται για την αντιμετώπιση των απωλειών της πραγματικής λειτουργίας.

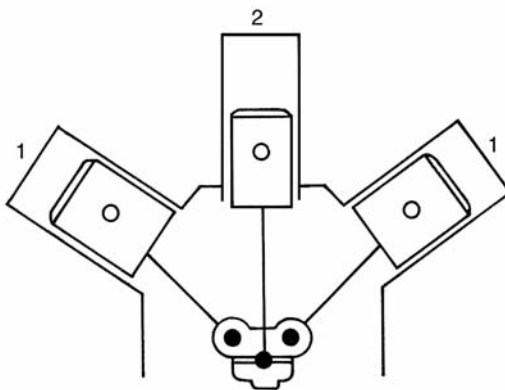
### 28.8 Πολυβάθμιοι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές.

Στην παράγραφο 28.4 εξηγήσαμε την ανάγκη της διαβαθμίσεως με την οποία είναι συνυφασμένη η χρησιμοποίηση των **πολυβαθμίων** αεροσυμπιεστών και η ενδιάμεση ψύξη του συμπιεζόμενου αέρα μετά από κάθε **φάση** ή **βαθμίδα**.

Από την κατασκευαστική πλευρά οι πολυβάθμιοι εμβολοφόροι δεν διαφέρουν από το μονοβάθμιο αεροσυμπιεστή παρά μόνον ως προς τον αριθμό και τη διάταξη των κυλίνδρων και των στροφάλων και ως προς την παρεμβολή των ενδιάμεσων ψυγείων.

Οι διάφορες φάσεις συμπίεσεως χαρακτηρίζονται η 1η ως Χ.Π. (χαμηλής πίεσεως), η 2η ή και η 3η ως Μ.Π. (μέσης πίεσεως) και η τελευταία ως Υ.Π. (υψηλής πίεσεως).

Συμπιεστές με περισσότερες από τέσσερις φάσεις συναντώνται σπάνια. Μερικές φορές στους πολυβάθμιους συμπιεστές η πρώτη βαθμίδα της Χ.Π. εξυπηρετείται από δύο κυλίνδρους με την ίδια διάμετρο, ενώ η βαθμίδα της Υ.Π. από άλλον κύλινδρο με

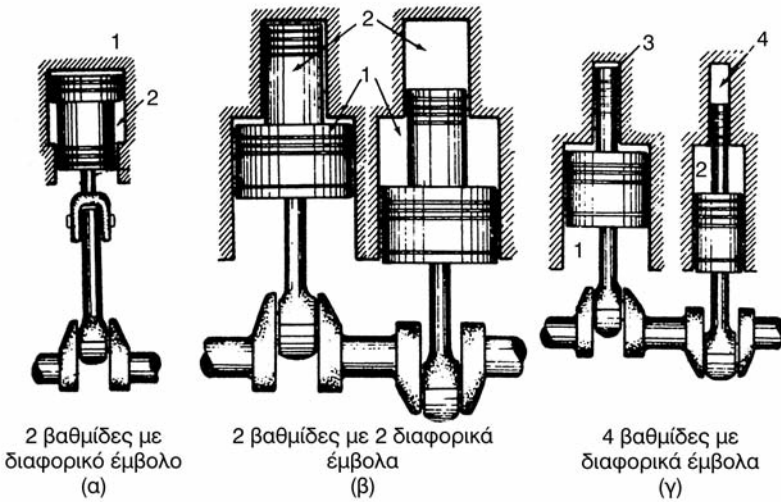


Σχ. 28.8α.

μικρότερη διάμετρο, όπως παριστάνει το σχήμα 28.8α, όπου οι κύλινδροι (1) και (1) είναι της πρώτης βαθμίδας και ο κύλινδρος (2) της δεύτερης. Ο όλος συμπιεστής έχει διάταξη W.

Εκτός από την παραπάνω συνηθίζεται και η διάταξη του σχήματος 28.8β, όπου βλέπουμε ότι οι δυο ή και οι τρεις μερικές φορές βαθμίδες εξυπηρετούνται από ένα **διαφορικό** ή **βαθμωτό** έμβολο, δηλαδή με διαφορετικές διαμέτρους κατά το λεγόμενο σύστημα **tandem**.

Οι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές είναι τις περισσότερες φορές κατακόρυφοι,



Σχ. 28.8β.

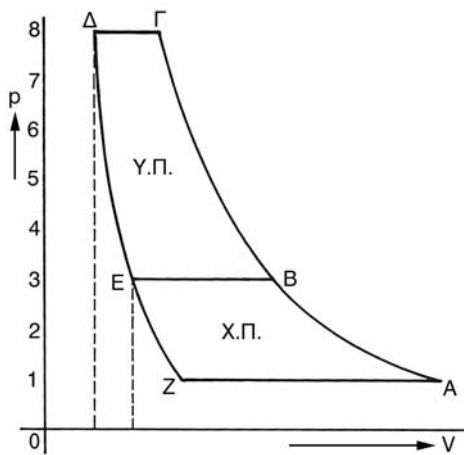
υπάρχουν όμως και οριζόντιοι ή με διάταξη «V», «W» κλπ.

Σε κάθε βαθμίδα συμπίεσης μπορούμε συνήθως να επιτύχομε πίεση καταθλίψεως 4 ως 5 φορές την πίεση της αναρροφήσεως.

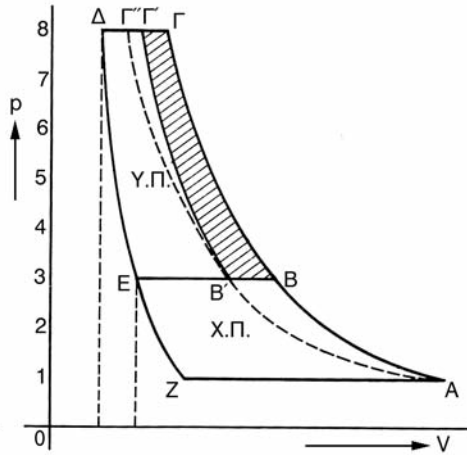
**28.9 Ο κύκλος λειτουργίας του πολυβάθμιου εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.**

Αυτός δεν διαφέρει από τον κύκλο του μονοβάθμιου παρά μόνο όσο αφορά την ενδιάμεση ψύξη.

Είπαμε στα προηγούμενα ότι η συμπίεση είναι μια πολυτροπική συμπίεση γιατί με



Σχ. 28.9α.



Σχ. 28.9β.

την ψύξη του κυλίνδρου με ρεύμα αέρα ή με νερό δεν μπορεί να αφαιρεθεί όλη η αναπυσσόμενη θερμότητα, ώστε να έχουμε ισοθερμοκρασιακή συμπίεση. Γι' αυτό στους πολυβάθμιους συμπιεστές που η τελική πίεση και συνεπώς και η θερμοκρασία, φθάνει σε υψηλές τιμές, εφαρμόζουμε την ψύξη με ενδιάμεσα και με τελικό ψυγείο.

Στο σχήμα 28.9α π.χ. με βάση τον όγκο του κυλίνδρου της Χ.Π. στο (Α), την τελική πίεση των 8 π.χ. bar και τον επιζήμιο χώρο του κυλίνδρου της Υ.Π. στο (Δ), φέρουμε την πολυτροπική από τον (Α) και την ισόθλιβη από το (Δ), οι οποίες συναντώνται στο (Γ). Από το (Δ) φέρουμε την πολυτροπική εκτόνωση μέχρι το (Ζ) και έχουμε το διάγραμμα ΑΓΔΖ του διαβάθμιου συμπιεστή.

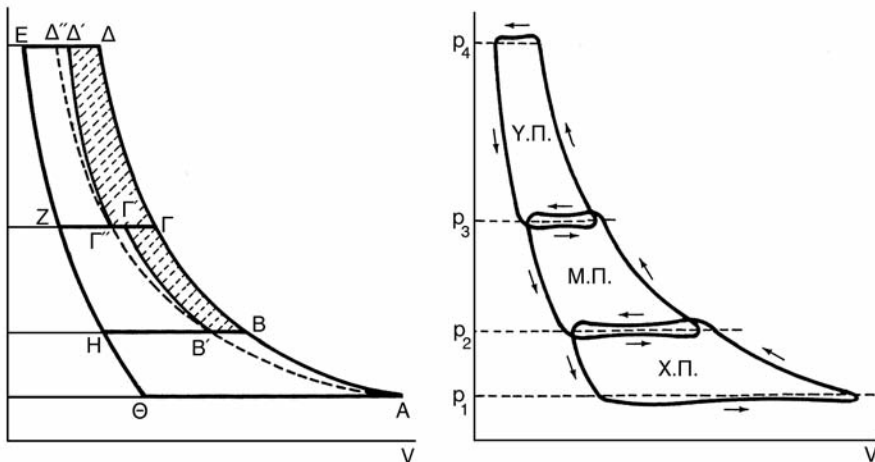
Από το σημείο (Ε) που παριστάνει τον επιζήμιο χώρο του κυλίνδρου της Χ.Π. φέρουμε την (ΕΒ) και έτσι έχουμε το ΑΒΕΖ της Χ.Π. και το ΒΓΔΕ της Υ.Π. τα οποία είναι περίπου ισοδύναμα μεταξύ τους.

Στο σχήμα 28.9β παρατηρούμε ότι στο (Α) ο αέρας έχει έστω θερμοκρασία 20°C. Με την πρώτη συμπίεση μέχρι το (Β) σε 3 bar αποκτά θερμοκρασία 120°C περίπου και αν συνεχισθεί η συμπίεση μέχρι 8 bar θα αποκτούσε στο σημείο (Γ) θερμοκρασία 280°C περίπου. Έτσι στο σημείο (Β) εφαρμόζουμε την ενδιάμεση ψύξη και υπό σταθερή πίεση υποβιβάζουμε τη θερμοκρασία του στους 20°C κατά τη (ΒΒ'), δηλαδή μέχρι του Β' όπου αυτή συναντά την εκ του Α ισόθερμη των 20°C.

Από το (Β') συνεχίζουμε τη συμπίεση κατά τη (Β'Γ'), στο τέλος της οποίας ο αέρας έχει την τελική πίεση 8 bar και θερμοκρασία 140°C περίπου. Εκεί ψύχεται μέσα στο τελικό ψυγείο κατά την (Γ'Γ'') σε θερμοκρασία πάλι 20°C και εισάγεται υπό σταθερή πίεση κατά την ισόθλιβη (Γ'Γ'') στα αεροφυλάκια.

Η εστιγμένη ΑΒ'Γ''' είναι η ισόθερμη των 20°C.

Έτσι τα δύο διαγράμματα του κύκλου του διβάθμιου συμπιεστή είναι της Χ.Π. το



Σχ. 28.9γ.

ΑΒΕΖ και της Υ.Π. το Β'Γ'ΔΕ του σχήματος 28.9β.

Κατά τη διβάθμια λειτουργία το έργο της συμπίεσεως είναι αισθητά μειωμένο κατά το ποσόν που παριστάνει το εμβαδόν ΒΒ'Γ'Γ' πράγμα που αποτελεί ένα άλλο

πλεονέκτημα αυτής.

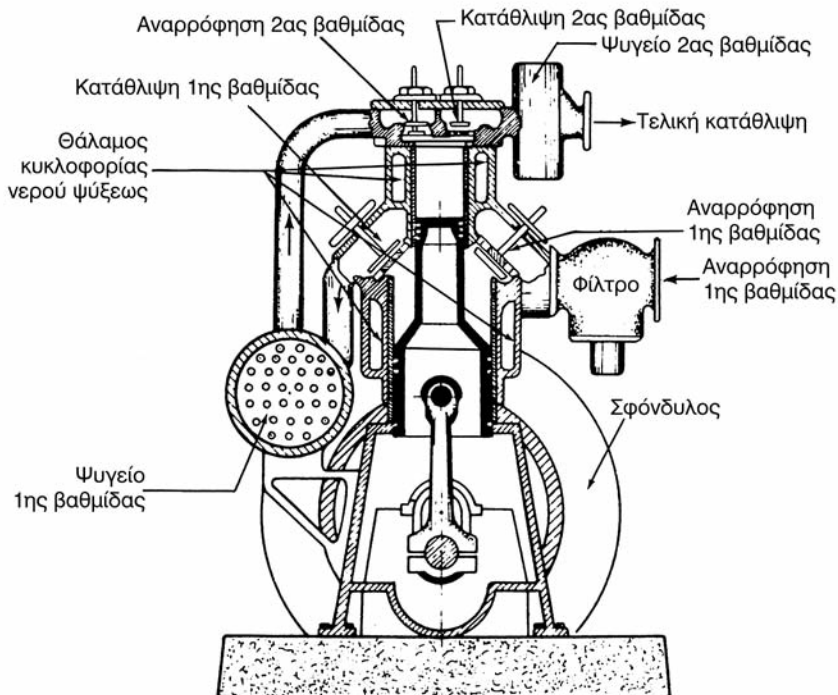
Ανάλογη είναι η μορφή του διαγράμματος για τριβάθμια, τετραβάθμια κλπ., συμπίεση.

Στο σχήμα 28.9γ φαίνονται τα θεωρητικά και τα πραγματικά διαγράμματα ενός τριβάθμιου συμπιεστή. Σ' αυτά είναι ΑΒΓΔ η υποθετική πολυτροπική συμπίεση χωρίς ψύξη. Οι (ΒΒ'), (ΓΓ'') παριστάνουν την ψύξη στα ενδιάμεσα ψυγεία και η Δ'Δ'' στο τελικό. Τέλος η εστιγμένη ΑΒ'Γ''Δ'' παριστάνει την ισόθερμη των 20°C προς την οποία τείνει η λειτουργία του συμπιεστή. Έτσι τα θεωρητικά διαγράμματα του τριβάθμιου αεροσυμπιεστή είναι της Χ.Π. το ΑΒΗΘ, της Μ.Π. το Β'Γ'ΖΗ και της Υ.Π. το Γ'Δ'ΕΖ.

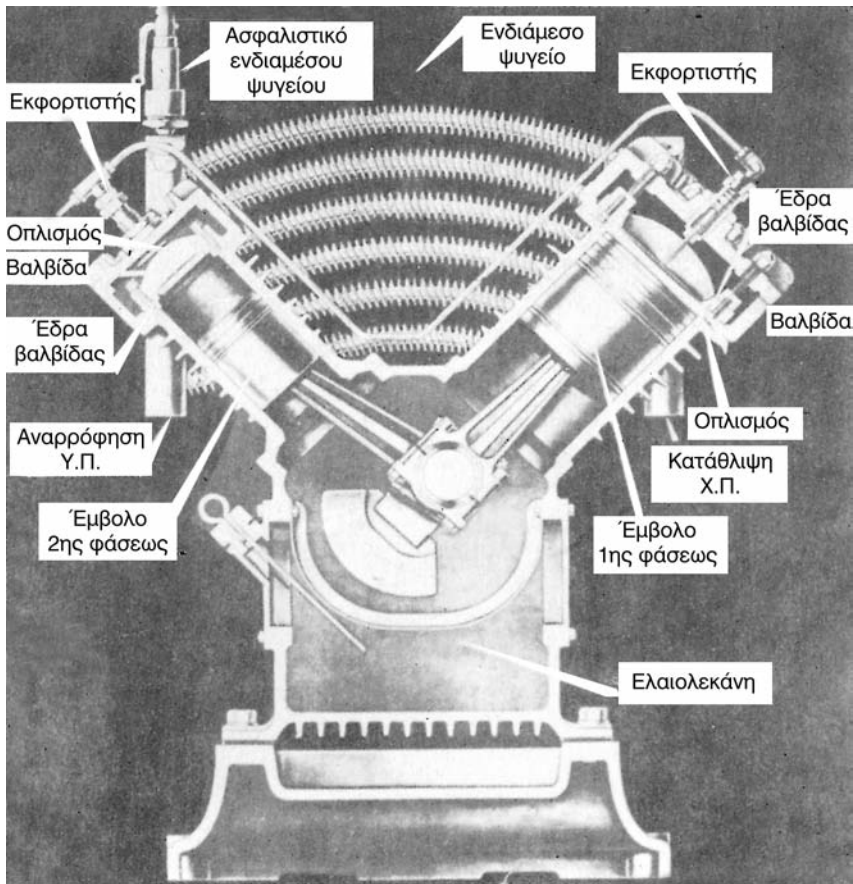
Παρατηρούμε τέλος τη μορφή που έχουν τα πραγματικά διαγράμματα λόγω των απωλειών που αναφέραμε στην παράγραφο 28.7 για το μονοβάθμιο συμπιεστή. Οι απώλειες προφανώς επαναλαμβάνονται σε κάθε φάση του τριβάθμιου συμπιεστή.

### 28.10 Τυπικές μορφές του πολυβάθμιου συμπιεστή.

Στο σχήμα 28.10α παριστάνεται σε τομή και με περισσότερες λεπτομέρειες ένας αεροσυμπιεστής με δύο βαθμίδες, δηλαδή μεσαίας πίεσεως καταθλίψεως. Βλέπουμε σ' αυτόν, τον κύλινδρο Χ.Π. κάτω, και επάνω από αυτόν τον κύλινδρο Υ.Π. με μικρότερη διάμετρο και κοινό έμβολο διαφορετικού τύπου και για τους δύο κυλίνδρους.



Σχ. 28.10α.



Σχ. 28.10β.

Το σχήμα 28.10β δείχνει αερόψυκτο συμπιεστή με διάταξη κυλίνδρου «V». Σ' αυτό φαίνονται όλες οι κατασκευαστικές του λεπτομέρειες.

Το σχήμα 28.10γ δείχνει διαγραμματικά αεροσυμπιεστή με τρεις φάσεις.

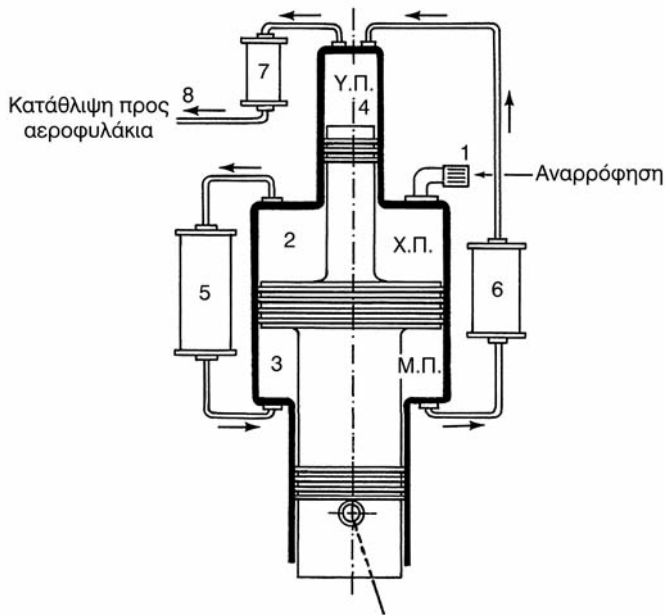
Διακρίνομε:

- 1) Εισαγωγή αέρα.
- 2) Συγκρότημα κυλίνδρου Χ.Π.
- 3) Συγκρότημα κυλίνδρου Μ.Π.
- 4) Συγκρότημα κυλίνδρου Υ.Π.
- 5) Ψυγείο 1ης φάσεως.
- 6) Ψυγείο 2ης φάσεως.
- 7) Ψυγείο 3ης φάσεως.
- 8) Κατάθλιψη προς αεροφυλάκια.

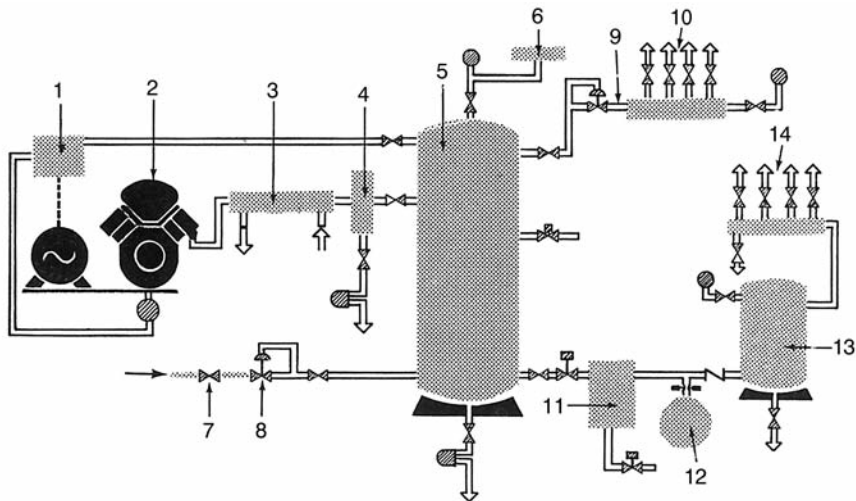
Στο σχήμα 28.10δ εικονίζεται υδρόψυκτος αεροσυμπιεστής της Atlas Copco τύπου ΒΤ πίεσεως καταθλίψεως  $30 \text{ kp/cm}^2$  μέσα στο όλο διάγραμμα που δίνει την εγκατάστασή του.

Αξιοσημείωτη εδώ είναι η διαδικασία ξηράνσεως του αέρα και αναζωογονήσεως του ξηραντήρα. Η υγρασία του πεπιεσμένου αέρα απορροφάται από σφαιρίδια οξειδίου του πυριτίου (Silicagel) του ξηραντήρα (11).

Ο αποξηραμένος αέρας περνά από τον αναζωογονητή (12) και μέσω



Σχ. 28.10γ.



Σχ. 28.10δ.

1) Ρυθμιστής λειτουργίας. 2) Συμπιεστής. 3) Τελικό ψυγείο. 4) Παγίδα υγρασίας. 5) Αεροφιάλη. 6) Πίνακας συναγερμού προειδοποιήσεως. 7) Παροχή από σύστημα αέρα προκινήσεως. 8) Μειωτήρας. 9) Διακόπτης Χ.Π. 10) Αέρας προς εργαλεία. 11) Ξηραντήρας. 12) Θάλαμος αναζωογονήσεως. 13) Αεριοφιάλη ξηρού αέρα. 14) Παροχές αέρα.

