

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΞΗΓΗΣΗ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΑΔΙΟΥ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ
ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΧΑΤΖΗΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΑΑΝΤ ΦΑΝΤΙ**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ
2012
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΞΗΓΗΣΗ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΑΔΙΟΥ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ
ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΧΑΤΖΗΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ
ΑΜ : 4028

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας
Ο καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ

Το δίκτυο λιπάνσεως εξασφαλίζει τη λίπανση και τον προορισμό των φθορών υπερθερμάνσεως των διάφορων εξαρτημάτων της μηχανής (έμβολα, κομβία, τριβείς), Εξασφαλίζει επίσης τον καθαρισμό αυτών απο εξανθρακώματα και αποκολλημένα ρινίσματα μεταλλων.

Παλαιότερα η λίπανση των μηχανών γινόταν με την εμβάπτιση κάποιων κινούμενων μερών και την εκτόξευση του λαδιού στις πιο απομακυσμένες απο την ελαιολεκάνη τριβόμενες επιφάνειες. Σήμερα εφαρμόζεται η αναγκαστική κυκλοφορία του λαδιού λιπάνσεως με τη χρήση αντλιών. Λόγο του πλήθους των ποιοτήτων λαδιού που απαιτείται για τη λειτουργία ναυτικών μηχανών τα συστήματα λιπάνσεως είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα. Ένα σύστημα λιπάνσεως αργόστροφης πετρελαιομηχανής μπορεί να περιλαμβάνει τρεις ποιότητες λαδιού για την κύρια μηχανή (για το λάδι κυκλοφορίας και το κυλινδρέλαιο) καθώς και μια άλλη ποιότητα για τις βοηθητικές μηχανές. Μια εγκατάσταση μεσοστροφής πετρελαιομηχανής με μειωτήρα στροφών μπορεί να απαιτεί διαφορετική ποιότητα λαδιού για τις κύριες και βοηθητικές μηχανές διαφορετική ποιότητα για τον μειωτήρα στροφών και πιθανως διαφορετική ποιότητα λαδιού για τους στροβηλουπερπληρωτές ή άλλες χρήσεις.

Η συνολική εγκατάσταση λιπάνσεως κυριας και βοηθητικων μηχανών και μηχανημάτων αποτελείται απο τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

Αποθηκεύσεως μεταφοράς και καθαρισμού των διαφορετικών ποιοτήτων λαδιού.

Λιπάνσεως κυρίων μηχανών με κυλινδρέλαιο.

Λιπάνσεως στροβηλουπερπληρωτών.

Λιπάνσεως βοηθητικών μηχανών.

Λιπάνσεως κύριων μηχανών με λάδι κυκλοφορίας.

ABSTRACT

LUBRICATION SYSTEM

The lubrication system provides lubrication and minimizes wear from friction and heating of different parts of the engine (pistons, journals, bearings), also ensures cleaning of these parts from detached metal shavings.

In the older days, the lubrication of machines was made by dipping moving parts and spraying the oil from the oil sump tank to the parts which were far. Nowadays they apply forced lubrication oil circulation with pumps. Because of the number of grades of oil required to operate marine engine, lubrication systems are highly complex. A low-speed diesel engine lubrication system may include three grades of oil for main engine (for the main oil and cylinder lubrication) and another quality for the auxiliary engines. A medium stroke diesel marine engine may require different quality of oil for the engine, different quality from the main gear revolution reducer and possibly different quality of oil for the turbo chargers or other uses.

The whole installation of lubrication of main and auxiliary machinery and equipments consists of the following systems:

Transferring, storage and cleaning of the different qualities of oil.

Main engine lubricating with cylinder oil.

Turbochargers lubrication.

Auxiliary engine lubrication.