ανεπίστροφης βαλβίδας προς το θάλαμο (13) του ξηρού αέρα. Όταν η πίεση μέσα στο θάλαμό του φθάσει σε μια από πριν ρυθμιζόμενη τιμή, διακόπτεται η παροχή αέρα προς τον ξηραντήρα. Η αεροκίνητη βαλβίδα στον πυθμένα του ξηραντήρα



ανοίγει και αέρας από το θάλαμο (12) εισέρχεται υπό ατμοσφαιρική πίεση ξανά στον ξηραντήρα. Ο αέρας αυτός αποσύρει την υγρασία από το οξειδίο του πυριτίου, το οποίο έτσι ανανεώνεται και οδεύει στη συνέχεια προς την ατμόσφαιρα. Όταν η πίεση στο θάλαμο ξηρού αέρα (13), πέσει στο χαμηλότερο όριο, ανοίγει ξανά η παροχή αέρα προς τον ξηραντήρα και η ροή από τον αναζωογονητή (12) κλείνει.

### 28.11 Τα μέρη ενός εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.

Τα μέρη, από τα οποία βασικά αποτελείται στο σύνολό του ένας εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής, είναι:

1) Το σύστημα **συμπίεσης** του αέρα, το οποίο αποτελείται από τον **κύλινδρο** ή τους **κυλίνδρους**, τα **πώματα**, τα **έμβολα** με τα **ελατήριά** τους και τις **βαλβίδες** αναρροφήσεως και καταθλίψεως.

2) Το σύστημα **κινήσεως** του αεροσυμπιεστή, το οποίο αποτελείται από το **στροφαλοφόρο άξονα**, τους **διωστήρες**, τους **πείρους**, το **σφόνδυλο** κλπ. Ο στροφαλοφόρος άξονας κινείται από το κινητήριο μηχανήμα του αεροσυμπιεστή.

3) Το σύστημα **λιπάνσεως** του αεροσυμπιεστή, το οποίο αποτελείται από την **ελαιολεκάνη**, την **αντλία** λαδιού, το **ψυγείο** λαδιού και τα **φίλτρα** του. Τα μέρη, που λιπαίνονται, είναι οι τριβείς εδράνων και διωστήρων, οι πείροι των εμβόλων, οι κύλινδροι, οι διάφοροι οδοντωτοί τροχοί, οι οδηγοί των βαλβίδων κλπ. Σε μεγάλους αεροσυμπιεστές χρησιμοποιείται ιδιαίτερη αντλία, η οποία στέλνει λάδι με πίεση στους κυλίνδρους, όπου συμπιέζεται ο αέρας, για την **εσωτερική λίπανσή** τους.

4) Το σύστημα **ψύξεως**, το οποίο χρησιμεύει για την ψύξη των κυλίνδρων, των πωμάτων, του αέρα και του λαδιού. Αυτό αποτελείται από **αντλία** νερού, από τα διάφορα **ψυγεία** και τις αντίστοιχες σωληνώσεις τους. Σε αερόψυκτους συμπιεστές υπάρχει μερικές φορές **ανεμιστήρας αέρα**.

5) Το σύστημα **αυτόματης εκκινήσεως κρατήσεως** του συμπιεστή ή αλλιώς σύστημα **σταθερής πίεσεως** του αέρα καταθλίψεως, το οποίο ρυθμίζει αυτόματα τη διάρκεια λειτουργίας του συμπιεστή ανάλογα με τη ζήτηση καταναλώσεως, ώστε η πίεση μέσα στο αεροφυλάκιο να παραμένει περίπου σταθερή.

6) Το σύστημα **εκφορτώσεως** του αεροσυμπιεστή, το οποίο συνεργάζεται με το προηγούμενο της σταθερής πίεσεως και έχει σκοπό να ελαττώνει το φορτίο του κινητήριου μηχανήματος από τη συμπίεση του αέρα κατά την εκκίνηση του αεροσυμπιεστή.

7) Ο αυτόματος **μηχανισμός κρατήσεως** που αποτελείται από αυτόματο θερμοστατικό μηχανισμό με τον οποίο, αν η θερμοκρασία του νερού ψύξεως ανέβει πάνω από ένα όριο ασφαλείας, ο αεροσυμπιεστής σταματά και δεν εκκινεί αυτόματα.

8) Η διάταξη ελέγχου **σταθερής ταχύτητας** με την οποία επιτυγχάνεται σταθερή πίεση μέσα στο αεροφυλάκιο με τον έλεγχο της παροχής του αεροσυμπιεστή χωρίς αυτός να σταματά ή αλλάζει ταχύτητα. Αυτή χρησιμοποιείται σε συμπιεστές στους οποίους οι συχνές κρατήσεις και εκκινήσεις θεωρούνται άσκοπες, επειδή οι απαιτήσεις αέρα από αυτούς είναι αρκετά σταθερές.

9) Το σύστημα **αποθηκείσεως** και **διανομής** του πεπιεσμένου αέρα, το οποίο αποτελείται από μία ή περισσότερες αεροφιάλες εφοδιασμένες με **βαλβίδες**, με



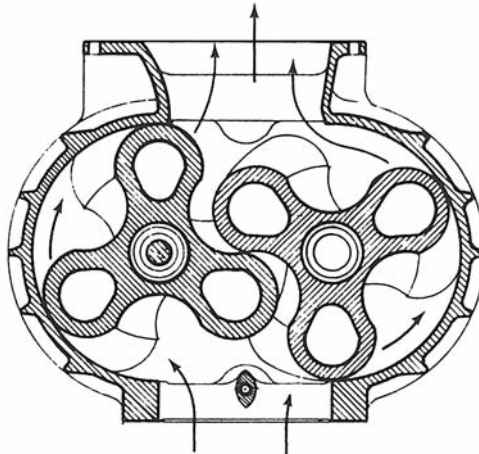
**ασφαλιστικά επιστόμια**, τις **σωληνώσεις** και τους **διακόπτες** του δικτύου διανομής κλπ.

### 28.12 Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές.

Οι περιστροφικοί αεροσυμπιεστές χρησιμοποιούνται, όπως έχουμε αναφέρει, για μέσες πιέσεις και εξασφαλίζουν συνεχή παροχή του συμπιεσμένου αέρα, χωρίς να μεσολαβούν βαλβίδες αναρροφήσεως ή καταθλίψεως. Καταλαμβάνουν μικρό χώρο, συνδέονται εύκολα με τους ηλεκτροκινητήρες, είναι σχεδόν αθόρυβοι χωρίς κραδασμό λόγω ελλείψεως παλινδρομούντων βαρών και δεν απαιτούν επομένως ισχυρή θεμελίωση, όπως οι παλινδρομικοί.

Διακρίνονται σε:

- Συμπιεστές με λοβούς.



Σχ. 28.13.

- Πτερυγιοφόρους.
- Κοχλιοφόρους.

### 28.13 Συμπιεστές με λοβούς.

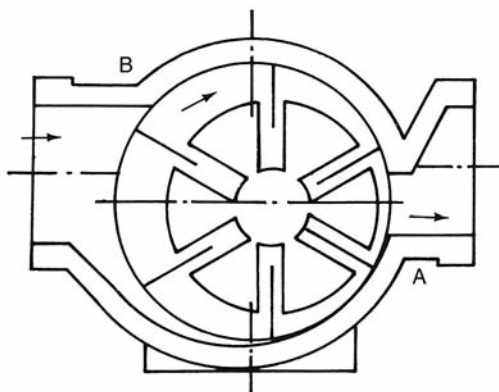
Αυτοί αποτελούνται συνήθως από δύο περιστρεφόμενους ελικοειδείς τροχούς ή λοβούς (σχ. 28.13). Κάθε λοβός μπορεί να έχει από δύο ως τρία δόντια. Οι λοβοί περιστρέφονται αντίθετα μέσα στο κέλυφος, το οποίο εδώ έχει τη θέση κυλίνδρου. Το διάκενο μεταξύ περιστρεφόμενων λοβών και κελύφους είναι ελάχιστο και επιδρά προφανώς στην καλή απόδοση του συμπιεστή.

Οι αεροσυμπιεστές αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως αντλίες σαρώσεως ή αποπλύσεως των διχρόνων μηχανών Diesel και ονομάζονται μερικές φορές **φυσητήρες αέρα**.

Η πίεση του αέρα που συμπιέζουν, είναι μικρή ως μέσης τιμής τις πιο πολλές φορές.

### 28.14 Πτερυγιοφόρος περιστροφικός αεροσυμπιεστής.

Αυτός παριστάνεται στο σχήμα 28.14. Το στροφέιο του περιστρέφεται εκκεντρικά μέσα στο κέλυφος και φέρει ακτινικές αύλακες μέσα στις οποίες μπορούν να παλινδρομούν μεταλλικά πτερύγια. Καθώς περιστρέφεται το στροφέιο, αναπτύσσεται φυγόκεντρος δύναμη, η οποία ωθεί τα πτερύγια προς την περιφέρεια του κελύφους. Με αυτόν τον τρόπο από το σημείο (A) ως το (B) και όταν το στροφέιο περιστρέφεται κατά την έννοια του βέλους, τα πτερύγια απομακρύνονται από το κέντρο. Έτσι



Σχ. 28.14.

ο χώρος μεταξύ στροφέιου - κελύφους και πτερυγίων γίνεται προοδευτικά μεγαλύτερος και καταλαμβάνεται από τον αέρα.

Από το (B) προς το (A) τα πτερύγια πλησιάζουν προς το κέντρο εξαναγκασόμενα από το συγκλίνον κέλυφος, ο χώρος μεταξύ στροφέιου - κελύφους και πτερυγίου ελαττώνεται προοδευτικά και ο αέρας συμπιεζόμενος οδεύει προς την κατάθλιψη.

Μερικές φορές εσωτερικά στον κάθε αύλακα τοποθετείται ελατήριο, το οποίο και ωθεί το πτερύγιο προς την περιφέρεια. Όταν το πτερύγιο πλησιάζει προς το κέντρο, το ελατήριο συσπειρώνεται.

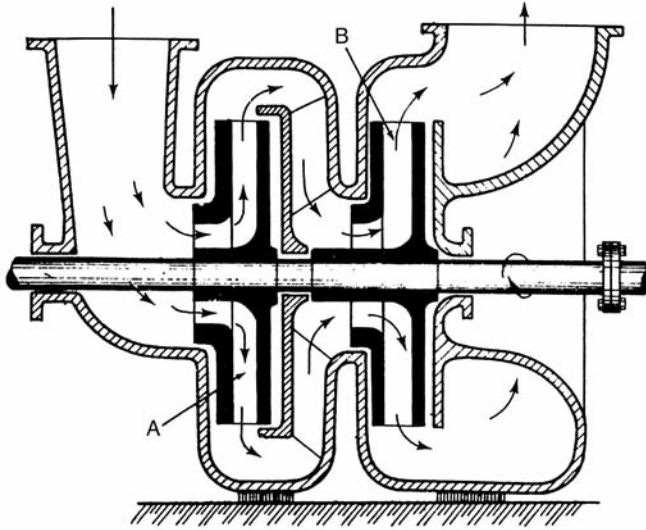
### 28.15 Φυγοκεντρικοί αεροσυμπιεστές.

Αυτοί, όπως ξέρομε, διακρίνονται σε **φυγοκεντρικούς** ή ακτινικής ροής και αντιστοίχως σε **αξονικούς** ή αξονικής ροής.

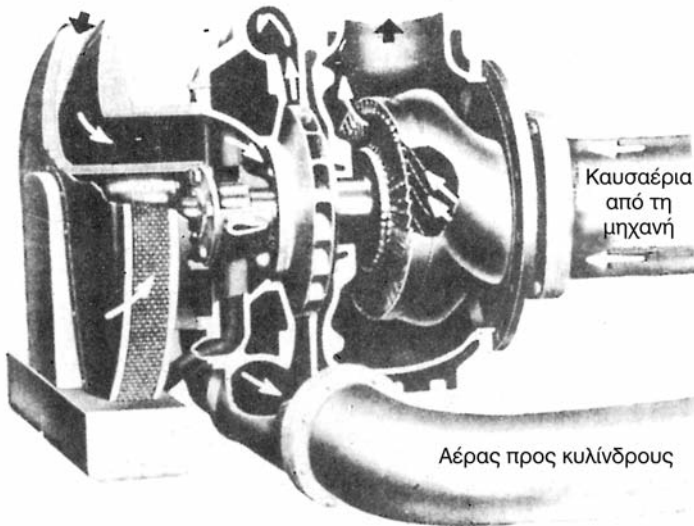
Το σχήμα 28.15α παριστάνει φυγοκεντρικό αεροσυμπιεστή δυο βαθμίδων, δηλαδή με δυο **στροφέια** ή **δρομείς**, το (A) και το (B). Αυτός εργάζεται ακριβώς όπως μια φυγοκεντρική αντλία δυο βαθμίδων και χρησιμοποιείται για μεγάλες σχετικά παροχές αέρα αλλά υπό μικρή αντίστοιχα πίεση καταθλίψεως.

Το σχήμα 28.15β παριστάνει συμπιεστή ακτινικής ροής μαζί με το στρόβιλο καυσαερίων που τον κινεί σε μηχανή Diesel με υπερπλήρωση.

Το σχήμα 28.15γ παριστάνει έναν πολυβάθμιο αξονικό αεροσυμπιεστή 10

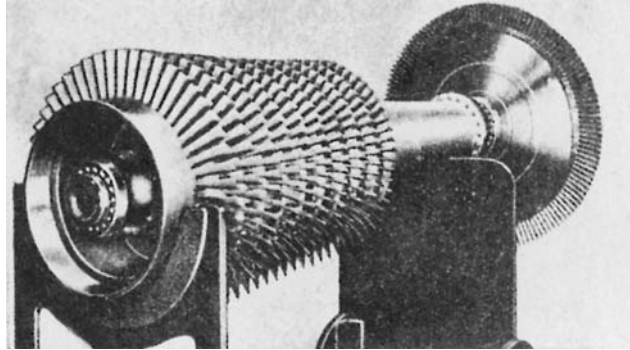


Σχ. 28.15α.

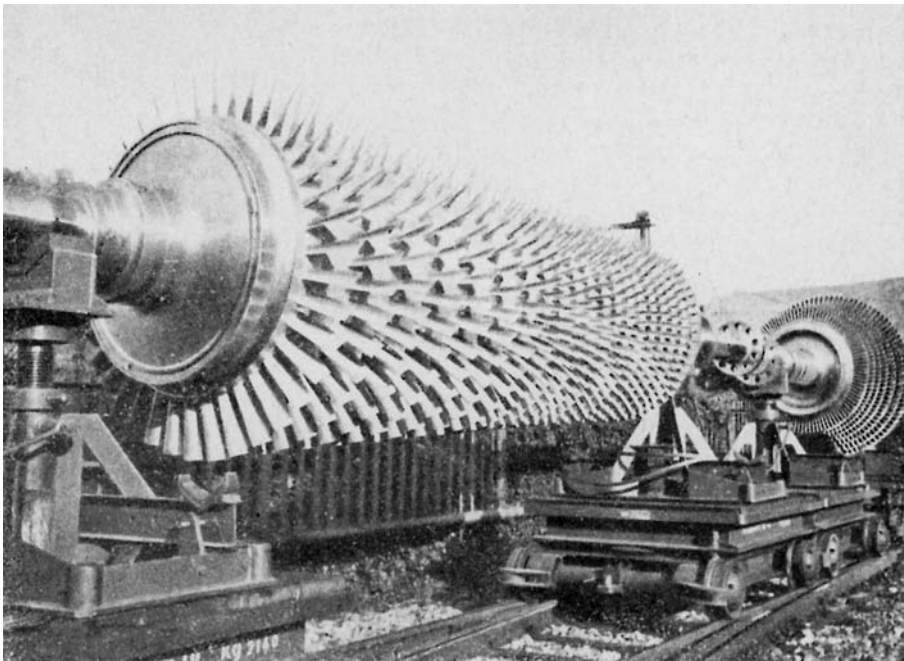


Σχ. 28.15β.

βαθμίδων. Σ' αυτόν ο αέρας συμπιέζεται διαδοχικά σε πολλές βαθμίδες με κινητά πτερύγια, τα οποία είναι τοποθετημένα επάνω στο τύμπανό του. Τα πτερύγια αυτά διαχωρίζονται μεταξύ τους από σταθερά, τα οποία προσαρμόζονται στο σταθερό



Σχ. 28.15γ.



Σχ. 28.15δ.

κέλυφος του αεροσυμπιεστή. Η κατασκευή αυτού του αεροσυμπιεστή είναι όπως η κατασκευή του αξονικού στροβίλου αντιδράσεως.

Η πορεία του αέρα όμως μέσα στον αξονικό αεροσυμπιεστή είναι ακριβώς αντίστροφη από την πορεία, που ακολουθεί ο ατμός μέσα στον αμμοστρόβιλο αντιδράσεως.

Οι αξονικοί αεροσυμπιεστές μπορούν να δώσουν μεγάλες ποσότητες αέρα με

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΝΑΤΟ

#### ΑΝΤΛΙΕΣ

##### 29.1 Γενικά.

Η αντλία είναι ένα μηχάνημα, το οποίο χρησιμεύει για να διακινεί οποιοδήποτε υγρό από ένα δοχείο σε άλλο, τοποθετημένο ψηλότερα από το πρώτο ή που έχει μεγαλύτερη πίεση. Λέμε ότι η αντλία αναρροφά το υγρό από ένα χώρο και το καταθλίβει με πίεση σε έναν άλλο.

Οι αντλίες, όπως άλλωστε και οι αεροσυμπιεστές, δεν είναι κινητήριες μηχανές, αλλά «εργομηχανές», δηλαδή μηχανές, οι οποίες για τη λειτουργία τους καταναλώνουν μηχανικό έργο και δημιουργούν δυναμική ή κινητική ενέργεια. Εξετάζονται όμως στο βιβλίο εδώ, γιατί η λειτουργία τους είναι ακριβώς αντίστροφη από τη λειτουργία των υδραυλικών κινητήρων και γιατί είναι μηχανές τις οποίες συναντούμε σε κάθε εγκατάσταση κινητηρίων μηχανών.

Για τη λειτουργία οποιασδήποτε αντλίας χρησιμοποιείται ένα μηχάνημα, το οποίο την κινεί, το οποίο λέγεται **κινητήριο μηχάνημα της αντλίας**.

Τα κινητήρια μηχανήματα των αντλιών μπορεί να είναι ατμομηχανές, ατμοστρόβιλοι, μηχανές Ντήζελ ή βενζινομηχανές, υδραυλοκινητήρες και σε μεγάλη κλίμακα ηλεκτροκινητήρες. Μπορεί όμως μια αντλία μικρής παροχής να είναι και χειροκίνητη. Τέλος, η αντλία μπορεί να είναι και **εξαρτημένη**, δηλαδή να κινείται από ένα κινητό μέρος της κύριας μηχανής.

##### 29.2 Χαρακτηριστικά στοιχεία των αντλιών.

Κάθε αντλία χαρακτηρίζεται από ορισμένα βασικά στοιχεία, τα οποία και προσδιορίζουν τις ικανότητές της. Αυτά είναι τα διάφορα **ύψη** της αντλίας, η **παροχή** της, οι διάφοροι **βαθμοί αποδόσεως** και η **ισχύς**, που απαιτείται για την κίνησή της.

Από τα παραπάνω στοιχεία θα εξετασθούν στη συνέχεια αυτά που αφορούν τα διάφορα **ύψη** των αντλιών. Αυτά που αφορούν την παροχή, βαθμούς αποδόσεως και ιπποδύναμη, παραλείπονται εδώ δεδομένου ότι η σημασία τους μας είναι πάντως γνωστή από τις ατμομηχανές και τις Μ.Ε.Κ. Με την ολοκλήρωση της περιγραφής κάθε κατηγορίας αντλιών δίδονται διαγράμματα με χαρακτηριστικές καμπύλες που συσχετίζουν τα παραπάνω στοιχεία μεταξύ τους.

##### 29.3 Τα ύψη των αντλιών και η μέτρησή τους.

α) **Στατικό ύψος αναρροφήσεως (H<sub>a</sub>)** ονομάζεται η κατακόρυφη απόσταση από τη στάθμη του υγρού, που θα αναρροφήσει η αντλία, μέχρι το θάλαμο αναρροφήσεώς της. Ο θάλαμος αυτός σε μια εμβολοφόρο αντλία είναι το κιβώτιο των βαλβίδων ενώ σε μια κεντρόφυγα ο χώρος του αγωγού στο σημείο, όπου το υγρό εισέρχεται στο στροφέιο της

αντλίας. Το ύψος αυτό μπορεί να έχει και αρνητική τιμή, όταν η αντλία είναι τοποθετημένη χαμηλότερα από τη στάθμη του υγρού που αναρροφά. Τότε το υγρό ρέει μόνο του προς την αντλία με τη βαρύτητα.

β) **Στατικό ύψος καταθλίψεως (Hκ)** ονομάζεται η κατακόρυφη απόσταση από το θάλαμο καταθλίψεως της αντλίας ως τη στάθμη του υγρού στο δοχείο στο οποίο καταθλίβεται το υγρό.

γ) **Στατικό ύψος (Hσ)** ονομάζεται το άθροισμα των δύο προαναφερθέντων υψών, δηλαδή η κατακόρυφη απόσταση από τη στάθμη αναρροφήσεως, μέχρι τη στάθμη καταθλίψεως του υγρού. Θα είναι δηλαδή  $Hσ = Hα + Hκ$ .

δ) **Ύψος αντιστάσεων (Hr)** ονομάζεται το σύνολο των αντιστάσεων, οι οποίες αποτελούν εμπόδιο στην κίνηση της φλέβας του υγρού, και προσδιορίζεται σε αντίστοιχο ύψος στήλης του ιδίου του υγρού.

Δημιουργούνται κατά τη ροή που πραγματοποιεί η αντλία, και έχουν ως συνέπεια μian απώλεια ενέργειας του υγρού που βρίσκεται σε κίνηση.

Οι αντιστάσεις αυτές οφείλονται σε **τριβές, στροβιλισμούς, στενώσεις ή ευρύνσεις** της διατομής της ροής, **καμπύλες** των σωληνώσεων, **παρεμβολή των ρυθμιστικών οργάνων**, βαλβίδων, διακοπών κλπ., και δημιουργούνται μέσα στην ίδια την αντλία ή μέσα στις σωληνώσεις αναρροφήσεως και καταθλίψεως ώστε να διακρίνονται έτσι σε **εσωτερικές** της αντλίας και **εξωτερικές** των σωληνώσεων. Οι τελευταίες πάλι διακρίνονται σε αντιστάσεις **αναρροφήσεως** και **καταθλίψεως** αντιστοίχως. Το μέγεθός τους ποικίλλει κάθε φορά και ο υπολογισμός τους γίνεται με εμπειρικούς περισσότερο τύπους και μετρήσεις σύμφωνα με τις μεθόδους της Υδραυλικής.

Το ύψος αντιστάσεως δεν είναι σταθερό κατά τη λειτουργία της αντλίας, όπως τα προηγούμενα, αλλά εξαρτάται από τη στιγμιαία παροχή της και μάλιστα μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνό της.

Από άποψη λειτουργίας είναι ευνόητο ότι οι αντιστάσεις συμπεριφέρονται ως να προσθέτουν παραπάνω ύψος κατά τη μεταφορά του υγρού και αυτό αποτελεί ένα πρόσθετο στοιχείο κατά τον υπολογισμό της ικανότητας και των διαστάσεων της αντλίας. Με άλλα λόγια για να μετακινήσουμε ένα υγρό από μια χαμηλή στάθμη σε μια άλλη ψηλότερη, δεν αρκεί να υπερνικήσουμε μόνο τα ύψη αναρροφήσεως και καταθλίψεως, αλλά και το πρόσθετο αυτό ύψος των αντιστάσεων (Hr).

ε) **Ολικό ύψος (Hο)** ονομάζεται σύμφωνα με τα παραπάνω το άθροισμα του στατικού ύψους (Hσ) και τους ύψους αντιστάσεων (Hr), δηλαδή:

$$Hο = Hσ + Hr \quad \text{ή} \quad Hο = Hα + Hκ + Hr$$

στ) **Μανομετρικό ύψος της αντλίας (Hμ)** ονομάζεται το προηγούμενο ολικό ύψος (Hο), αν από αυτό αφαιρέσουμε τις εξωτερικές αντιστάσεις των σωληνώσεων αναρροφήσεως και καταθλίψεως, δηλαδή όσες δημιουργούνται στις σωληνώσεις **μέχρι τη σύνδεση των περισυχνίων με την αντλία**.

Αυτό είναι αναγκαίο για να χαρακτηρίσει την ικανότητα της αντλίας μόνης ανεξάρτητα από θέση και τοπικές συνθήκες εγκαταστάσεως των σωληνώσεων αναρροφήσεως και καταθλίψεως της, αφού μάλιστα οι αντιστάσεις στις σωληνώσεις αυτές εξαρτώνται από τη θέση, τις καμπύλες, το μήκος τους, τους παρεμβαλλόμενους διακόπτες κλπ.

Το μανομετρικό ύψος της αντλίας αφορά επομένως αυτήν την ίδια την αντλία και παρέχεται

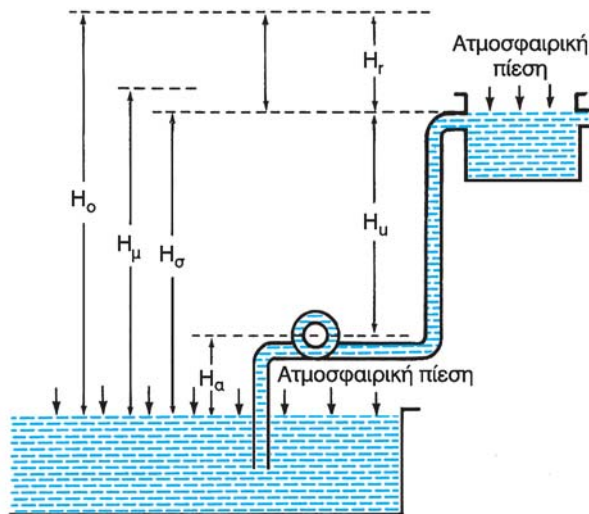


κάθε φορά από τον κατασκευαστή ως ένα προσδιοριστικό μέγεθος των ικανοτήτων της.

Στο σχήμα 29.3 δίνεται η γραφική απεικόνιση των υψών που αναφέραμε.

### - Η μέτρηση των υψών.

Όλα τα ύψη μετρούνται σε μέτρα στήλης νερού. Εδώ υπάρχουν οι εξής αντιστοιχίες μεταξύ πιέσεως και υψών.



Σχ. 29.3.

Για το μετρικό σύστημα:

1 Φυσική ατμόσφαιρα  $Atm = 10,33 \text{ m}$  στήλης νερού.

1 Τεχνική ατμόσφαιρα  $At = 1 \text{ kp/cm}^2 = 10 \text{ m}$  στήλης νερού.

Για το Αγγλικό σύστημα:

1  $Atm = 14,7 \text{ p.s.i} = 34,5 \text{ ft}$  στήλης νερού.

1  $At = 14,2 \text{ p.s.i} = 32,8 \text{ ft}$  στήλης νερού.

Για το διεθνές σύστημα:

1  $bar = 10,2 \text{ m}$  στήλης νερού.

Στην πράξη η μέτρηση των υψών μπορεί να γίνει με ένα κενόμετρο προσαρμοσμένο στην αναρρόφηση και με ένα θλιβόμετρο στην κατάθλιψη της αντλίας και μετατροπή των ενδείξεων αυτών σε μέτρα στήλης νερού. Σε περιπτώσεις που το νερό ρέει μόνο του με τη βαρύτητα προς την αναρρόφηση της αντλίας, όταν δηλαδή υπάρχει αρνητικό ύψος αναρροφήσεως, τότε και στην αναρρόφηση τοποθετείται θλιβόμετρο. Σε όλες τις περιπτώσεις πάντως λαμβάνεται το αλγεβρικό άθροισμα των ενδείξεων.

Πολλές φορές τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι τα ίδια, βαθμολογημένα απευθείας σε μέτρα στήλης νερού.

## 29.4 Η αναρρόφηση της αντλίας.



Η αναρρόφηση της αντλίας πραγματοποιείται χάρη στο κενό, που δημιουργεί η αντλία μέσα στο θάλαμό της. Αυτό είναι μια απόλυτη πίεση μικρότερη από εκείνη, η οποία επικρατεί επάνω στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και η οποία συνήθως είναι η ατμοσφαιρική ή σωστότερα η βαρομετρική πίεση. Έτσι το υγρό αναγκάζεται λόγω της διαφοράς πιέσεων να κινηθεί μέσα στη σωλήνωση της αναρρόφησης από το χώρο της υψηλότερης πίεσεως, δηλαδή της ατμοσφαιρικής, προς το χώρο της χαμηλότερης, δηλαδή προς το θάλαμο αναρρόφησης της αντλίας.

Η διαφορά αυτή των πιέσεων μπορεί να λάβει την τιμή της μιας ατμόσφαιρας ή της βαρομετρικής πίεσεως το μέγιστο. Και αυτό, αν υποθέσουμε ότι η υποπίεση που δημιουργεί η αντλία, φθάνει στο τέλειο κενό. Αυτό όμως είναι σχεδόν αδύνατο στην πράξη.

Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το μέγιστο **θεωρητικό ύψος**, από το οποίο θα μπορούσε να αναρροφήσει μια αντλία, είναι 10,33 μέτρα.

Η ικανότητα μιας αντλίας προς αναρρόφηση ή όπως αλλιώς λέγεται το πραγματικό ύψος αναρρόφησης της, εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

– Από τη **βαρομετρική πίεση**. Όσο μικρότερη είναι αυτή, τόσο δυσκολότερα αναρροφεί η αντλία.

– Από τη **θερμοκρασία** του υγρού. Όσο θερμότερο είναι το υγρό, τόσο πάλι δυσκολότερα το αναρροφά η αντλία.

– Από την **πυκνότητα** του υγρού. Όσο πιο αραιό είναι το υγρό, τόσο ευκολότερα το αναρροφά η αντλία.

– Από το συντελεστή **συνοχής** των μορίων του υγρού, δηλαδή το **ιξώδες** του. Όσο περισσότερο παχύρρευστο είναι το υγρό, τόσο δυσκολότερα το αναρροφά η αντλία.

– Από τις **αντιστάσεις στη σωλήνωση αναρρόφησης**. Όσο λιγότερες είναι οι αντιστάσεις, τόσο ευκολότερα αναρροφά η αντλία. Οι αντιστάσεις αυτές, είναι πάντοτε μικρότερες, όταν η διάμετρος του σωλήνα είναι μεγαλύτερη, όταν οι σωλήνες είναι ευθείς και λείοι εσωτερικώς, ή όταν παρεμβάλλονται στη σωλήνωση τα λιγότερα κατά το δυνατόν όργανα ρυθμίσεως και ελέγχου.

– Από τις **βαλβίδες της αντλίας**. Σε αντλίες οι οποίες έχουν βαλβίδες, η ροή του υγρού είναι τόσο ευκολότερη, όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των βαλβίδων.

– Από τη **στεγανότητα** του σωλήνα αναρρόφησης και του όλου μηχανισμού της αντλίας. Όσο καλύτερη είναι η στεγανότητα του σωλήνα αναρρόφησης, των βαλβίδων και των εμβόλων της εμβολοφόρου αντλίας ή πάλι όσο μικρότερα τα διάκενα του στροφείου μιας περιστροφικής αντλίας, τόσο καλύτερα αναρροφά αυτή το υγρό.

– Από διάφορες άλλες αιτίες που εξαρτώνται από τον τύπο της αντλίας. Έτσι π.χ. ο μεγάλος αριθμός εμβολισμών στις εμβολοφόρες αντλίες ή οι **πολλές στροφές στις φυγόκεντρες** επηρεάζουν ανάλογα την ικανότητα αναρρόφησης τους.

## 29.5 Η κατάθλιψη της αντλίας.

Όσον αφορά την κατάθλιψη μιας αντλίας, αυτή μπορεί θεωρητικά τουλάχιστον, να πραγματοποιείται σε απεριόριστο ύψος καταθλίψεως. Στην πράξη το ύψος καταθλίψεως εξαρτάται από το είδος της αντλίας και τα ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της, τα χαρακτηριστικά της σωληνώσεως και τις διάφορες αντιστάσεις.

Μεγάλα ύψη καταθλίψεως επιτυγχάνονται με αντλίες εμβολοφόρες και αντλίες

εκτοπίσεως, ενώ στις φυγόκεντρες το ύψος καταθλίψεως σε μονάδες πίεσεως δεν μπορεί να υπερβεί τις 10 At περίπου. Γι' αυτό και στην περίπτωση των φυγόκεντρικών καταφεύγουμε στις **πολυβάθμιες φυγόκεντρικές αντλίες**, όταν θέλουμε μεγαλύτερες πιέσεις καταθλίψεως.

### 29.6 Κατάταξη των αντλιών.

Οι διάφορες κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται οι αντλίες ανάλογα με τα ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο λειτουργίας της κάθε μιας, είναι οι εξής:

- **Εμβολοφόρες αντλίες εκτοπίσεως.**
- **Φυγόκεντρικές αντλίες.**
- **Ειδικές αντλίες.**

Οι εμβολοφόρες μπορούν να είναι με **παλινδρομικά** ή **περιστρεφόμενα** έμβολα.

Οι φυγόκεντρικές είναι περιστροφικές **ακτινικής** ροής.

Ειδικές τέλος αντλίες έχουν ιδιαίζουσες μορφές και κατασκευαστικές λεπτομέρειες, όπως θα δούμε αργότερα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ

### ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ

#### 30.1 Γενικά.

**Εμβολοφόρος** ονομάζεται η αντλία, η οποία αποτελείται από έναν ή περισσότερους κυλίνδρους, μέσα σε κάθε έναν από τους οποίους παλινδρομεί ένα έμβολο. Με την κίνηση του εμβόλου άλλες φορές εισρρέει ή αναρροφάται το υγρό μέσα στον κύλινδρο και άλλες εξωθείται ή καταθλίβεται έξω από αυτόν.

Οι εμβολοφόρες αντλίες διακρίνονται σε:

α) **Αναρροφητικές ή καταθλιπτικές.**

Μια **αναρροφητική** αντλία μπορεί να **ανυψώνει** μόνο το υγρό, το οποίο στη συνέχεια ρέει μόνο του, οπότε αυτή καλείται **ανυψωτική**. Η **καταθλιπτική** αντλία είναι επέκταση της έννοιας της αναρροφητικής, γιατί και ανυψώνει ή αναρροφά το υγρό και το **καταθλίβει** υπερνικώντας μια εξωτερική αντίσταση, δηλαδή μια πίεση.

β) **Απλής ή διπλής ενέργειας.**

**Απλής ενέργειας** ονομάζεται η αντλία, όταν πραγματοποιεί τον κύκλο λειτουργίας της, δηλαδή και την αναρρόφηση και την κατάθλιψη από τη μια μόνο όψη του εμβόλου της. **Διπλής ενέργειας** ονομάζεται όταν τον πραγματοποιεί και από τις δύο όψεις του. Η διάκριση αφορά τις **καταθλιπτικές μόνο αντλίες**.

γ) **Μονοκύλινδρες ή πολυκύλινδρες.**

δ) **Οριζόντιες, κάθετες ή κεκλιμένες.**

ε) **Χειροκίνητες, ατμοκίνητες, πετρελαιοκίνητες και ηλεκτροκίνητες ή υδραυλικής κινήσεως**, οι οποίες καλούνται **ανεξάρτητες**, ενώ αυτές που λαμβάνουν κίνηση από ένα κινητό τμήμα της κυρίως μηχανής καλούνται αντίστοιχα **εξαρτημένες**.

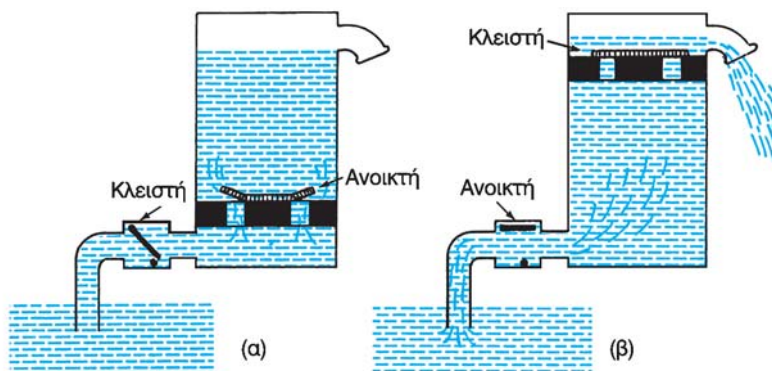
στ) **Απευθείας ή άμεσης μεταδόσεως**, όταν το έμβολό τους λαμβάνει την κίνησή του από κατευθείαν μετάδοση από το κινητήριο μηχανήμα και **στροφαλοκίνητες ή στροφαλοφόρες**, όταν την λαμβάνει μέσω συστήματος στροφάλου-διωστήρα-ζυγώματος - βάρου.

Οι εμβολοφόρες, αντλίες χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως **αεραντλίες** ή **αντλίες τροφοδοτικού νερού λεβήτων** ή ως **αντλίες πετρελαίου, λαδιού λιπάνσεως** κλπ.

Τους βασικούς τύπους από τις εμβολοφόρες αντλίες θα εξετάσουμε στις επόμενες παραγράφους.

#### 30.2 Αναρροφητική αντλία.

Στο σχήμα 30.2 παριστάνεται μια αναρροφητική αντλία άμεσης μεταδόσεως της κινήσεως. Η αντλία είναι γεμάτη νερό στη θέση (α) με τις βαλβίδες που βρίσκονται πάνω στο έμβολο



Σχ. 30.2.

ανοικτές και την αναρροφητική βαλβίδα κλειστή.

Από τη θέση αυτή το έμβολο κάνει την προς τα πάνω διαδρομή του, οπότε οι βαλβίδες του εμβόλου κλείνουν, ενώ η αναρροφητική βαλβίδα λόγω του κενού που σχηματίζεται κάτω από το έμβολο, ανοίγει. Έτσι το έμβολο με την επάνω όψη του διώχνει το υγρό με την υπερχείλιση προς τον ατμοσφαιρικό χώρο, ενώ με την κάτω δημιουργεί κενό, το οποίο συμπληρώνεται από το υγρό που εισρέει ή αναρροφάται, ώστε στη θέση (β) ο κύλινδρος από την κάτω όψη του εμβόλου να είναι γεμάτος από υγρό. Από τη θέση (β) το έμβολο κάνει την προς τα κάτω διαδρομή του, οπότε λόγω της συμπίεσης του υγρού, κλείνει η βαλβίδα αναρροφήσεως και ανοίγουν οι βαλβίδες που είναι πάνω στο έμβολο. Έτσι το νερό μέσα στον κύλινδρο μεταφέρεται ή εκτοπίζεται διερχόμενο από το έμβολο προς το χώρο που είναι πάνω από αυτό, μέχρις ότου το έμβολο να φθάσει στη θέση (α), οπότε και θα επαναληφθεί ο ίδιος κύκλος λειτουργίας από την αρχή.

Όπως είναι ευνόητο, η κατάθλιψη της αντλίας δεν είναι συνεχής, αλλά διακόπτεται, επειδή πραγματοποιείται μόνο σε κάθε προς τα επάνω διαδρομή του εμβόλου.

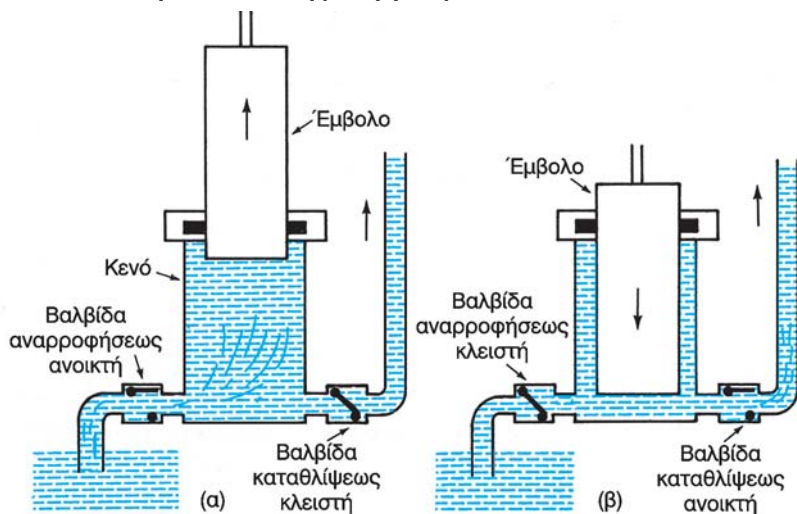
### 30.3 Καταθλιπτική αντλία απλής ενέργειας.

Η αντλία αυτή παριστάνεται σε λειτουργία στο σχήμα 30.3α. Στη θέση (α) το έμβολο της βρίσκεται στο Α.Ν.Σ. και ο κύλινδρος είναι γεμάτος υγρό με τη βαλβίδα αναρροφήσεως ανοικτή και της καταθλίψεως κλειστή. Με την έναρξη της καθόδου του εμβόλου προς το Κ.Ν.Σ., λόγω συμπίεσης του υγρού και σε όλη τη διάρκεια της προς τα κάτω διαδρομής του, η βαλβίδα αναρροφήσεως κλείνει και ανοίγει η βαλβίδα καταθλίψεως· το υγρό διοχετεύεται στη σωλήνωση καταθλίψεως υπό πίεση, με την οποία και υπερινικά την λόγω ολικού ύψους καταθλίψεως αντίσταση. Από τη θέση (β), όπου το έμβολο βρίσκεται στο Κ.Ν.Σ., αρχίζει η προς τα πάνω διαδρομή του. Σχηματίζεται κενό κάτω από το έμβολο, κλείνει η βαλβίδα καταθλίψεως και ανοίγει της αναρροφήσεως, και λόγω του κενού αναρροφάται το νερό και εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο. Μετά αρχίζει ξανά ο ίδιος κύκλος λειτουργίας.

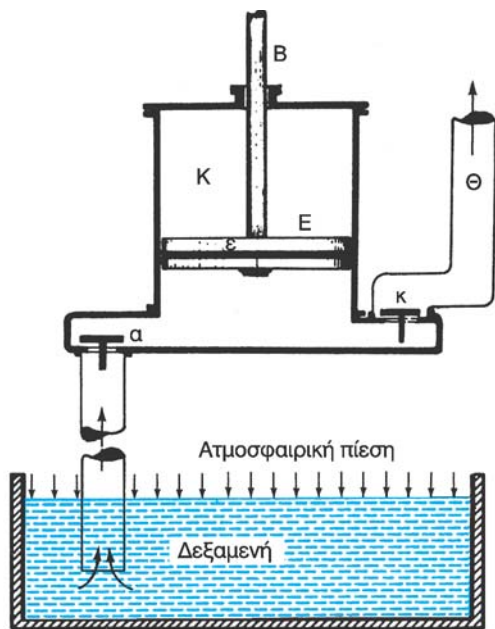
Και στην αντλία αυτή η κατάθλιψη δεν είναι συνεχής, αλλά διακόπτεται όπως στην προηγούμενη περίπτωση και πραγματοποιείται μόνο κατά την προς τα κάτω διαδρομή του εμβόλου.

Στο σχήμα 30.3β παριστάνει μια τέτοια αντλία με επίπεδο έμβολο, όπου (Κ) είναι ο κύλινδρος, (Ε) το έμβολο, (α) η βαλβίδα αναρροφήσεως, (κ) η βαλβίδα καταθλίψεως και (θ) ο σωλήνας καταθλίψεως. Και η αντλία αυτή είναι άμεσης μεταδόσεως της κινήσεως από το βάκτρο του κινητηρίου μηχανήματος.

#### 30.4 Καταθλιπτική αντλία διπλής ενέργειας.



Σχ. 30.3α.