Main engine lubricating oil circulation.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν δύο σώματα σε επαφή κινούνται σχετικά το ένα ως προς το άλλο αναπτύσσονται δύναμη τριβής επαπτόμενη στην επιφάνεια επαφής τους. Η δύναμη τριβής ανθίσταται στη σχετική κίνηση των σωμάτων. Σκοπός της λίπανσης είναι η παρεμβολή κατάλληλου λιπαντικού υλικού, ανάμεσα στις δυο τριβόμενες επιφάνειες έτσι ώστε να μειωθεί η αναπτυσσόμενη τριβή και συνεπώς να μειωθούν οι απώλειες ωφέλειμου έργου που αυτή προκαλεί. Λόγο της μειώσεως των τριβών μειώνεται και ελκυσόμενη θερμότητα μιας και η συνολική απώλεια έργου λόγω τριβών μετατρέπεται σε θερμότητα. Επιπλέον η παρουσία του λιπαντικού ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες μειώνει την πιθανότητα επαφής τους και συνεπώς και τη φθορά τους ενώ ταυτόχρονα λειτουργεί και ως ψυκτικό μέσο απόγοντας τη θερμότητα που αναπτύσσεται λόγω τριβής. Ειδικά στις εμβολοφόρες ΜΕΚ. Το λιπαντικό στεγανοποιεί το χώρο καύσεως, καθαρίζει τις τριβόμενες επιφάνειες από ρινίσματα και στερεά κατάλοιπα, ενώ προστατεύει τη επιφάνεια του χιτωνίου από τις διαβρωτικές επιδράσεις του καυσίμου και της διαδικασίας της καύσης. Ως προς τη φυσική κατάσταση οι λιπαντικές ουσίες διακρίνονται σε αέριες, υγρές, στερεές. Παλαιότερα η λίπανση γινόταν με εμβάπτιση κάποιων κινούμενων μερών και την εκτόξευση του λαδιού στις πιο απομακρυσμένες από την ελαιολεκάνη τριβόμενες επιφάνειες. Σήμερα εφαρμόζεται η αναγκαστική κυκλοφορία του λαδιού λιπανσεως με τη χρήση αντλιών. Λόγο πλήθους των

ποιοτήτων λαδιού που απαιτείται για τη λειτουργία των ναυτικών μηχανών, τα συστήματα λιπάνσεως είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα. Ένα σύστημα λιπάνσεως αργόστροφης πετρελαιομηχανής μπορεί να περιλαμβάνει τρεις ποιότητες λαδιού για την κύρια μηχανή (μία για το λάδι κυκλοφορίας, μια για το κυλινδρέλαιο και μια για τους στροβιλουπελπληρωτές) καθώς και μια άλλη ποιότητα για τις βοηθητικές μηχανές.

Σ' αυτήν την εργασία θα αναπτυχθεί και θα δειχθεί στην μακέτα η διαδρομή του ελαίου (κυλινδρέλαιο, μηχανέλαιο) γιατί χρειάζεται στην εγκατάσταση του πλοίου και πως γίνεται η λίπανση στις σύγχρονες μηχανές. Επίσης θα περιγραφεί η κίνηση του λαδιού από την αρχή ως το τέλος (την κατανάλωση του). Ο καθαρισμός με τα διάφορα μηχανήματα τα οποία παρεμβάλλονται στο δίκτυο του μηχανέλαιου.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ.

Κατά τη λειτουργία της μηχανής του πλοίου ο μηχανικός υπηρεσίας στο μηχανοστάσιο πρέπει να εκτελεί τους ακόλουθους ελεγχους:

α) Μέτρηση πίεσεως λειτουργίας δικτύου.

Η πίεση λειτουργίας πρέπει να είναι η προδιαγεγραμμένη από τον κατασκευαστή. Η πτώση πίεσεως στα φίλτρα πρέπει να είναι 0,5-0,7 KPa/cm². Η πτώση πίεσεως στο δίκτυο δεν πρέπει να υπερβεί συγκεκριμένη τιμή που ορίζει ο κατασκευαστής. Όταν η πτώση πίεσεως φθάσει τη συγκεκριμένη τιμή τότε ανάβει μια κόκκινη ενδிகτική λυχνία και αν παρουσιασθεί μεγαλύτερη πτώση πίεσεως τότε ενεργοποιείται η σειρήνα για να ληφθούν άμεσα τα απαραίτητα μέτρα.