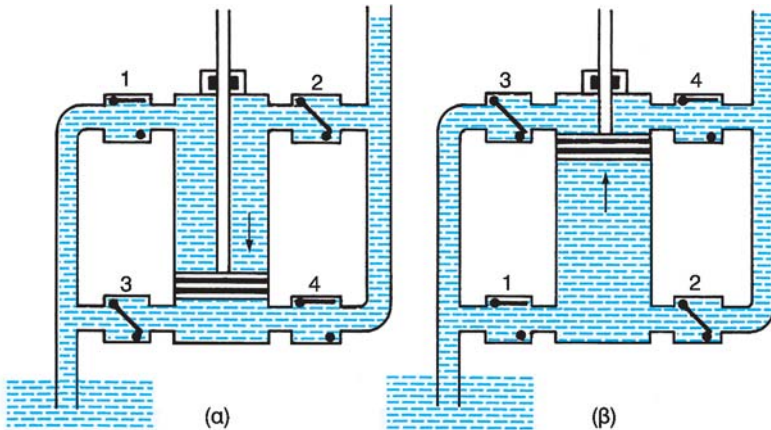


Σχ. 30.3β.

Η λειτουργία της παριστάνεται για κατακόρυφη αντλία με άμεση μετάδοση της κινήσεως στις θέσεις (α) και (β) του σχήματος 30.4α και είναι ίδια με την προηγούμενη με τη διαφορά ότι ο κύκλος λειτουργίας τους πραγματοποιείται και από τις δύο όψεις του εμβόλου. Έτσι, όταν από τη μια όψη γίνεται αναρρόφηση, από την άλλη γίνεται κατάθλιψη και αντίστροφα.

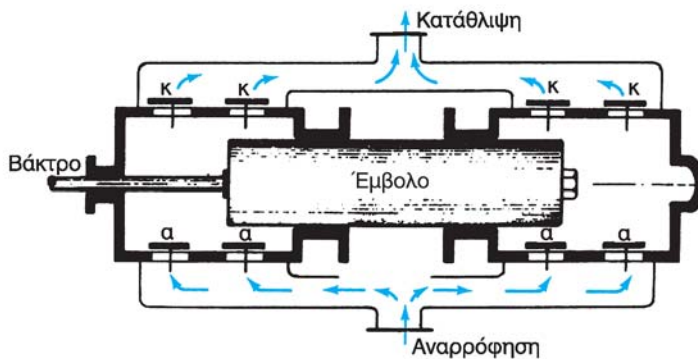
Στις αντλίες διπλής ενέργειας η κατάθλιψη πραγματοποιείται περίπου ως συνεχής.

Το σχήμα 30.4β παριστάνει μια οριζόντια αντλία αυτού του τύπου όπου (α) και (κ) είναι αντίστοιχα οι βαλβίδες αναρρόφησης και καταθλίψεως. Η λειτουργία της είναι ίδια με αυτήν



Σχ. 30.4α.

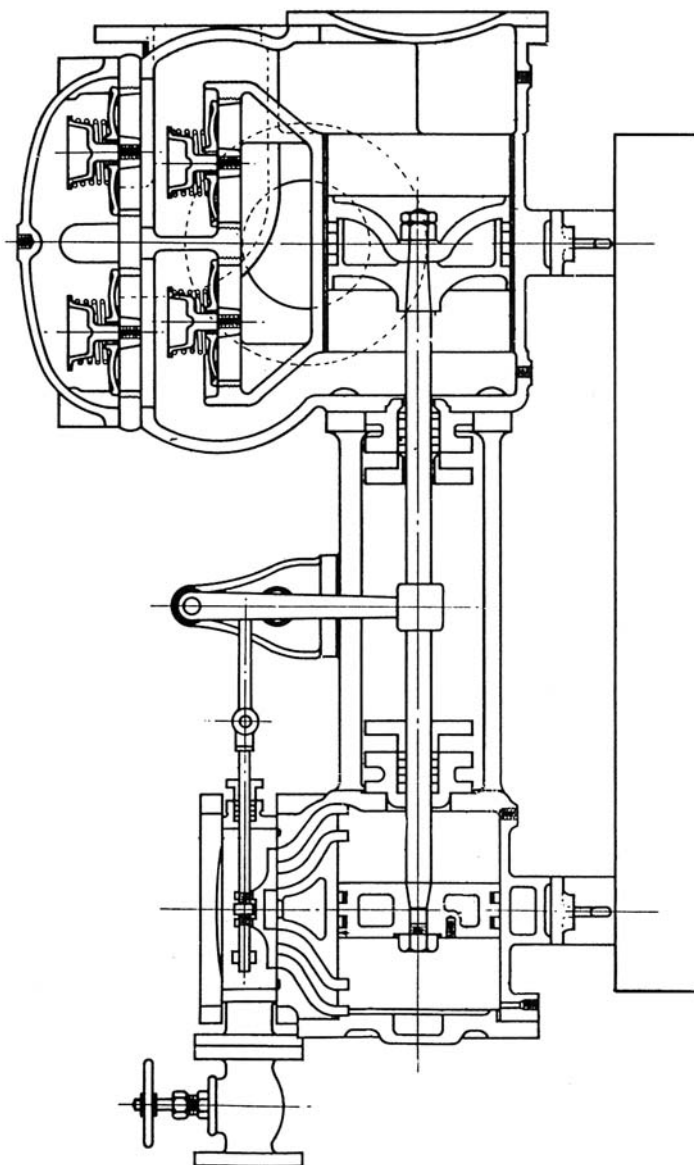
- 1) Βαλβίδα αναρρόφησης ανοικτή. 2) Βαλβίδα καταθλίψεως κλειστή. 3) Βαλβίδα αναρρόφησης κλειστή.
- 4) Βαλβίδα καταθλίψεως κλειστή.



Σχ. 30.4β.

που περιγράψαμε προηγουμένως.

Το σχήμα 30.4γ παριστάνει οριζόντια αντλία τύπου Worthington. Διακρίνουμε τον αμοκύλινδρο του κινητηρίου μηχανήματος με τον ατμοσύρτη και τον υδροκύλινδρο με τις βαλβίδες. Επίσης το ατμέμβολο με απευθείας σύνδεση μέσω βάρκτρου προς το υδρέμβολο και τις λοιπές κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

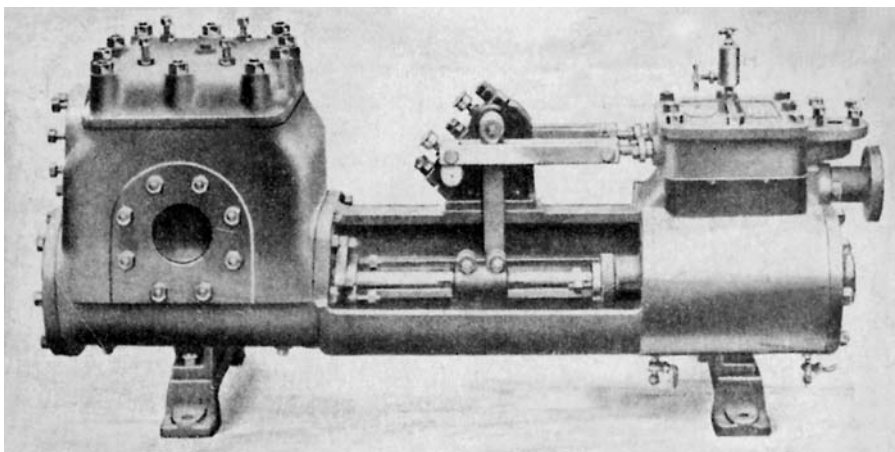


Σχ. 30.4γ.

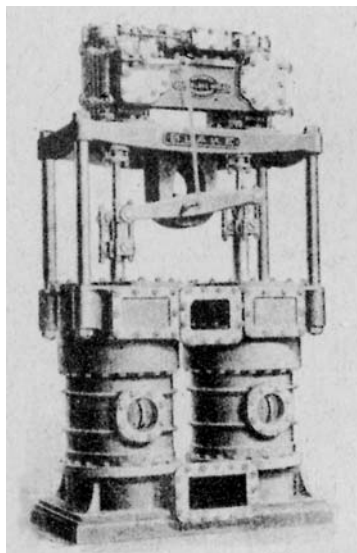
Όμοια με αυτή δίδυμη παριστάνεται στο σχήμα 30.4δ.

Στο σχήμα 30.4ε παριστάνεται άλλη μορφή κατακόρυφης δίδυμης αντλίας χρησιμοποιούμενης ως αεραντλίας σε ατμομηχανικές εγκαταστάσεις.

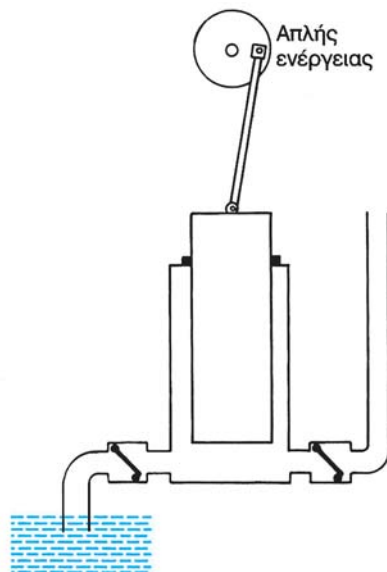




Σχ. 30.4δ.



Σχ. 30.4ε.



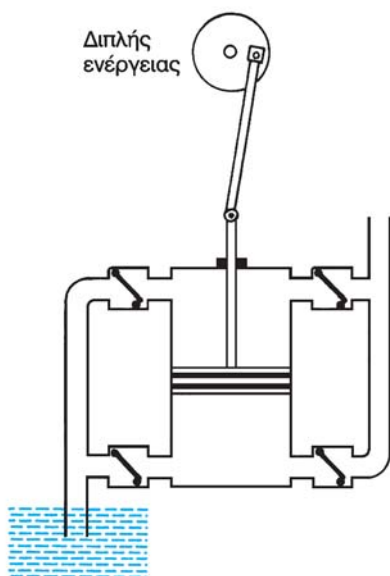
Σχ. 30.5α.

### 30.5 Στροφαλοκίνητες αντλίες.

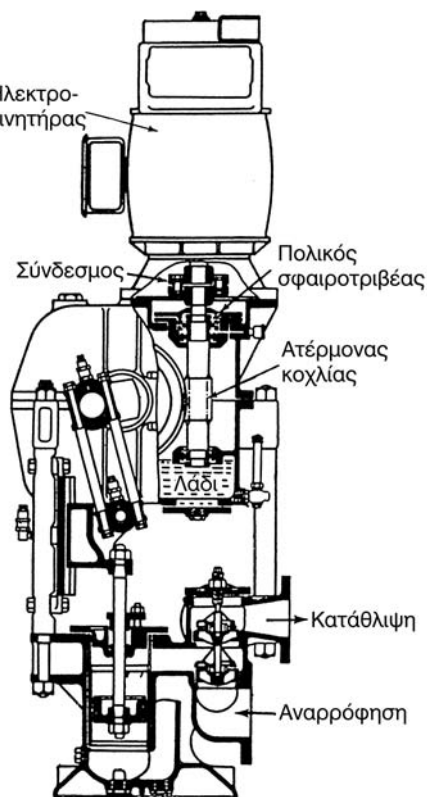
Σ' αυτές το έμβολο κινείται μέσω συστήματος στροφάλου - διωστήρα - ζυγώματος - βάρου.

Αυτές μπορεί να είναι απλής ενέργειας (σχ. 30.5α) με έμβολο βυθίσεως ή διπλής (σχ. 30.5β) με δισκοειδές έμβολο. Επίσης μονοκύλινδρες ή πολυκύλινδρες με τους κυλίνδρους, συνήθως τρεις, διατεταγμένους παράλληλα μεταξύ τους και το στροφαλοφόρο άξονα οριζόντιο πάνω από τους κυλίνδρους.

Είναι συνηθέστερα ηλεκτροκίνητες και χρησιμοποιούνται πάρα πολύ. Στο σχήμα 30.5γ δίνεται σε τομή με όλες τις λεπτομέρειες της αντλία δύο στροφάλων και διπλής ενέργειας



Σχ. 30.5β.



Σχ. 30.5γ.

κατασκευής Weir.

### 30.6 Τα βασικά μέρη των εμβολοφόρων αντλιών.

Αυτά είναι:

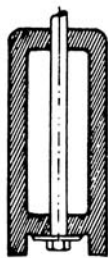
#### α) Ο κύλινδρος και το χιτώνιο.

Ο κύλινδρος των εμβολοφόρων αντλιών κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο συνήθως ή ορείχαλκο ή από χυτοχάλυβα όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν μεγάλες πιέσεις. Πολλές φορές στο εσωτερικό των χυτοσιδηρών κυλίνδρων τοποθετείται εφαρμοστό και με ισχυρή πίεση ορείχαλμινο χιτόνιο.

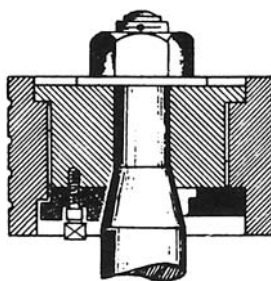
#### β) Το έμβολο και τα ελατήριά του.

Τα έμβολα των αντλιών διακρίνονται σε έμβολα **βυθίσεως** και **δισκοειδή**.

Τα έμβολα βυθίσεως (σχ. 30.6α) έχουν μήκος πολύ μεγαλύτερο από τη διάμετρό τους και κατασκευάζονται άλλοτε **συμπαγή** και άλλοτε **κοίλα**. Συνήθως δεν φέρουν ελατήρια, γιατί η στεγανότητα εξασφαλίζεται χάρη στο μεγάλο μήκος τους με κατάλληλο στυπιοθλιπτή, ο οποίος βρίσκεται επάνω στον κύλινδρο στην περιοχή, όπου το έμβολο εισέρχεται σ' αυτόν.



Σχ. 30.6α.



Σχ. 30.6β.

Τα έμβολα βυθίσεως κατασκευάζονται από ορείχαλκο ή ανοξείδωτο χάλυβα.

Τα δισκοειδή έμβολα είναι σχεδόν όμοια με τα έμβολα των παλινδρομικών ατμομηχανών. Το ύψος τους είναι μικρό σε σχέση με τη διάμετρό τους και μοιάζουν με δίσκο (σχ. 30.6β).

Κατασκευάζονται από ορείχαλκο για τις αντλίες νερού ή από χυτοχάλυβα για τις αντλίες πετρελαίου.

Για τη στεγανότητα των εμβόλων μέσα στους κυλίνδρους χρησιμοποιούνται ελατήρια από **εβονίτη** ή **ορείχαλκο**, όταν λειτουργούν στο νερό ή από **χυτοσίδηρο**, όταν λειτουργούν σε λάδι ή πετρέλαιο.

### γ) Οι βαλβίδες.

Αυτές ελέγχουν τη ροή του υγρού το οποίο διακινεί η αντλία. Διακρίνονται σε **βαλβίδες αναρροφήσεως** και **βαλβίδες καταθλίψεως** και είναι σχεδόν πάντοτε **αυτόκλειστες** ή **ανεπίστροφες**.

Η επιφάνεια, επάνω στην οποία εφαρμόζει η βαλβίδα κατά στεγανό τρόπο ονομάζεται **έδρα** της βαλβίδας. Ανάλογα με το είδος της παραπάνω επιφάνειας, οι βαλβίδες διακρίνονται σε **επίπεδες**, **κωνικές** και **δισκοειδείς**.

Χρησιμοποιούνται επίσης ειδικές βαλβίδες από ελαστικό ή δέρμα, ή βαλβίδες τύπου Kinghorn, Beldam κλπ.

## 30.7 Αεροκώδωνες εμβολοφόρων αντλιών.

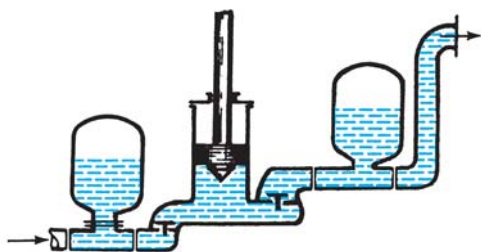
Οι αεροκώδωνες είναι θάλαμοι μεταλλικοί, που παρεμβάλλονται στην αναρρόφηση ή στην κατάθλιψη των εμβολοφόρων αντλιών ή συνηθέστερα και στις δύο. Το σχήμα 30.7α παριστάνει αντλία με αεροκώδωνες και στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη.

Η ενέργεια του αεροκώδωνα είναι γνωστή από την Υδραυλική.

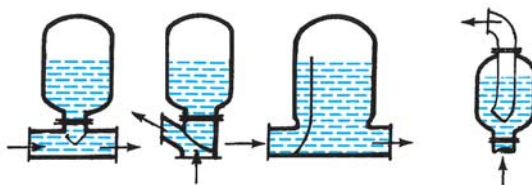
Ο αεροκώδωνας στην αναρρόφηση τοποθετείται, για να καταστήσει ομαλή την εισροή του υγρού στον κύλινδρο, ώστε να αποφεύγονται οι κτύποι του υγρού στις παρειές και τα πώματα της αντλίας. Οι κτύποι αυτοί δημιουργούνται, όταν το υγρό εισρέει απότομα στον κύλινδρο. Ο αεροκώδωνας στην κατάθλιψη τοποθετείται για να καταστήσει ομαλή και συνεχή τη ροή του υγρού στο σωλήνα της καταθλίψεως.

Όσο πλησιέστερα προς την αντλία είναι τοποθετημένος, τόσο καλύτερη είναι η απόδοσή του.

Οι αεροκώδωνες γενικά περιέχουν μέχρι ορισμένη στάθμη υγρό από αυτό, που διακινεί η αντλία. Πάνω από τη στάθμη του υγρού υπάρχει αέρας, ο οποίος συμπιέζεται από το υγρό στο



Σχ. 30.7α.



Σχ. 30.7β.

τέλος της αναρρόφησης και στην αρχή της καταθλίψεως ή εκτονώνεται και διώχνει το υγρό στην αρχή της αναρρόφησης και στο τέλος της καταθλίψεως.

Ο αεροθάλαμος του αεροκώδωνα είναι συνήθως 1,2 έως 2,5 φορές μεγαλύτερος από τον όγκο του κυλίνδρου της αντλίας. Ο ολικός όγκος του αεροκώδωνα είναι 2 έως 6 φορές μεγαλύτερος από τον όγκο του κυλίνδρου της αντλίας.

Το σχήμα 30.7β παριστάνει διαφόρους αεροκώδωνες στις πιο συνηθισμένες μορφές.

### 30.8 Χαρακτηριστικές καμπύλες της ροής στις εμβολοφόρες αντλίες.

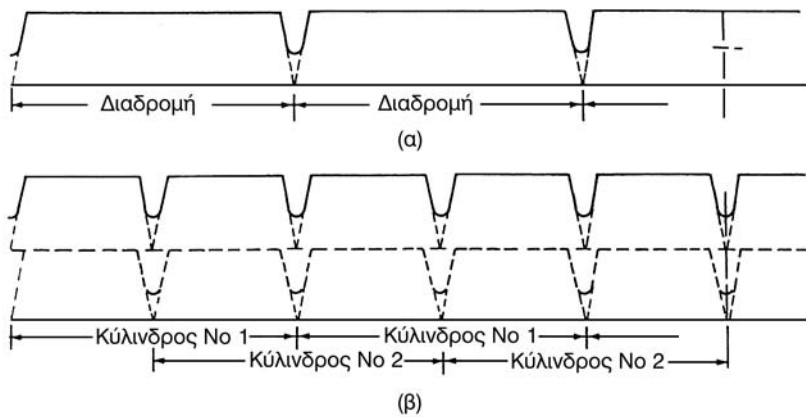
#### 1) Αντλία με απευθείας μετάδοση.

Οι μονοκύλινδρες αντλίες διπλής ενέργειας της κατηγορίας αυτής όταν λειτουργούν με συνθήκες κανονικής ταχύτητας έχουν στην κατάθλιψη την παροχή, που παριστάνεται γραφικά στο σχήμα 30.8α (α). Η ροή είναι σταθερή μέχρι το τέλος σχεδόν της διαδρομής, όπου το υγρό σταματά και αλλάζει πορεία. Χωρίς αεροκώδωνα η ροή θεωρητικά σταματά, όταν και το έμβολο σταματήσει, όπως το δείχνει η διακεκομμένη γραμμή. Η παρεμβολή ενός αεροκώδωνα στην κατάθλιψη καθιστά τη ροή ομαλότερη, όπως δείχνει η πλήρης γραμμή.

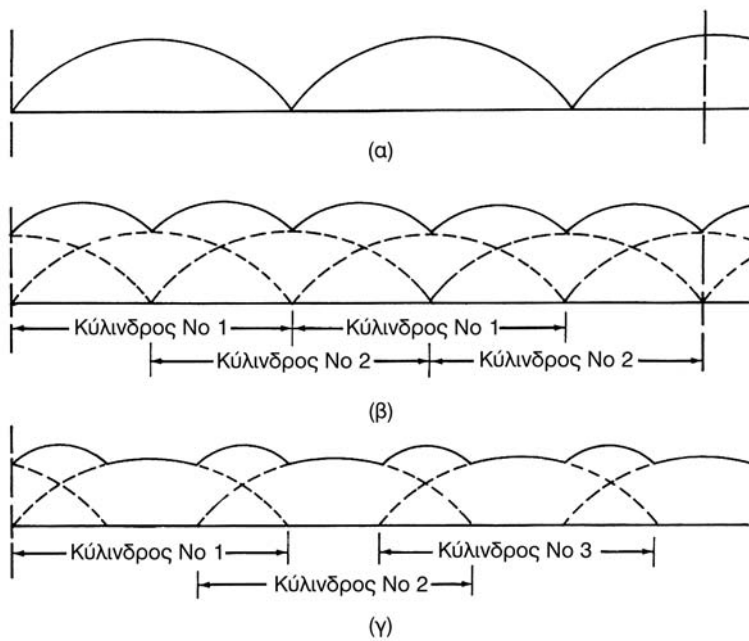
Οι δικύλινδρες ή δίδυμες αντλίες Duplex διπλής ενέργειας γενικά έχουν διαφορά φάσεως στην κατάθλιψη των κυλίνδρων τους κατά μισή διαδρομή, όπως φαίνεται στο σχήμα 30.8α (β). Οι καμπύλες των δύο κυλίνδρων προστίθενται κατά το ύψος και δίνουν την πλήρη γραμμή του σχήματος. Η γραμμή αυτή έχει διπλάσιες κοιλότητες από όσες η αντλία Simplex, αλλά τα χαμηλότερα σημεία (δηλαδή οι ελάχιστες τιμές) κάθε μιας κοιλότητας είναι πάντοτε ψηλότερη από εκείνα της αντίστοιχης μονοκύλινδρης αντλίας Simplex.

#### 2) Στροφαλοκίνητες αντλίες.

Σ' αυτές, λαμβάνοντας υπ' όψη τη μετάδοση της κινήσεως από το στρόφαλο προς το έμβολο και μάλιστα μέσω διωστήρα και με την προϋπόθεση σταθερής ταχύτητας περιστροφής του



Σχ. 30.8α.



Σχ. 30.8β.

στροφάλου, οι στιγμιαίες μετακινήσεις του εμβόλου δεν είναι ανάλογες με τις στιγμιαίες γωνίες περιστροφής του στροφάλου. Από τη Μηχανική γνωρίζουμε ότι οι μέγιστες μετακινήσεις και ταχύτητες του εμβόλου αναπτύσσονται στη μέση της διαδρομής του ελαττούμενες μέχρι το μηδέν στα ακραία σημεία της διαδρομής του. Ανάλογες με τις μετακινήσεις του εμβόλου είναι βέβαια και οι ποσότητες καταθλιβομένου νερού, ώστε η καμπύλη της παροχής για μια

μονοκύλινδρη στροφαλοκίνητη αντλία διπλής ενέργειας να έχει τη μορφή του σχήματος 30.8β (α). Αντιλαμβανόμαστε ότι για δικύλινδρη στροφαλοκίνητη διπλής ενέργειας η καμπύλη παροχής είναι η πλήρης γραμμή του σχήματος 30.8β (β) και προκύπτει με άθροιση των δύο διακεκομμένων και για τρικύλινδρη ή καμπύλη, η οποία παριστάνεται στο σχήμα 30.8β (γ). Μεγαλύτερος τέλος αριθμός κυλίνδρων έχει ως αποτέλεσμα ακόμα **ομαλότερη ροή της καταθλίψεως, ώστε να μη χρειάζεται τοποθέτηση αεροκώδωνα.**

Τα διαγράμματα ροής αντλιών απλής ενέργειας καταστρώνονται όπως παραπάνω λαμβάνοντας μόνο υπ' όψη ότι μετά από κάθε διαδρομή ή εμβολισμό καταθλίψεως ακολουθεί και μια διαδρομή ή εμβολισμός χωρίς κατάθλιψη ή μηδενική ροή, η οποία γραφικά συμπίπτει με τη βασική οριζόντια γραμμή των μετρήσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

### ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΚΤΟΠΙΣΕΩΣ

#### 31.1 Γενικά.

Οι **περιστροφικές** αντλίες **εκτοπίσεως** ονομάζονται και αντλίες **ογκομετρικού τύπου** (volumetric type) ή και **ογκομετρικές** αντλίες. Αυτές εκτοπίζουν το υγρό και το αναγκάζουν να ρέει υπό πίεση. Η λειτουργία τους είναι η ίδια με αυτήν των εμβολοφόρων παλινδρομικών αντλιών με τη διαφορά ότι στις εμβολοφόρες το κινητό μέρος εκτελεί παλινδρομική κίνηση, ενώ στις περιστροφικές περιστροφική.

Αποτελούνται κατά κανόνα από ένα κέλυφος, μέσα στο οποίο περιστρέφονται τα κινητά μέρη της αντλίας με πολύ μικρά διάκενα μεταξύ αυτών και του περιβλήματος. Έτσι το υγρό παγιδεύεται μέσα σε μικρούς περιστρεφόμενους ή περιφερόμενους χώρους, που σχηματίζονται μεταξύ κελύφους και τροφοφίου και συμπιεζόμενο οδηγείται υπό πίεση προς την κατάθλιψη.

Το τροφοφίο μπορεί να αποτελείται από ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών, από κοιλίες, περυσία, λοβούς ή ολισθαίνοντα έμβολα κλπ., όπως θα δούμε στα επόμενα.

Τα γενικά χαρακτηριστικά τους είναι:

α) Το **εκτόπισμα της αντλίας**. Είναι ο όγκος του υγρού, τον οποίο εκτοπίζουν τα στρεφόμενα μέρη της αντλίας σε καθεμιά στροφή του άξονά της. Ο όγκος αυτός αποτελεί κατά κάποιον τρόπο τη θεωρητική παροχή της αντλίας με την προϋπόθεση ότι όλοι οι χώροι της αντλίας έχουν πληρωθεί τελείως και δεν υπάρχουν απώλειες.

β) Η **ολίσθηση**. Αυτή, αντιπροσωπεύει την ποσότητα του υγρού, η οποία βραχυκυκλώνεται ή διαφορετικά επιστρέφει από την κατάθλιψη στην αναρρόφηση μέσω των διακένων της αντλίας. Η ολίσθηση αυξάνεται με την πίεση καταθλίψεως και μειώνεται με το ιξώδες του υγρού.

γ) Η **παροχή**. Αυτή είναι ίση με τη διαφορά των δύο προηγούμενων και, από αυτή υπολογίζεται και ο καλούμενος **ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως** ως πηλίκον της πραγματικής διά της θεωρητικής παροχής. Μετρείται ή με υδρομετρητές ή με καταμέτρηση στη δεξαμενή του παρεχόμενου όγκου υγρού σε δεδομένο χρόνο.

Οι συνθήκες με τις οποίες πραγματοποιείται η αναρρόφηση και η κατάθλιψη, επιδρούν απόλυτα στην παροχή της αντλίας. Το ιξώδες του υγρού, η τάση των δημιουργουμένων ατμών στην αναρρόφηση, η ποσότητα του εγκλωβισμένου ή σε διάλυση στο υγρό αέρα, το υπερβολικό ολικό ύψος είναι παράγοντες, που προκαλούν τη μείωση της παροχής. Είναι γεγονός ότι οι περιστροφικές αντλίες εκτοπίσεως μπορούν να αντιμετωπίσουν διάφορα μανομετρικά ύψη χωρίς σοβαρή μεταβολή της παροχής τους. Όταν όμως το ολικό ύψος υπερβεί τη μέγιστη πίεση



στην οποία η αντλία μπορεί να διατηρήσει στεγανότητα ανάλογα με τον τύπο της, τότε ελαττώνεται η παροχή του υγρού.

### 31.2 Τύποι των περιστροφικών αντλιών – Χρήσεις και υλικά κατασκευής τους.

Ανάλογα με τον τύπο του στροφείου τους οι περιστροφικές αντλίες διακρίνονται σε:

- **Οδοντωτές με παράλληλα ή ελικοειδή δόντια.**
- **Κοχλιοειδείς.**
- **Περιστρεφόμενων εμβόλων ή λοβών.**
- **Πτερυγοφόρες.**

Οι χρήσεις τους είναι πολλές και ποικίλες. Χρησιμοποιούνται ως αντλίες **πετρελαίου** λεβήτων, **μεταγίσεως** πετρελαίου, **λαδιού λιπάνσεως**, **βενζίνης νερού** κλπ. Είναι κατά κανόνα ατμοστροβιλοκίνητες ή ηλεκτροκίνητες και σε ορισμένες περιπτώσεις φορητών κυρίως αντλιών συναντώνται και ως πετρελαιοκίνητες.

Εξοπλίζονται συνήθως με **ρυθμιστή σταθερού αριθμού στροφών** και **ρυθμιστή υπερταχύνσεως** ή **ορίου ταχύτητας**.

Επίσης με **ρυθμιστή ελέγχου της πίεσεως**, **ασφαλιστική βαλβίδα**, **εξαεριστικό κρουνό** και **κρουνό εκκενώσεως** της αντλίας.

Τα υλικά, από τα οποία κατασκευάζονται, οι περιστροφικές αντλίες εκτοπίσεως, είναι τις περισσότερες φορές και ανάλογα με τον προορισμό της αντλίας τα εξής:

- Το **κέλυφος** από χυτοσίδηρο, χυτοχάλυβα ή ορείχαλκο.
- Το **στροφείο** από χυτοχάλυβα ή σφυρήλατο χάλυβα ή από ορείχαλκο, ή από συνθετικό ελαστικό σε ειδικές περιπτώσεις.
- Οι **βαλβίδες** από χυτοχάλυβα, φωσφορούχο ορείχαλκο, κρατέρωμα, ανοξειδωτο χάλυβα, ή μέταλλο Monel.

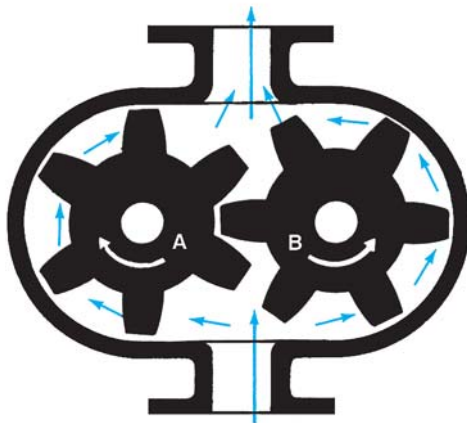
### 31.3 Αντλία με οδοντωτούς τροχούς εξωτερικής οδοντώσεως (external gear pump).

Αυτή ονομάζεται και **γρاناζωτή** αντλία. Αποτελείται (σχ. 31.3α) από δύο οδοντωτούς τροχούς (Α) και (Β) αντίθετα περιστρεφόμενους. Οι δύο άξονες των τροχών φέρουν στα άκρα τους οδοντωτούς τροχούς. Από αυτούς ο ένας κινείται από τον άξονα του κινητήριου μηχανήματος της αντλίας ή από έναν άξονα της μηχανής, από την οποία κινείται η αντλία (όταν είναι εξαρτημένη). Ο οδοντωτός αυτός τροχός προκαλεί την κίνηση και του άλλου τροχού έτσι, ώστε οι δύο τροχοί (Α) και (Β) του στροφείου να περιστρέφονται, χωρίς να εφάπτονται μεταξύ τους.

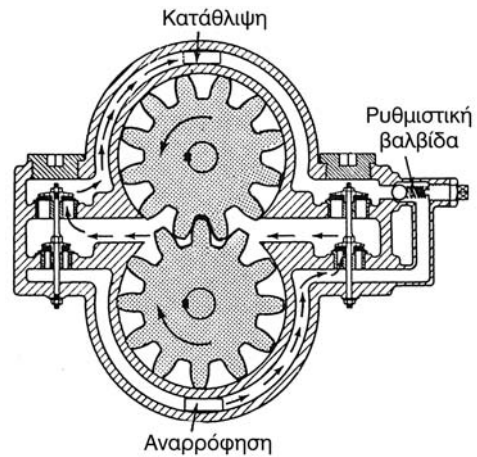
Με την περιστροφή των δύο τροχών του στροφείου δημιουργείται κενό μέσα στο κέλυφος, λόγω του οποίου το υγρό εισέρχεται στην αντλία και μετακινείται περιμετρικά προς την κατάθλιψη όπως δείχνουν τα βέλη στο σχήμα.

Το σχήμα 31.3β παριστάνει μια ίδια αντλία με κοίλους οχετούς στο κέλυφος για την αναρρόφηση και την κατάθλιψη και δυο ζεύγη βαλβίδες. Αυτή χρησιμοποιείται ως αντλία λαδιού λιπάνσεως αναστρεφόμενης μηχανής. Τα ζεύγη των βαλβίδων συνεργάζονται χιαστί για την αναρρόφηση και την κατάθλιψη, όπως φαίνεται στο σχήμα, ανάλογα με τη φορά περιστροφής της μηχανής.

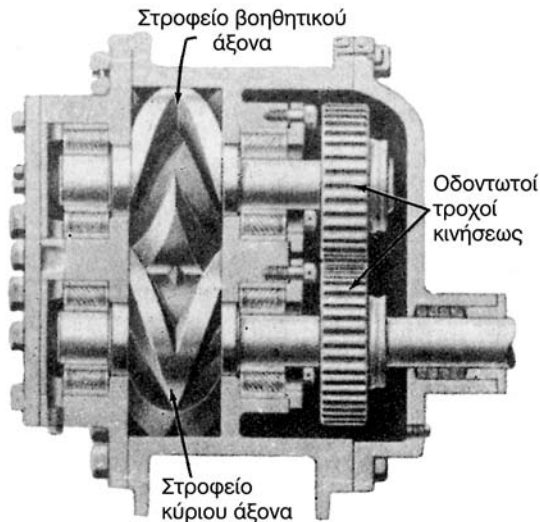
Διακρίνεται η ρυθμιστική βαλβίδα της πίεσεως του λαδιού με την οποία ρυθμίζεται η



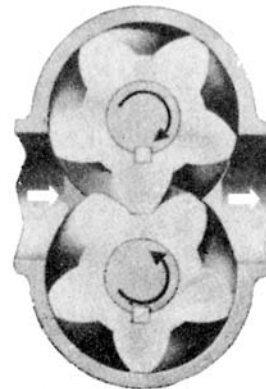
Σχ. 31.3α.



Σχ. 31.3β.



Σχ. 31.3γ.



Τομή στροφείου

ποσότητα λαδιού, που από την κατάθλιψη επιστρέφει στην αναρρόφηση.

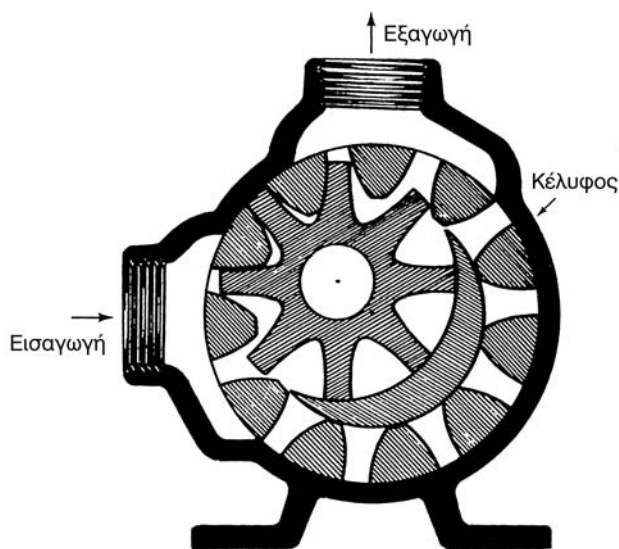
Οι οδοντωτοί τροχοί του στροφείου μπορεί να είναι ευθείς ή ελικοειδείς. Στο σχήμα 31.3γ φαίνεται μια αντλία γραναζωτή με οδοντωτούς τροχούς στροφείου διπλής ελικώσεως. Η διπλή ελίκωση χρησιμεύει για να εξουδετερώνεται η αξονική ώθηση της αντλίας.

Μεγάλη σημασία για την καλή λειτουργία αυτών των αντλιών έχει το διάκενο μεταξύ των οδοντωτών τροχών του στροφείου και το διάκενο μεταξύ των οδόντων των τροχών και του κελύφους, τα οποία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερα για να υπάρχει ικανοποιητική κατάθλιψη και απόδοση της αντλίας. Πρέπει όμως το πρώτο να είναι μεγαλύτερο από το διάκενο μεταξύ των οδοντωτών τροχών κινήσεως του στροφείου για να μην υπάρξει περίπτωση να έλθουν σε επαφή μεταξύ τους οι τροχοί του στροφείου.

### 31.4 Αντλία οδοντωτή εσωτερικής οδοντώσεως (Internal gear pump).

Σ' αυτήν (σχ. 31.4), η κίνηση μεταδίδεται στο στροφέιο εσωτερικής οδοντώσεως και από αυτό μεταφέρεται στον άεργο τροχό εσωτερικής οδοντώσεως με τον οποίο εμπλέκεται.

Καθώς οι οδόντες κατά την περιστροφή αποχωρίζονται στο αριστερό άκρο του ημισεληνοειδούς διαφράγματος, δημιουργείται κενό και αναρρόφηση. Έτσι το υγρό εισέρχεται και παραμένει μεταξύ των οδόντων του στροφείου και του άεργου τροχού και από τις δύο πλευρές του διαφράγματος. Ακολούθως μετατοπίζεται από τους οδόντες και εξωθείται προς την κατάθλιψη, όταν οι οδόντες εμπλακούν ξανά με το δεξιό άκρο του διαφράγματος.



Σχ. 31.4.

### 31.5 Κοχλιοειδείς αντλίες.

Οι κοχλιοειδείς αντλίες μοιάζουν με τις γραναζωτές, με τη διαφορά ότι αντί για οδοντωτούς τροχούς του στροφείου χρησιμοποιούν ατέρμονες κοχλίες.

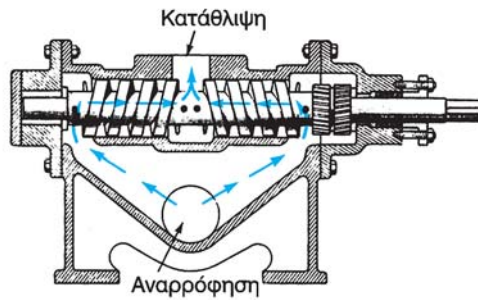
Το σχήμα 31.5α δείχνει μια κοχλιοειδή αντλία με κοχλία διπλής και αντίστροφης ελικώσεως με την οποία εξουδετερώνεται η αξονική ώθηση του στροφείου. Τα βέλη δείχνουν την πορεία του υγρού από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη.

Μια πολύ επιτυχημένη και σε ευρεία χρήση εφαρμογή των κοχλιοειδών αντλιών είναι η λεγόμενη αντλία τύπου IMO (σχ. 31.5β). Αυτή αποτελείται από τρεις ατέρμονες με διπλή ελικώση, από τους οποίους ο κεντρικός μόνο κινείται από τον κινητήριο άξονα, ενώ οι άλλοι δύο παρασύρονται σε κίνηση από αυτόν.

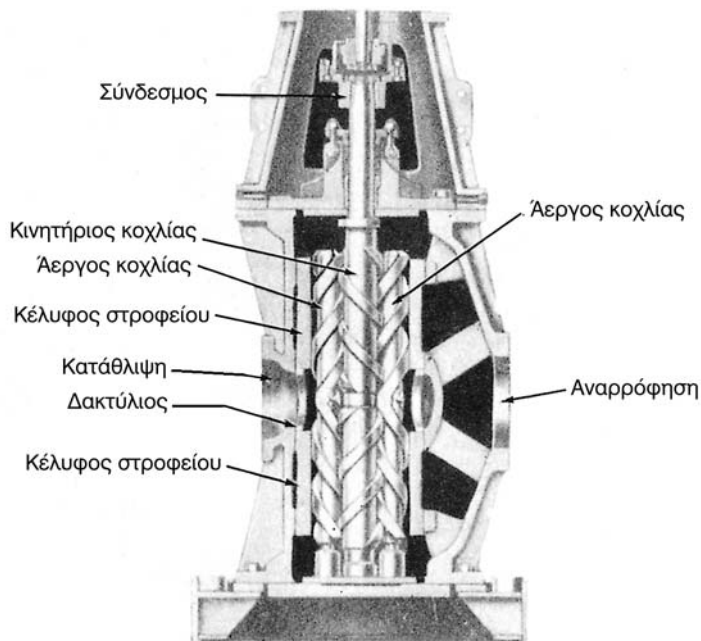
### 31.6 Αντλία με περιστρεφόμενα έμβολα ή λοβούς.

Η αντλία αυτή (σχ. 31.6) έχει για στροφέιο δυο λοβούς ή περιστρεφόμενα έμβολα, το κάθε ένα από τα οποία είναι κατασκευασμένο ως οδοντωτός τροχός με δυο ή τρία δόντια. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται λοβοί με τρία ελικοειδή δόντια.

Στο σχήμα 31.6 διακρίνουμε μια αντλία με δυο λοβούς από τρία δόντια με όλες τις



Σχ. 31.5α.



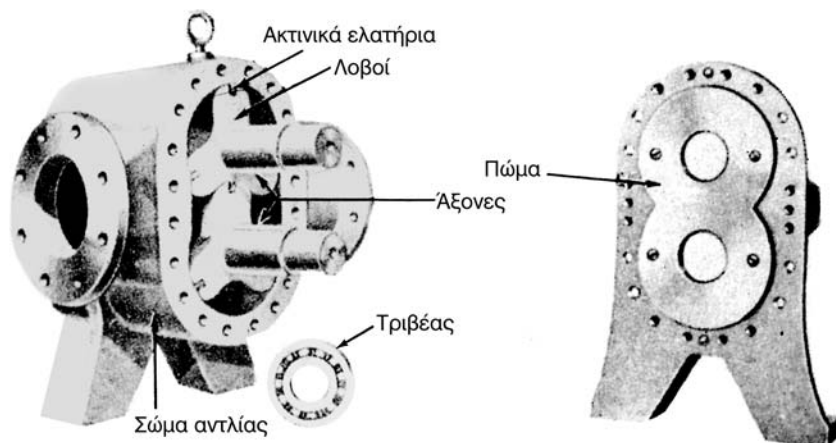
Σχ. 31.5β.

λεπτομέρειες κατασκευής της. Η αντλία αυτή χρησιμοποιείται για τη μετάγχιση υγρών καθώς επίσης και ως αντλία σαρώσεως ή αποπλύσεως σε δίχρονες μηχανές Diesel. Παρατηρούμε ότι στην άκρη κάθε λοβού υπάρχουν ακτινικά ελάσματα, τα οποία ωθούνται από εσωτερικά εντατικά ελατήρια προς το τοίχωμα του κελύφους, και ενεργούν ως ελατήρια στεγανότητας κατά την περιστροφή των λοβών.

### 31.7 Αντλία πτερυγοφόρος (Rotary vane pump).

Η αντλία αυτή (σχ. 31.7) αποτελείται από ένα στροφείο και ένα κυλινδρικό κέλυφος. Το στροφείο περιστρέφεται γύρω από το κέντρο που βρίσκεται σε παράκεντρη θέση σε σχέση με το κέντρο του κυλινδρικού κελύφους.

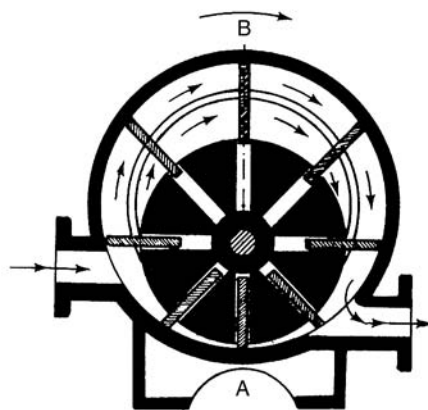
Το στροφείο αυτό φέρει ακτινικές αύλακες, μέσα στις οποίες υπάρχει ένα μεταλλικό



Σχ. 31.6.

έλασμα.

Καθώς περιστρέφεται το στροφείο, αναπτύσσεται φυγόκεντρος δύναμη, με αποτέλεσμα να μετακινούνται τα μεταλλικά ελάσματα προς την περιφέρεια τόσο, όσο τους επιτρέπει το κέλυφος της αντλίας. Με αυτόν τον τρόπο από το σημείο (A) ως το σημείο (B) και όταν το στροφείο περιστρέφεται κατά τη φορά, που δείχνει το βέλος, τα ελασμάτια απομακρύνονται από το κέντρο. Έτσι ο χώρος μεταξύ στροφείου, κελύφους και ελασματίων γίνεται προοδεντικά μεγαλύτερος και δημιουργείται κενό. Το χώρο αυτό καταλαμβάνει το υγρό και πραγματοποιείται έτσι η αναρρόφηση.



Σχ. 31.7.

Από το σημείο (B) ως το σημείο (A) πάλι τα ελασμάτια πλησιάζουν προς το κέντρο, ώστε ο χώρος μεταξύ στροφείου, κελύφους και ελασματίων να ελαττώνεται προοδευτικά και το υγρό συμπιεζόμενο να οδεύει προς την κατάθλιψη.

Μερικές φορές εσωτερικά σε κάθε αύλακα τοποθετείται ελατήριο, το οποίο και ωθεί το ελασμάτιο προς την περιφέρεια. Όταν το ελασμάτιο πλησιάζει προς το κέντρο, το ελατήριο συσπειρώνεται.

Η συνηθέστερη χρήση των αντλιών αυτών είναι για μετάγγιση πετρελαίου από μια δεξαμενή σε άλλη.

### **31.8 Χαρακτηριστικές καμπύλες της λειτουργίας των περιστροφικών αντλιών εκτοπίσεως.**

#### **α) Γενικά.**

Τα λειτουργικά δεδομένα των περιστροφικών αντλιών εκτοπίσεως δίνονται συνήθως από τους κατασκευαστές σε μορφή διαγραμμάτων, στα οποία χαράζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας.

Στο διάγραμμα συνδέονται τα διάφορα χαρακτηριστικά της αντλίας μεταξύ τους, όπως η παροχή, το μανομετρικό ύψος της αντλίας, η ταχύτητα περιστροφής της, η απόδοση ή ισχύς κλπ., ώστε με τις καμπύλες πάνω σ' αυτόν να είναι δυνατή η διαπίστωση των μεταβολών ενός μεγέθους από τα παραπάνω σε συνάρτηση με άλλο.

Συνήθως ένα διάγραμμα παρέχεται για μια συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής της αντλίας, η οποία αναγράφεται πάνω σ' αυτό, ενώ άλλοτε πάλι μπορεί να έχει συνταχθεί για περισσότερες από μια ταχύτητες, οι οποίες σημειώνονται πάνω στις καμπύλες. Επίσης μπορεί να έχει συνταχθεί διαφορετικό κάθε φορά για υγρά με διαφορετικό ιξώδες.

Τα διαγράμματα αυτά γενικά και τις καμπύλες πάνω σ' αυτά πρέπει να συμβουλευόμαστε απαραίτητα στις δοκιμές και την παραλαβή των αντλιών και στη μετέπειτα χρησιμοποίησή τους. Τα δεδομένα των διαφόρων διαγραμμάτων παρέχονται μερικές φορές από τους κατασκευαστές και με μορφή πινάκων, οι οποίοι περιέχουν τις μεταβολές αυτών των χαρακτηριστικών στοιχείων των αντλιών.

Παρακάτω παρέχονται ενδεικτικά ορισμένες τυπικές μορφές διαγραμμάτων και καμπυλών.

#### **β) Καμπύλες περιστροφικών αντλιών εκτοπίσεως.**

Το σχήμα 31.8α μας δίνει τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών: **πίεσεως, καταθλίψεως, παροχής και ιπποδυνάμεως** για τρεις χαρακτηριστικές ταχύτητες, δηλαδή 200, 400 και 600 r.p.m., γριναζωπής αντλίας εξωτερικής οδοντώσεως κατασκευής Viking Pump Co.

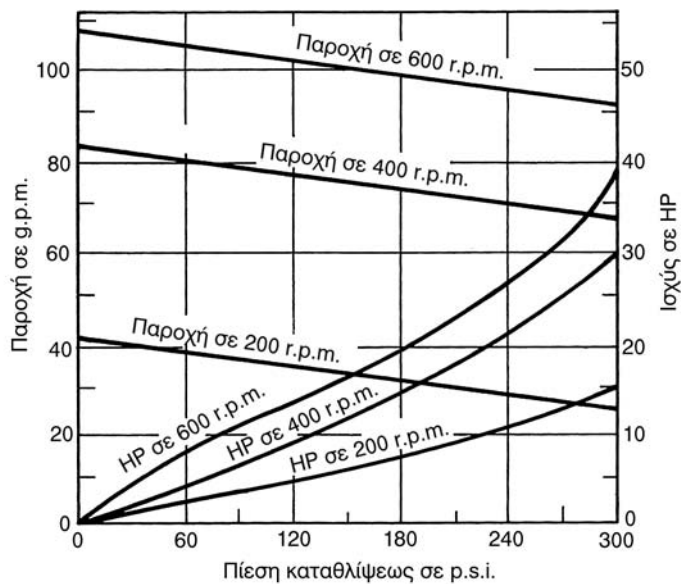
Το σχήμα 31.8β μας δίνει αντίστοιχα για αντλία οδοντωτή με στεφάνη εσωτερικής οδοντώσεως κατασκευής Viking Pump Co τις σχέσεις μεταξύ πίεσεως καταθλίψεως, ιπποδυνάμεως και παροχής σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις.

α) Με πλήρεις γραμμές για υγρό ιξώδους 100 SSU και με ταχύτητα περιστροφής της αντλίας 360 r.p.m. και

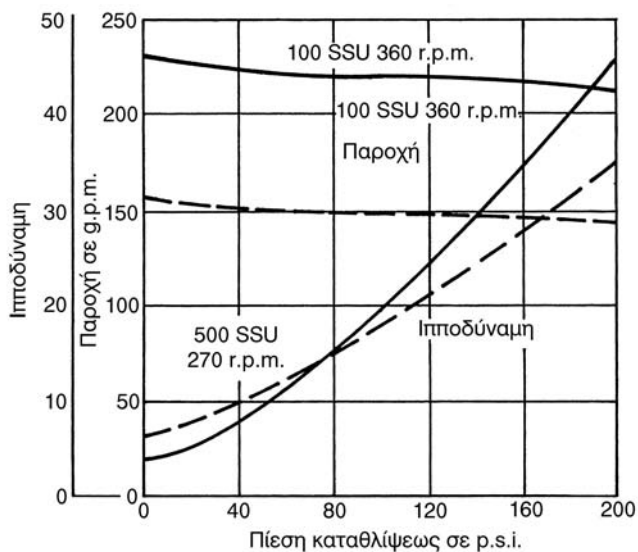
β) με εστιγμένες γραμμές για υγρό ιξώδους 500 SSU με ταχύτητα περιστροφής της αντλίας 270 r.p.m.

Και στα δύο χρησιμοποιούνται αγγλικές μονάδες, δηλαδή η παροχή σε γαλόνια ανά λεπτό





Σχ. 31.8α.



Σχ. 31.8β.

(g.p.m.) και η πίεση καταθλίψεως σε λίμπρες ανά τετραγωνική ίντσα (p.s.i.).



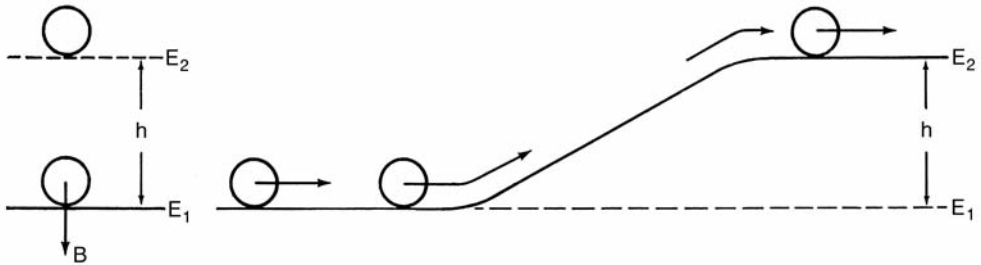
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

#### 32.1 Γενικά.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες, οι οποίες όπως αναφέραμε, ονομάζονται και **περιστροφικές αντλίες ακτινικής ροής**, χαρακτηρίζονται από τελείως διαφορετική δράση από αυτήν των αντλιών εκτοπίσεως, εμβολοφόρων ή περιστροφικών, τις οποίες περιγράψαμε μέχρι τώρα. Εκείνες εκτοπίζουν το υγρό με έμβολο, τροχούς ή λοβούς κλπ. και αναπτύσσουν, όπως λέμε, **στατική δράση**, ενώ οι φυγοκεντρικές προσδίδουν στο υγρό αρχικά κινητική ενέργεια, δηλαδή μεγάλη ταχύτητα ροής, την οποία στη συνέχεια μετατρέπουν σε πίεση, δηλαδή αναπτύσσουν, όπως λέμε, **δυναμική δράση**.

Η διαφορά στη λειτουργία των δύο προηγούμενων κατηγοριών γίνεται αντιληπτή



Σχ. 32.1.

με την παρακάτω παρομοίωση:

Έστω ότι έχουμε (σχ. 32.1) μια σφαίρα βάρους (B) και θέλουμε να την ανυψώσουμε σε ύψος (h), από το επίπεδο ( $E_1$ ) στο ( $E_2$ ). Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε με δύο τρόπους:

- Να εφαρμόσουμε στη σφαίρα μια ανυψωτική δύναμη (F), κατακόρυφη και αντίθετη προς το βάρος (B). Όταν αυτό έλθει στο επίπεδο ( $E_2$ ), θα έχει αποκτήσει μεγαλύτερη δυναμική ενέργεια ή ενέργεια θέσεως.

- Να εφαρμόσουμε στο σώμα μία επαρκή οριζόντια δύναμη ( $F_1$ ), η οποία να του δώσει επιτάχυνση τόση, ώστε το σώμα να ανέλθει στο επίπεδο ( $E_2$ ), όπου πάλι θα έχει αποκτήσει την ίδια δυναμική ενέργεια ή ενέργεια θέσεως σε βάρος αναλωθείσης ισόποσης κινητικής ενέργειάς του.

Ο πρώτος τρόπος αντιστοιχεί στην αντλία εκτοπίσεως, ο δεύτερος στη

φυγοκεντρική.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες κατασκευάζονται τις περισσότερες φορές με **ακτινική ροή**, στις οποίες το υγρό από το κέντρο του στροφείου τους εκτοξεύεται προς την περιφέρειά του. Συναντώνται όμως και **αξονικής ροής**, στις οποίες το υγρό κινείται παράλληλα προς τον άξονα περιστροφής. Αυτές ονομάζονται και αντλίες τύπου **έλικας** ή **ελικοφόρες**. Συναντώνται επίσης και με **μικρή ροή**, οι οποίες αποτελούν συνδυασμό των δύο προηγούμενων.

### 32.2 Τύποι φυγοκεντρικών αντλιών - Χρήσεις - Υλικά κατασκευής τους.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

– **Ελικόφρακτες – Στροβιλοφυγόκεντρες – Ελικόφρακτες στροβιλοφυγόκεντρες.**

Ανάλογα με τις βαθμίδες που περικλείουν, είναι:

– **Μονοβάθμιες – Διβάθμιες – Πολυβάθμιες.**

Ανάλογα με τη θέση του άξονα περιστροφής τους:

– **Οριζόντιες – Κατακόρυφες – Κεκλιμένες.**

Ανάλογα με τις κατηγορίες του κινητήριου μηχανήματός τους:

– **Ατμοκίνητες – Πετρελαιοκίνητες – Ηλεκτροκίνητες – Με υδραυλική ενέργεια.**

Οι χρήσεις των φυγοκεντρικών αντλιών στις μηχανολογικές εγκαταστάσεις είναι ποικίλες. Χρησιμοποιούνται ως αντλίες **συμπυκνώματος, τροφοδοτήσεως** λεβήτων, αντλίες **κυκλοφορίας** νερού, **υγρών καυσίμων** κλπ.

Ως υλικό κατασκευής τους χρησιμοποιείται σίδηρος, ορείχαλκος, χάλυβας και σε ορισμένες περιπτώσεις, ανοξείδωτοι και ειδικοί χάλυβες. Παρακάτω θα παραθέσομε σύντομη περιγραφή των βασικών τύπων φυγοκεντρικών αντλιών, που αναφέρθηκαν εδώ και θα εξηγήσομε την τυπική λειτουργία τους.

### 32.3 Περιγραφή και τυπική λειτουργία φυγοκεντρικών αντλιών ακτινικής ροής.

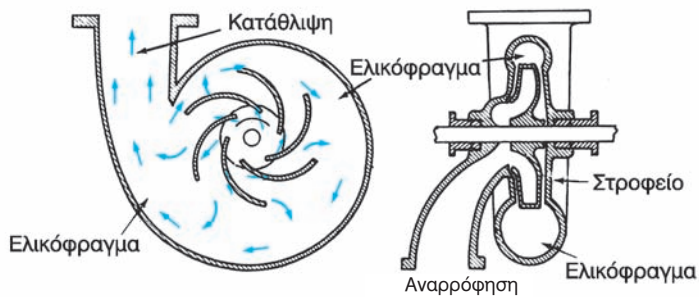
#### α) Ελικόφρακτη αντλία.

Η ροή στην αντλία αυτή επιτυγχάνεται χάρη στη φυγόκεντρο δύναμη. Κατά κανόνα αποτελείται από δύο μέρη: α) Το κινητό περιστρεφόμενο, που ονομάζεται **δρομέας** ή **στροφείο** ή μερικές φορές και **πτερωτή**, γιατί αποτελείται από πτερύγια. β) Το σταθερό, το οποίο λέγεται **κέλυφος**, μέσα στο οποίο περιστρέφεται το στροφείο.

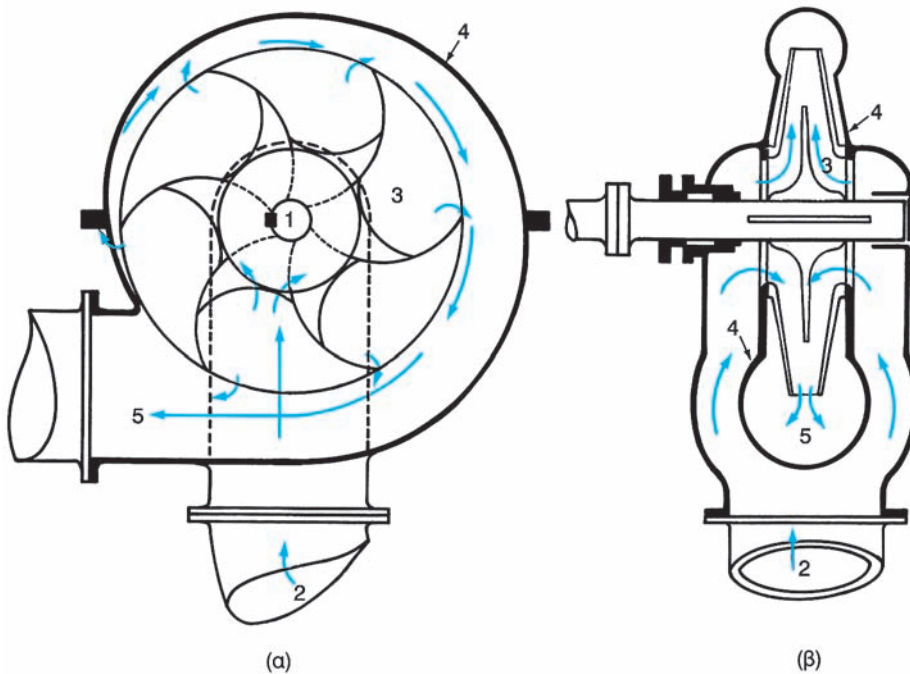
Η αντλία αυτή (σχ. 32.3α) αναρροφεί το υγρό από το κέντρο της και το καταθλίβει προς την περιφέρεια. Το υγρό εισέρχεται σ' αυτήν λόγω του κενού, που δημιουργεί κατά την περιστροφή του το στροφείο της, και καταλαμβάνει το κεντρικό χώρο της και το χώρο μεταξύ των πτερυγίων του στροφείου. Καθώς το στροφείο περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα εκτινάσσει το υγρό προς την περιφέρεια, λόγω της φυγοκέντρου δυνάμεως.

Διακρίνομε τον κινητήριο άξονα του στροφείου, το στροφείο και το κέλυφος. Μπροστά από το στροφείο σχηματίζεται ο θάλαμος αναρροφήσεως προς τη μια πλευρά του στροφείου όταν είναι **απλής** αναρροφήσεως ή και προς τις δύο πλευρές του όταν είναι **διπλής** όπως αυτή του σχήματος 32.3β.

Το κεντρικό τμήμα του στροφείου ονομάζεται **πλήμνη**, και από αυτή εκκινούν τα ακτινικά πτερύγια με κατάλληλο σχήμα τα οποία φθάνουν μέχρι την περιφέρειά του,



Σχ. 32.3α.



Σχ. 32.3β.

- 1) Κινητήριος άξονας. 2) Η διπλή αναρρόφηση. 3) Ο τροχός με τα πτερυγία. 4) Το ελικόφραγμα. 5) Η κατάθλιψη της αντλίας.

ώστε μεταξύ διαδοχικών πτερυγίων να σχηματίζονται αποκλίνοντες οχετοί ή αγωγοί του υγρού.

Το **κέλυφος** είναι κλειστό και περιβάλλει το στροφέιο. Στη μια ή και τις δυο πλευρές του υπάρχει οπή με περιαιχένιο για τη σύνδεση του ενός ή των δύο σωλήνων της αναρροφήσεως. Το κέντρο του κελύφους διαπερνά κινητήριος άξονας του στροφέιου και στα σημεία, όπου ακριβώς ο άξονας διέρχεται από το κέλυφος,

τοποθετούνται κατάλληλοι στυπαιοθλίπτες, οι οποίοι εξασφαλίζουν τη στεγανότητα. Στην περίμετρό του το κέλυφος σχηματίζει εσωτερικά έναν οχετό κυκλικής συνήθως διατομής, η οποία αυξάνει προοδευτικά. Ο οχετός αυτός λέγεται **ελικόφραγμα** ή **σπειροειδής οχετός καταθλίψεως**. Μεταξύ στροφείου και κελύφους υπάρχουν διάκενα, ώστε το στροφείο να μην εφάπτεται με το κέλυφος, όταν η αντλία λειτουργεί.

Καθώς περιστρέφεται το στροφείο, η φυγόκεντρος δύναμη, εκτινάσσει το υγρό από το κέντρο προς την περιφέρεια και με αυτόν τον τρόπο δημιουργεί κενό, λόγω του οποίου πραγματοποιείται συνεχώς η αναρρόφηση νέων ποσοτήτων υγρού.

Το υγρό, που εκτινάσσεται προς την περιφέρεια, αναγκάζεται από το στροφείο σε κυκλική και φυγοκεντρική ή ακτινική κίνηση. Έτσι φθάνει με μεγάλη ταχύτητα στο σπειροειδή οχετό της καταθλίψεως και αρχίζει να κινείται μέσα σ' αυτόν μέχρις ότου εξέλθει από την εξαγωγή. **Επειδή όμως η διατομή του σπειροειδούς οχετού αυξάνεται προοδευτικά, συμπεραίνουμε από τους νόμους της Υδραυλικής, σύμφωνα με την εξίσωση συνέχειας της ροής ότι ελαττώνεται η ταχύτητά του και σύμφωνα με την εξίσωση του Bernoulli ότι όταν ελαττώνεται η ταχύτητά του αυξάνεται αντίστοιχα η πίεσή του.**

Η λειτουργία επομένως της φυγοκεντρικής αντλίας διακρίνεται σύμφωνα με τα παραπάνω σε τρία μέρη:

- Την αναρρόφηση του υγρού.
- Την ενέργεια του στροφείου.
- Την ενέργεια του σπειροειδούς οχετού καταθλίψεως.

Η πίεση η οποία αναπτύσσεται στην κατάθλιψη, δεν είναι πάντοτε η ίδια. Εξαρτάται από την ταχύτητα του στροφείου και το άνοιγμα της βαλβίδας καταθλίψεως.

Θεωρητικά μια φυγοκεντρική αντλία μπορεί να αναρροφήσει από αρκετό βάθος. Αυτό όμως δεν συμβαίνει στην πράξη.

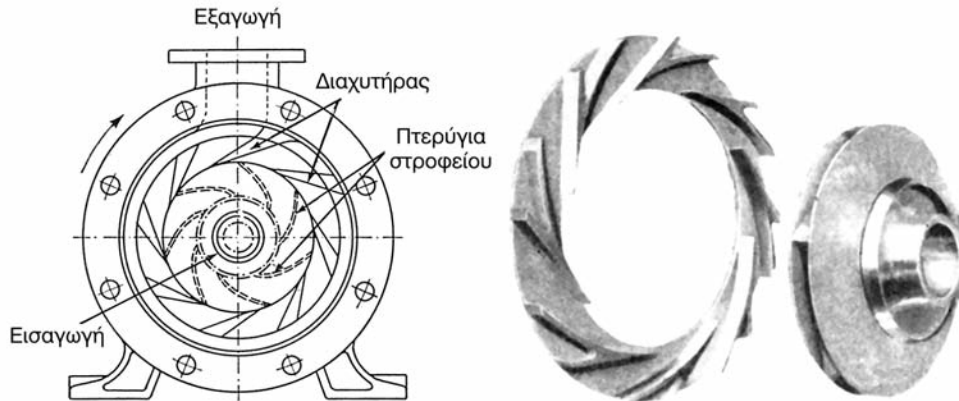
Κατά την αρχική εκκίνηση και για να γίνει η αναρρόφηση πρέπει η αντλία να είναι τοποθετημένη **χαμηλότερα από τη στάθμη**, από την οποία θα αντλεί, ώστε το υγρό να εισέρχεται μόνο του σ' αυτήν. Διαφορετικά πρέπει: ή να γεμίσουμε με το **αναρροφούμενο υγρό το σωλήνα αναρροφήσεως** μέχρι το κέλυφος πριν από την εκκίνηση ή να χρησιμοποιήσουμε μια **εξαρτημένη αεραντλία** και να αφαιρέσουμε πριν από την εκκίνηση τον αέρα από τη σωλήνωση αναρροφήσεώς της.

Με τα παραπάνω αποβλέπομε στο να υποβοηθήσουμε την αναρρόφηση της αντλίας κατά την αρχική λειτουργία της, γιατί, όταν ο σωλήνας της αναρροφήσεως δεν περιέχει υγρό, αλλά μόνον αέρα, η αντλία δυσκολεύεται πολύ για να επιτύχει την αναρρόφηση.

Γι' αυτό στην άκρη του αναρροφητικού σωλήνα υπάρχει πάντοτε μία **ποδοβαλβίδα**, δηλαδή μία ανεπίστροφη βαλβίδα ή δικλείδα (κ. κλαπέτο), ώστε με την κράτηση της αντλίας να μην αδειάζει ο σωλήνας και η αντλία να είναι έτοιμη να αναρροφήσει στη νέα εκκίνησή της.

### **β) Στροβιλοφυγόκεντρη αντλία.**

Η αντλία αυτή είναι παραλλαγή της προηγούμενης. Το κέλυφός της φέρει εσωτερικά σταθερά οδηγητικά πτερύγια, που σχηματίζουν αποκλίνοντες οχετούς με προοδευτικά αυξανόμενη διατομή. Μέσα στους οχετούς η ταχύτητα μετατρέπεται



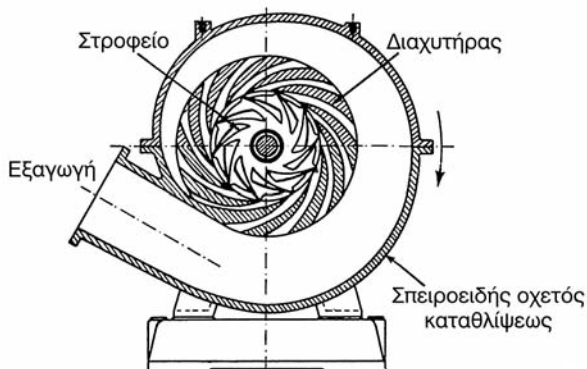
Σχ. 32.3γ.

ομαλά σε πίεση (σχ. 32.3γ).

Τα πτερύγια αυτά περιβάλλονται στην περιφέρεια από δακτυλιοειδή οχετό με σταθερή διατομή, ο οποίος οδηγεί το νερό προς την κατάθλιψη. Ο οχετός αυτός αποκαλείται **διαχυτήρας** και αποδείχθηκε ότι συντελεί στην αύξηση της αποδόσεως της αντλίας. Στο σχήμα 32.3γ φαίνονται σε φωτογραφία ο διαχυτήρας και το στροφέιο.

#### γ) Ελικόφρακτη στροβιλοφυγόκεντρη αντλία.

Στην αντλία αυτή το κέλυφος φέρει περιφερειακά εσωτερικά πτερύγια όπως και η



Σχ. 32.3δ.

προηγούμενη και εξωτερικά περιβάλλεται από σπειροειδή οχετό καταθλίψεως (σχ. 32.3δ). Αποτελεί κατασκευαστικό και λειτουργικό συνδυασμό των δύο προηγούμενων τύπων και παρουσιάζει αυξημένη απόδοση.

### 32.4 Μονοβάθμιες και πολυβάθμιες φυγόκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής.

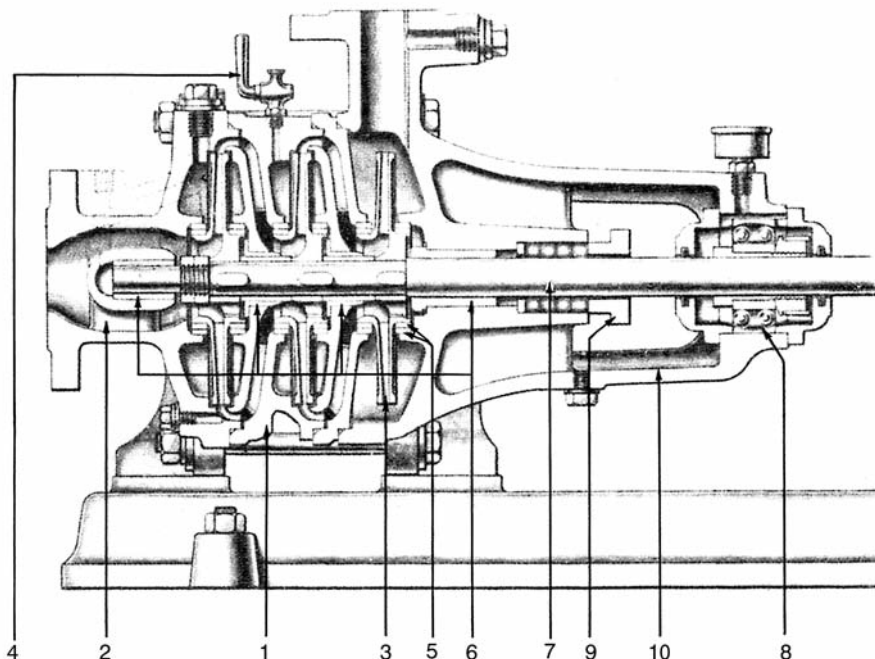
Η φυγόκεντρική αντλία με ένα στροφέιο ονομάζεται **μονοβάθμια** ή

**μονοσταδιακή.** Σ' αυτήν η πίεση καταθλίψεως μπορεί να φθάσει κατά μέσο όρο ως και 10 At. Για να επιτύχομε μεγαλύτερες πιέσεις πρέπει ή να μεγαλώσουμε τη διάμετρό της ή να αυξήσουμε τις στροφές της ή και τα δύο. Τότε όμως αυξάνονται και οι απώλειές της. Προτιμότερη είναι η αύξηση των στροφών. Καλύτερο όμως είναι να χρησιμοποιούμε τις λεγόμενες διβάθμιες, τριβάθμιες και γενικά **πολυβάθμιες** ή **πολυσταδιακές** φυγοκεντρικές αντλίες.

Πολυβάθμια λέγεται η αντλία εκείνη, η οποία στον ίδιο άξονα φέρει πολλούς δρομείς ή στροφέα και μέσα στην οποία η κατάθλιψη του πρώτου οδηγείται στην αναρρόφηση του δεύτερου, η κατάθλιψη του δεύτερου στην αναρρόφηση του τρίτου κ.ο.κ.

Όλα τα στροφέα μιας πολυβάθμιας αντλίας περικλείονται σε κοινό κέλυφος κατάλληλα διαμορφωμένο.

Με πολυβάθμιες αντλίες επιτυγχάνονται μεγάλες παροχές και υπό μεγάλη πίεση καταθλίψεως, όπως π.χ. σε περιπτώσεις τροφοδοτικών αντλιών λεβήτων, οι οποίες πρέπει να υπερνικήσουν την πίεση του λέβητα για να επιτύχουν την εισαγωγή του



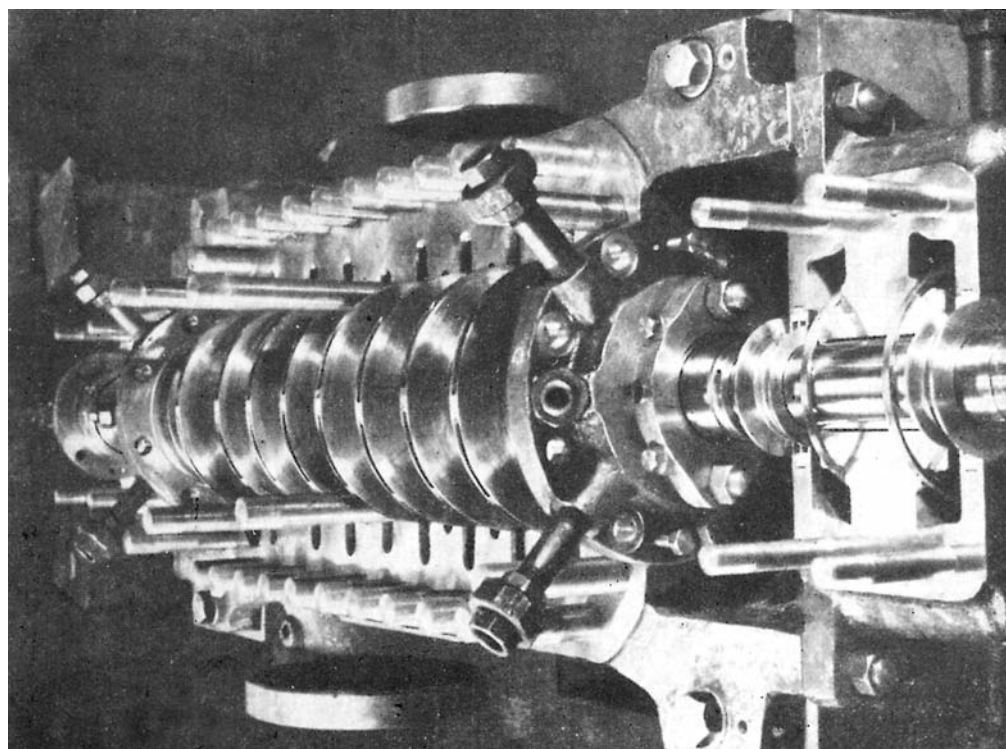
Σχ. 32.4α.

1) Κέλυφος. 2) Αναρρόφηση. 3) Στροφέο. 4) Εξαεριστικό. 5) Δακτύλιος στεγανότητας. 6) Δακτύλιος τριβέα. 7) Άξονας. 8) Ενσφαιροτριβέα. 9) Στυπιοθλίπτης. 10) Βραχίονες.

νερού σ' αυτόν.

Το σχήμα 32.4α παριστάνει σε τομή μια τριβάθμια φυγοκεντρική αντλία της Royal Dutch και το σχήμα 32.4β μια οκταβάθμια της Termomeccanica Italiana, με όλες τις κατασκευαστικές λεπτομέρειές της.





Σχ. 32.4β.

### 32.5 Ειδικές παρατηρήσεις για τις φυγοκεντρικές αντλίες.

#### α) Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

Οι φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση για τη διακίνηση όλων σχεδόν των ρευστών, επειδή παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα.

Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

- Η **απλότητα** της κατασκευής τους. Δεν απαιτούν βαλβίδες, αεροκώδωνες, μηχανισμό εμβόλου, βάκτρου, διωστήρα κλπ.
- Το **συμπαγές** της κατασκευής τους. Κατασκευάζονται σε ενιαία συγκροτήματα με το κινητήριο μηχάνημα και φέρονται πάνω σε κοινή βάση.
- Το **ταχύστροφό** τους.
- Η **οικονομία σε όγκο και βάρος** και **χαμηλό κόστος**. Πλεονέκτημα που συνδέεται αμέσως με τον υψηλό αριθμό περιστροφών τους.
- Η **υψηλή** και **συνεχής παροχή**.
- Η **ομαλή λειτουργία**. Εργάζονται ομαλά χωρίς κτύπους ή κραδασμούς.

Αντίθετα, μειονεκτούν από το γεγονός ότι **δεν αναρροφούν εύκολα** με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία: το γέμισμα του αγωγού της αναρροφήσεως με υγρό ή τη χρησιμοποίηση ιδιαίτερης **αντλίας προπληρώσεως**, εκτός αν είναι τύπου



**αυτοπληρούμενης.**

Μια **αυτοπληρούμενη αντλία (self priming pump)** περιλαμβάνει διάταξη που της δίνει ικανότητα να αναρροφά μαζί με το υγρό και τον ατμοσφαιρικό αέρα που εισέρχεται στην αναρρόφηση της αντλίας.

**Δεν παρέχουν μεγάλα ύψη καταθλίψεως**· αυτό όμως αντιμετωπίζεται, όπως είδαμε, αν κατασκευάζονται ως πολυβάθμιες.

**β) Η λίπανση.**

Οι τριβείς των φυγοκεντρικών αντλιών λιπαίνονται με μια από τις παρακάτω μεθόδους:

- Με περιστρεφόμενο δακτύλιο.
- Με σφαιροτριβείς που λιπαίνονται με λίπος.
- Με σφαιροτριβείς που λιπαίνονται με λάδι.
- Με σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας λαδιού.

Η φροντίδα για την καλή λίπανση της αντλίας έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί από κακή ή ελαττωματική λίπανση μπορεί να προκύψουν σοβαρότατες ανωμαλίες.

**γ) Η στεγανότητα της αντλίας.**

Για την επίτευξη στεγανότητας χρησιμοποιούνται οι στυπιοθάλαμοι και τα παρεμβύσματα.

Αν η αντλία βρίσκεται κάτω από τη στάθμη του αναρροφούμενου υγρού και το υγρό εισέρχεται σ' αυτήν με τη βαρύτητα, τότε τα παρεμβύσματα εμποδίζουν τη διαφυγή του υγρού έξω από την αντλία. Αν όμως η αντλία είναι πάνω από τη στάθμη, οπότε αναρροφεί το υγρό με το κενό της, τότε αυτά εμποδίζουν τη διείσδυση αέρα στην αντλία.

**δ) Εξαερισμός.**

Στο ψηλότερο σημείο της καταθλίψεως και του κελύφους της αντλίας τοποθετούνται εξαεριστικά, τα οποία ανοίγονται συχνά για να απελευθερώνεται ο παγιδευμένος ατμοσφαιρικός αέρας. Προτιμότερο είναι αυτά να διατηρούνται συνεχώς λίγο ανοικτά, ώστε μικρές ποσότητες αέρα και νερού να διαφεύγουν συνεχώς και να διοχετεύονται στο κατάλληλο δίκτυο υγρών.

**ε) Βραχυκύκλωση (bye - pass).**

Σε όλες τις φυγοκεντρικές αντλίες η διαφορά μεταξύ της παρεχόμενης σ' αυτήν ισχύος και της ισχύος του καταθλιβόμενου νερού μετατρέπεται σε θερμότητα. Σε μικρές παροχές μπορεί σε τροφοδοτικές αντλίες και αντλίες πυρκαϊάς να δημιουργηθεί υπερθέρμανση.

Για την προστασία της αντλίας από υπερθέρμανση χρησιμοποιείται μία βαλβίδα βραχυκυκλώσεως (bye - pass), με την οποία μια ποσότητα νερού επιστρέφει από την κατάθλιψη προς τη δεξαμενή ή την αναρρόφηση. Έτσι με την κυκλοφορία της παραπάνω πλεονάζουσας ποσότητας νερού διατηρείται η θερμοκρασία της αντλίας σε κανονικά επίπεδα.

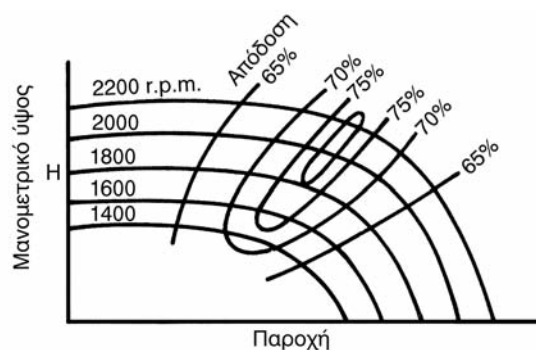
Σε ορισμένες τροφοδοτικές αντλίες οι βαλβίδες βραχυκυκλώσεως είναι αυτόματες, ρυθμισμένες να ανοίγουν μόνο όταν η παροχή πλησιάζει την ελάχιστη.

### στ) Η σπηλαιώση (cavitation).

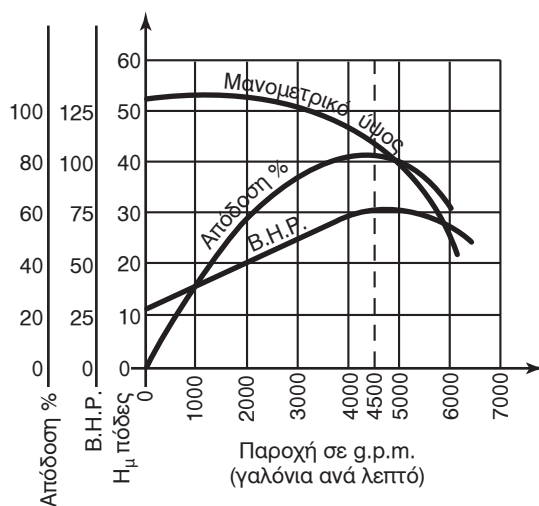
Είναι φαινόμενο το οποίο παρουσιάζεται στις φυγοκεντρικές αντλίες, όταν η απόλυτη πίεση του υγρού, που αναρροφείται, φθάσει ή κατέλθει χαμηλότερα από την πίεση εξατμίσεώς του που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του. Είναι όμοια με τη σπηλαιώση, η οποία εμφανίζεται και στις έλικες των πλοίων.

Η εξατμηση που πραγματοποιείται έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία φυσαλλίδων, οι οποίες διακόπτουν τη συνέχεια της ροής, υποβιβάζουν την απόδοση της αντλίας, αλλά το σοβαρότερο είναι ότι προσπίπτουν επάνω στο στροφείο και στο κέλυφος δυνατά και προκαλούν τη μηχανική διάβρωσή τους (erosion).

Σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί η σπηλαιώση από τη μηχανική διάβρωση, π.χ. σε αντλίες συμπυκνώματος, οι οποίες εργάζονται σχεδόν



Σχ. 32.6α.



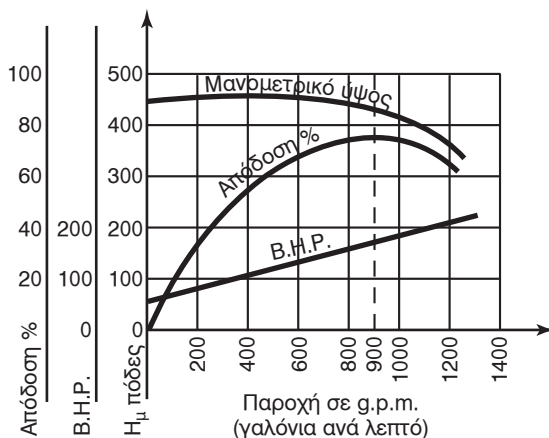
Σχ. 32.6β.

πάντοτε κοντά στο σημείο σπηλαιώσεως, χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές υλικά με μεγάλη ανθεκτικότητα στις μηχανικές διαβρώσεις.

### 32.6 Καμπύλες φυγοκεντρικών αντλιών.

Το σχήμα 32.6α είναι διάγραμμα ύψους - παροχής φυγοκεντρικής αντλίας για μεταβλητές ταχύτητές της από 1.400 ως 2.200 r.p.m.

Το σχήμα 32.6β παριστάνει τις καμπύλες λειτουργίας μονοβάθμιας φυγοκεντρικής



Σχ. 32.6γ.

αντλίας Worthington, της οποίας τα στοιχεία μέγιστης ικανότητας αναγράφονται παραπλεύρως και αφορούν την ταχύτητα περιστροφής τους σε 875 r.p.m.

Η διακεκομμένη κάθετη γραμμή έχει χαραχθεί με βάση τη μέγιστη απόδοση λειτουργίας και προσδιορίζει (όπως εύκολα διαβάζομε από τα σημεία στα οποία τέμνει τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας) ότι για 875 r.p.m., για τις οποίες έχει χαραχθεί το διάγραμμα και για παροχή 4.500 g.p.m., θα είναι το μανομετρικό ύψος της αντλίας  $H_m = 43$  ft, η ισχύς της B.H.P. = 75 HP και η απόδοσή της  $\eta_{ολ} = 82\%$ .

Ανάλογο είναι το διάγραμμα του σχήματος 32.6γ για πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία Worthington, από το οποίο βρίσκομε ότι υπό στροφές 1.450 r.p.m., για τις οποίες έχει χαραχθεί το διάγραμμα και για παροχή 900 g.p.m., θα είναι  $H_m = 420$  ft, B.H.P. = 170 HP και  $\eta_{ολ} = 70\%$ .

Σε όλα τα παραπάνω σχήματα χρησιμοποιούνται αγγλικές μονάδες, δηλαδή πόδια (ft), γαλόνια ανά λεπτό (g.p.m.), (HP) κλπ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

### ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΡΟΗΣ

Κατά κανόνα οι εμβολοφόρες αντλίες παρουσιάζουν τη μέγιστη ικανότητα αναρροφήσεως, ενώ οι περιστροφικές αντλίες έχουν μικρότερη αναρροφητική ικανότητα με ακραίο όριο τις ελικοφόρες, στις οποίες είναι σχεδόν μηδενική.

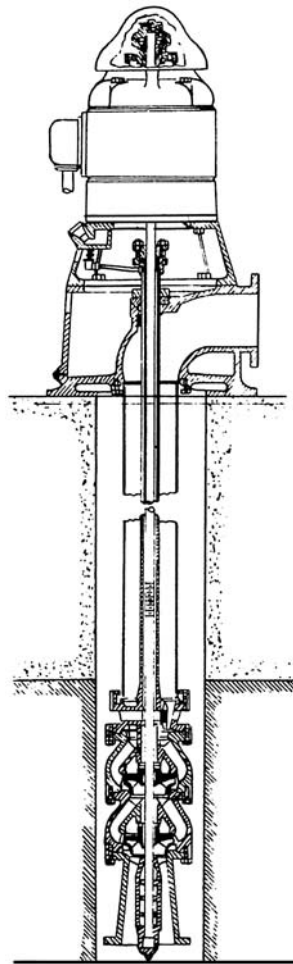
Οι περιστροφικές αντλίες ροής δίνουν μεγαλύτερη παροχή από τις εμβολοφόρες, πάντοτε ομαλή και συνεχή, και εργάζονται χωρίς κτύπους ή κραδασμούς. Ακόμα η κατασκευή τους είναι απλούστερη, γιατί δεν απαιτούν βαλβίδες, αεροκώδωνες, μηχανισμό εμβόλου, βάρη κλπ. Αντίθετα, η παροχή τους εξαρτάται από το ύψος καταθλίψεως κατά αντίστροφο λόγο, ώστε η αύξηση του ύψους να προκαλεί ελάττωση της παροχής, ενώ αυτό δεν συμβαίνει στις εμβολοφόρες αντλίες.

Τέλος οι φυγοκεντρικές αντλίες λειτουργούν γενικά σε μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής και το ταχύστροφό τους είναι ένα στοιχείο που επιτρέπει τη συγκέντρωση ισχύος, δηλαδή την εκτέλεση ορισμένου αντλητικού έργου με μηχανή με μικρότερες διαστάσεις, μικρότερο βάρος και μικρότερη δαπάνη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΑΝΤΛΙΕΣ ΒΑΘΕΩΝ ΦΡΕΑΤΩΝ

Ως αντλίες βαθέων φρεάτων χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα παλινδρομικές εμβολοφόρες, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται πολυβάθμιες περιστροφικές αντλίες ροής με κατακόρυφο άξονα.



Σχ. 34.

Συνήθως η κυρίως αντλία βρίσκεται μέσα στο υγρό και ο κινητήρας της στην επιφάνεια του εδάφους, οπότε μέσα από το σωλήνα καταθλίψεως περνά και ο άξονας της αντλίας.

Το σχήμα 34 παριστάνει μια διβάθμια κατακόρυφη φυγοκεντρική αντλία ακτινικής ροής για βαθιά φρέατα, η οποία κινείται από κατακόρυφο ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος διακρίνεται στο πάνω μέρος του σχήματος.

Φυγοκεντρικές αντλίες βαθέων φρεάτων για την άντληση από κοιτάσματα πετρελαίου κατασκευάστηκαν μέχρι σήμερα με 317 βαθμίδες για βάθος κοιτάσματος μέχρι 2.500 μέτρα.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

#### ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ (ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ)

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

##### Προκαταρκτικές γνώσεις

1.1	Γενικά.....	1
1.2	Εργαζόμενη ουσία των Μ. Ε. Κ.....	1
1.3	Τα καύσιμα των Μ. Ε. Κ.....	1
1.4	Οι δύο μεγάλες κατηγορίες των Μ. Ε. Κ.....	2
1.5	Γενική διάταξη των Μ. Ε. Κ.....	2
1.6	Σχέσεις μεταξύ διαδρομής του εμβόλου και ακτίνας του στροφάλου και μεταξύ ταχύτητας εμβόλου και ταχύτητας του στροφάλου.....	4
1.7	Χρόνοι των Μ. Ε. Κ. Τετράχρονοι και Δίχρονοι κινητήρες. Κυκλικό σπειροειδές διάγραμμα. Αντιστοιχία θέσεως εμβόλου με γωνία στροφάλου	5
1.8	Τα θεωρητικά κυκλώματα των Μ. Ε. Κ	9
1.8.1	Κύκλωμα Otto ή σταθερού όγκου	9
1.8.2	Κύκλωμα Diesel ή σταθερής πίεσεως.....	10
1.8.3	Κύκλωμα Sabathe ή μικτό	12
1.8.4	Εύρεση του βαθμού αποδόσεως των θεωρητικών κυκλωμάτων των Μ. Ε. Κ.....	14
1.9	Παρατηρήσεις στα κυκλώματα Μ. Ε. Κ.....	17
1.10	Οι τύποι των διαφόρων Μ. Ε. Κ. ανάλογα με τον τρόπο εναύσεως του καυσίμου	18
1.10.1	Έναυση στις μηχανές Otto	18
1.10.2	Έναυση στις μηχανές Diesel.....	19
1.10.3	Έναυση στις μηχανές μικτού κύκλου	20
1.11	Η κατάταξη των Μ. Ε. Κ.....	21
1.12	Οι χρήσεις των Μ. Ε. Κ	25

### ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

##### Γενική περιγραφή και λειτουργία των βενζινομηχανών

2.1	Η μονοκύλινδρη βενζινομηχανή	26
2.2	Η λειτουργία της βενζινομηχανής	29
2.3	Θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής	30
2.4	Το θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης βενζινομηχανής	31
2.5	Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής και η ρύθμισή της. Γραφική παράστασή της στο σπειροειδές διάγραμμα	33



2.6	Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης βενζινομηχανής.....	36
2.7	Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης βενζινομηχανής.....	38
2.8	Αντιστοιχία πραγματικού και σπειροειδούς διαγράμματος.....	38
2.9	Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής.....	40
2.10	Το θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.....	42
2.11	Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής. Γραφική παράσταση της στο κυκλικό διάγραμμα.....	44
2.12	Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης βενζινομηχανής.....	45
2.13	Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.....	47
2.14	Σύγκριση τετραχρόνων και διχρόνων βενζινομηχανών.....	47

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### Καύση της βενζίνης

3.1	Εξαερίωση και καύση της βενζίνης.....	49
3.2	Κρουστική καύση, εκρηκτικότητα και βαθμός οκτανίου της βενζίνης.....	49
3.2.1	Κρουστική καύση.....	49
3.2.2	Εκρηκτικότητα - Βαθμός οκτανίων.....	50
3.2.3	Πυρανόφλεξη.....	51
3.3	Η τροφοδότηση σε βενζινομηχανές με εξαεριωτή.....	52
3.4	Η τροφοδότηση του εξαεριωτή από δεξαμενή στάθμης.....	52
3.5	Η τροφοδότηση του εξαεριωτή με αντλία βενζίνης.....	54
3.5.1	Το σύστημα τροφοδοτήσεως με αντλία βενζίνης.....	54
3.6	Θάλαμοι καύσεως.....	57
3.7	Ο εξαεριωτής. Χαρακτηριστικοί τύποι.....	59
3.8	Ο στοιχειώδης εξαεριωτής.....	59
3.9	Ο σύγχρονος εξαεριωτής.....	60
3.10	Ο εξαεριωτής Zenith (Ζενίθ).....	63
3.11	Άλλοι τύποι εξαεριωτών.....	64
3.12	Εξαεριωτής Weber.....	64
3.13	Εξαεριωτής Dell' Orto.....	65
3.14	Εξαεριωτές αεροπλάνων.....	65
3.14.1	Συνθήκες και ιδιότητες εξαεριωτών αεροπλάνων.....	65
3.14.2	Εξαεριωτής με εγχυτήρα τύπου Bendix-Stromberg.....	67
3.15	Η μηχανική έγχυση της βενζίνης.....	68
3.15.1	Γενικά.....	68
3.15.2	Το δίκτυο τροφοδοτήσεως του κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης.....	71
3.15.3	Αντλία βενζίνης μηχανικής εγχύσεως.....	72
3.15.4	Εγχυτήρας μηχανικής εγχύσεως της βενζίνης.....	73

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Το σύστημα αναφλέξεως στις βενζινομηχανές

4.1	Γενικά.....	75
4.2	Σύστημα αναφλέξεως με συσσωρευτές.....	75

4.2.1	Περιγραφή.....	75
4.2.2	Λειτουργία.....	80
4.2.3	Η ρύθμιση της προαναφλέξεως.....	80
4.3	Σύστημα αναφλέξεως με μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό).....	82
4.4	Η ηλεκτρονική ανάφλεξη.....	83
4.5	Η ανάφλεξη με φωτοκύτταρο.....	84
4.6	Η σειρά καύσεως στις βενζινομηχανές.....	84

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

#### Γενική περιγραφή και λειτουργία των πετρελαιομηχανών

5.1	Η μονοκύλινδρη πετρελαιομηχανή.....	86
5.2	Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	90
5.3	Το θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	91
5.4	Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel και η ρύθμισή της. Γραφική παράστασή της στο σπειροειδές διάγραμμα.....	93
5.5	Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	95
5.6	Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	97
5.7	Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	97
5.8	Το θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	98
5.9	Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel. Γραφική παράσταση στο κυκλικό διάγραμμα.....	100
5.10	Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	101
5.11	Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.....	102
5.12	Σύγκριση τετραχρόνων και δίχρονων πετρελαιομηχανών.....	103
5.13	Πετρελαιομηχανές Diesel μικτού κυκλώματος.....	104
5.14	Συσχέτιση της λειτουργίας των μηχανών Diesel μικτού κυκλώματος προς τις μηχανές Otto και Diesel.....	105

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

#### Σάρωση ή αποπλύση των δίχρονων πετρελαιομηχανών

6.1	Τα συστήματα σαρώσεως ή αποπλύσεως των δίχρονων πετρελαιομηχανών.....	106
6.1.1	Απόπλυση στοιχειώδης μέσω του στροφαλοθαλάμου.....	106
6.1.2	Απόπλυση θετική ή βεβιασμένη με ιδιαίτερη αντλία αποπλύσεως.....	106
6.1.3	Διατάξεις σαρώσεως ή αποπλύσεως.....	107

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

#### Υπερπλήρωση των μηχανών Συστήματα υπερπληρώσεως

7.1	Η υπερπλήρωση των μηχανών και η υπερφόρτωση.....	110
7.2	Συστήματα υπερπληρώσεως.....	111

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### Η έγχυση και η καύση του πετρελαίου

8.1	Γενικά.....	118
8.2	Βραδύτητα αυταναφλέξεως του πετρελαίου. Αριθμός σετανίου.....	118
8.3	Θάλαμοι καύσεως και διαμόρφωση τους. Στροβιλισμός <i>αέρα</i> και καυσίμου.....	121
	8.3.1 Ενιαίοι θάλαμοι καύσεως.....	122
	8.3.2 Διμερείς θάλαμοι καύσεως.....	124
8.4	Σύστημα τροφοδοτήσεως των πετρελαιομηχανών με πετρέλαιο.....	127
8.5	Χρήση βαρέος πετρελαίου ή μίγματός του με πετρέλαιο Diesel.....	128
8.6	Αντλίες μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου.....	130
	8.6.1 Αντλία πετρελαίου μηχανικής εγχύσεως με βαλβίδες.....	131
	8.6.2 Αντλία Bosch.....	132
	8.6.3 Αντλία τύπου Timken.....	136
8.7	Εγχυτήρες.....	136
	8.7.1 Εγχυτήρας τύπου M. A. N.....	136
	8.7.2 Εγχυτήρας τύπου Sulzer.....	137
	8.7.3 Εγχυτήρας τύπου Polar.....	137
	8.7.4 Εγχυτήρας Bosch.....	137
8.8	Συνδυασμός αντλίας και εγχυτήρα σε ενιαίο συγκρότημα εγχυτήρα τύπου General Motors.....	139
8.9	Ειδικές παρατηρήσεις για τους εγχυτήρες των μηχανών Diesel.....	142
8.10	Η σειρά καύσεως στις πετρελαιομηχανές.....	143

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Σύγκριση μεταξύ βενζινομηχανών και πετρελαιομηχανών	145
---	-----

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### Περιγραφή των διαφόρων μερών των Μ.Ε.Κ.

10.1	Γενικά.....	147
10.2	Το πλαίσιο της μηχανής.....	165
10.3	Βάσεις - σκελετοί.....	167
10.4	Κύλινδροι - χιτώνια.....	169
10.5	Πώματα.....	171
10.6	Έμβολα - ελατήρια - πείροι εμβόλων - βάκτρα.....	173
10.7	Διωστήρες - στροφαλοφόροι άξονες - τριβείς.....	176
10.8	Βαλβίδες - ωστήρια - έκκεντρα - εκκεντροφόρος άξονας.....	178

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

### Οι βοηθητικές λειτουργίες και τα βοηθητικά μηχανήματα και συσκευές των Μ.Ε.Κ.

11.1	Γενικά.....	185
11.2	Η εισαγωγή του αέρα.....	185
11.3	Η τροφοδότηση με καύσιμο.....	186
11.4	Η εξαγωγή των καυσαερίων.....	187
11.5	Η λίπανση των Μ. Ε. Κ.....	188
11.6	Η ψύξη της μηχανής.....	191
11.6.1	Γενικά.....	191
11.6.2	Φυσική κυκλοφορία.....	192
11.6.3	Τεχνητή κυκλοφορία.....	192
11.6.4	Η ψύξη των εμβόλων των πετρελαιομηχανών.....	195
11.6.5	Οι απώλειες από την ψύξη της μηχανής.....	197

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

### Βασικά εξαρτήματα και όργανα ελέγχου της λειτουργίας των Μ.Ε.Κ. Χειρισμοί

12.1	Γενικά.....	198
12.2	Η εκκίνηση της μηχανής.....	199
12.2.1	Η προθέρμανση της μηχανής.....	199
12.2.2	Η αρχική εκκίνηση της μηχανής.....	200
12.3	Η αναστροφή της μηχανής.....	201
12.3.1	Προϋπόθεση για την αναστροφή των αναστρεφόμενων μηχανών.....	202
12.3.2	Συστήματα αναστροφής αναστρεφόμενων μηχανών.....	203
12.3.3	Χειρισμός αναστροφής.....	203
12.3.4	Επιτόπιος χειρισμός - Αυτόματος έλεγχος.....	205

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

Αεριομηχανές 208

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Μηχανές Semi -Diesel

14.1	Γενικά.....	210
14.2	Μηχανή με πυρόσφαιρα ή πυροκεφαλή.....	210
14.3	Μηχανή με προθάλαμο καύσεως.....	211

## ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

### Απώλειες λειτουργίας και βαθμοί αποδόσεως των Μ. Ε. Κ.

15.1	Οι απώλειες και οι βαθμοί αποδόσεως.....	212
15.2	Οι απώλειες στις Μ. Ε. Κ.....	212

15.3	Βαθμοί αποδόσεως των Μ. Ε. Κ.....	213
15.4	Μέθοδοι αυξήσεως του βαθμού αποδόσεως.....	214

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

#### Ο δυναμοδείκτης και το ενδεικτικό ή δυναμοδεικτικό διάγραμμα - Χρησιμότητά του - Μέση ενδεικτική και μέση πραγματική πίεση - Εκτυλιγμένο διάγραμμα

16.1	Ο δυναμοδείκτης και η λήψη του διαγράμματος.....	216
16.2	Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η χρησιμότητά του.....	217
16.3	Εκτυλιγμένο διάγραμμα.....	219

### ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

##### *Η ισχύς ή ιπποδύναμη των Μ.Ε.Κ.*

17.1	Η ενδεικτική ιπποδύναμη.....	222
17.2	Η πραγματική ιπποδύναμη.....	223

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΩΟ

##### Ειδική κατανάλωση των Μ.Ε.Κ.

18.1	Γενικά - ορισμοί - τύποι.....	226
18.2	Εφαρμογές του βαθμού αποδόσεως και της ειδικής κατανάλωσης.....	229

### ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ

#### ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΕΚ

#### ΒΛΑΒΕΣ - ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

##### Ειδικοί τύποι μηχανών εσωτερικής καύσεως

19.1	Γενικά.....	230
19.2	Μηχανές τύπου «V».....	230
19.3	Μηχανές αστεροειδείς.....	231
19.4	Μηχανές με διπλά έμβολα.....	232
19.5	Μηχανές τύπου «Δ» (Δέλτα), και πολυγωνικού τύπου.....	234
19.6	Μηχανή με περιστρεφόμενα λοβοειδή έμβολα τύπου «Wankel».....	235
19.7	Μηχανές διπλού καυσίμου.....	239

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

#### Σύγκριση των Μ.Ε.Κ. με τις άλλες θερμικές μηχανές

20.1	Σύγκριση Μ.Ε.Κ. και παλινδρομικής ατμομηχανής.....	240
------	--	-----

20.2	Σύγκριση Μ.Ε.Κ. και αμμοστρόβιλου.....	240
20.3	Σύγκριση Μ.Ε.Κ. με αεριοστρόβιλο .....	241

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

### Οι συνηθέστερες ανωμαλίες των βενζινοκινητήρων και η αποκατάστασή τους

21.1	Οι συνηθέστερες ανωμαλίες των βενζινοκινητήρων και οι τρόποι αποκαταστάσεώς τους.....	242
------	---	-----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### Οι συνηθέστερες ανωμαλίες των πετρελαιοκινητήρων και η αποκατάστασή τους

22.1	Οι συνηθέστερες ανωμαλίες των πετρελαιοκινητήρων και οι τρόποι αποκαταστάσεώς τους.....	246
------	---	-----

## ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΩΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

#### Υδραυλικοί κινητήρες

23.1	Γενικά.....	251
23.2	Οι υδατοπτώσεις.....	252
23.3	Οι υδραυλικοί τροχοί.....	252
23.4	Εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες και υδραυλικά πιεστήρια.....	254
23.4.1	Οι εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες.....	254
23.4.2	Τα υδραυλικά πιεστήρια .....	255
23.4.3	Περιστροφικοί υδραυλικοί κινητήρες.....	258
23.5	Υδροστρόβιλοι.....	259
23.6	Υδροστρόβιλοι δράσεως ακτινικής ροής.....	261
23.7	Υδροστρόβιλοι αντιδράσεως ακτινικής ροής.....	262
23.8	Υδροστρόβιλοι αξονικής ροής .....	262
23.9	Υδροστρόβιλοι εφαιτομενικής ροής.....	263
23.10	Υδροστρόβιλοι μικτής ροής.....	263

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Εγκαταστάσεις υδροστροβίλων για ηλεκτροπαραγωγή

24.1	Εγκαταστάσεις με αποταμιευτήρα και μεγάλο ή μέτριο ύψος πτώσεως.....	264
24.2	Εγκαταστάσεις ροής με μικρή κλίση και μικρό ύψος.....	265
24.3	Οι υδροστρόβιλοι που χρησιμοποιούνται σήμερα.....	266

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΠΕΜΠΤΟ**

**Υδροστρόβιλος Pelton** 268

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΚΤΟ**

**Υδροστρόβιλος Francis** 271

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΒΔΟΜΟ**

**Υδροστρόβιλος Kaplan** 275

**ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟ****ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΟΓΔΩΟ****Προκαταρκτικές γνώσεις**

28.1	Γενικά.....	277
28.2	Ο ατμοσφαιρικός αέρας. Οι χρήσεις του συμπιεσμένου αέρα.....	277
	28.2.1 Ο ατμοσφαιρικός αέρας.....	277
	28.2.2 Οι χρήσεις του συμπιεσμένου αέρα.....	278
28.3	Βασικοί τύποι αεροσυμπιεστών - Κινητήρια μηχανήματά τους.....	279
28.4	Η διαβάθμιση της συμπίεσης.....	280
28.5	Κατάταξη αεροσυμπιεστών.....	280
28.6	Απλός μονοβάθμιος εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής.....	281
28.7	Ο κύκλος λειτουργίας του απλού εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.....	282
28.8	Πολυβάθμιοι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές.....	284
28.9	Ο κύκλος λειτουργίας του πολυβάθμιου εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.....	285
28.10	Τυπικές μορφές του πολυβάθμιου συμπιεστή.....	287
28.11	Τα μέρη ενός εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.....	290
28.12	Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές.....	290
28.13	Συμπιεστές με λοβούς.....	291
28.14	Πτερυγιοφόρος περιστροφικός αεροσυμπιεστής.....	291
28.15	Φυγοκεντρικοί αεροσυμπιεστές.....	292

**ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟ****ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ ΕΝΑΤΟ****Αντλίες**

29.1	Γενικά.....	295
29.2	Χαρακτηριστικά στοιχεία των αντλιών.....	295
29.3	Τα ύψη των αντλιών και η μέτρησή τους.....	295
29.4	Η αναρρόφηση της αντλίας.....	298



29.5	Η κατάθλιψη της αντλίας.....	298
29.6	Κατάταξη των αντλιών.....	299

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ

#### Εμβολοφόρες παλινδρομικές αντλίες εκποτίσεως

30.1	Γενικά.....	300
30.2	Αναρροφητική αντλία.....	300
30.3	Καταθλιπτική αντλία απλής ενέργειας.....	301
30.4	Καταθλιπτική αντλία διπλής ενέργειας.....	303
30.5	Στροφαλοκίνητες αντλίες.....	305
30.6	Τα βασικά μέρη των εμβολοφόρων αντλιών.....	306
30.7	Αεροκώδωνες εμβολοφόρων αντλιών.....	307
30.8	Χαρακτηριστικές καμπύλες της ροής στις εμβολοφόρες αντλίες.....	308

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΠΡΩΤΟ

#### Περιστροφικές αντλίες εκποτίσεως

31.1	Γενικά.....	311
31.2	Τύποι των περιστροφικών αντλιών - Χρήσεις και υλικά κατασκευής τους.....	312
31.3	Αντλία με οδοντωτή τροχού εξωτερικής οδοντώσεως (external gear pump).....	312
31.4	Αντλία οδοντωτή εσωτερικής οδοντώσεως (Internal gear pump).....	314
31.5	Κοχλιοειδείς αντλίες.....	314
31.6	Αντλία με περιστρεφόμενα έμβολα ή λοβούς.....	315
31.7	Αντλία περυγιοφόρος (Rotary vane pump).....	316
31.8	Χαρακτηριστικές καμπύλες της λειτουργίας των περιστροφικών αντλιών εκποτίσεως.....	317

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

#### Φυγοκεντρικές αντλίες

32.1	Γενικά.....	319
32.2	Τύποι φυγοκεντρικών αντλιών - Χρήσεις - Υλικά κατασκευής τους.....	320
32.3	Περιγραφή και τυπική λειτουργία φυγοκεντρικών αντλιών ακτινικής ροής.....	320
32.4	Μονοβάθμιες και πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες ακτινικής ροής.....	323
32.5	Ειδικές παρατηρήσεις για τις φυγοκεντρικές αντλίες.....	324
32.6	Καμπύλες φυγοκεντρικών αντλιών.....	327

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΡΙΤΟ

Σύγκριση εμβολοφόρων και περιστροφικών αντλιών ροής	329
---	-----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑΚΟΣΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Αντλίες βαθέων φρεάτων	330
------------------------	-----