β) Έλεγχος θερμοκρασίας λειτουργίας δικτύου.

Η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται μέσα σε προκαθορισμένα απο τον κατασκευαστή όρια. Αυτά συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 50 και 60°C. Εάν η θερμοκρασία του λιπαντικού είναι μικρότερη του κατώτερου ορίου τότε προκαλείται εύξηση τριβών λόγω αυξήσεως του ιξώδους. Σε περίπτωση που υπερβεί το άνω όριο ελαττώνεται το ιξώδες και παρουσιάζεται αυξημένη πτώση πίεσεως λόγω αυξήσεων των διαρροών στα σημεία λιπάνσεως. Μετά το ψυγείο λαδιού η θερμοκρασία πρέπει να μειώνεται οπότε γίνεται παραλληλα ελεγχος της καθαριότητας του ψυγείου. Σε περίπτωση που δεν επιτυγχάνεται η επιθυμητή πτώση της θερμοκρασίας στο ψυγείο τότε επεμβαίνουν οι μηχανισμοί ασφαλείας και είτε αυξάνεται η παροχή του νερού ψύξεως είτε ανάβει κόκκινη ενδίκτική λιχνία και αν συνεχιστεί τότε ενεργοποιείται η σειρήνα.

Τα σύγχρονα πλοία διαθέτουν αυτοματισμό με αισθητήρες θερμοκρασιών τοποθετημένους στους τριβείς. Η παρακολούθηση των οποίων γίνεται απο την κεντρική κονσόλα του μηχανοστασίου.

γ) Έλεγχος υπάρξεως ατμών ελαίου στο στροφαλοθάλαμο.

Σοβαρός κίνδυνος εκρήξεως θα δημιουργηθεί στο χώρο του στροφαλοθαλάμου απο τη δημιουργία ατμών λαδιού λόγω υπερθερμάνσεως τμήματος της μηχανής. Για το λόγο αυτό τοποθετούνται ειδικά αισθητηρια ανιχνεύσεως ατμών λαδιού εντός του στροφαλοθαλάμου. Σε περίπτωση ανιχνεύσεως ατμών ενεργοποιείται η σειρήνα και αν δεν λυθεί το πρόβλημα η μηχανη αυτομάτος κάνει κράτει.

δ) Έλεγχος καταναλώσεως λαδιού.

Η αυξημένη κατανάλωση του κυλινδρελαιου κατα τη λειτουργία των δίχρονων μηχανών οφείλεται σε:

- Αυξημένη φθορά χιτωνιών αρα και κακή στεγανότητα των ελατηριών.
- Παραμορφώσεις των ελατηριών των εμβόλων λόγω φθοράς των υποδοχών τους.
- Κακό στρώσιμο του χιτωνιου.
- Κόλλημα των ελατηριών των εμβόλων.
- Αύξηση της θερμοκρασίας των χιτωνίων.

- Αύξηση της θερμοκρασίας της κεφαλής του εμβόλου.
- Χρήση πετρελαίου κακής ποιότητας.

ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ - ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.

A) Αποτομή πτώση της πίεσεως του λιπαντικού της μηχανής.

Η απότομη πτώση της πίεσεως στο δυκτιο λιπανσεως της μηχανής γίνεται ανιτηληπτή με τη βοήθεια των μανομετρων, καθώς και με τη ενεργοποίηση των συστημάτων συναγερμου. Σε περίπτωση καθυστεριμενης αντιδρασεως του προσωπικού του μηχανοστασιου ακολουθει αυτοματη κρατιση της μηχανης απο το συστημα ελεγχου.

Η αποτομή πτώση της πίεσεως του λιπαντικού οφείλεται συνηθως στις ακολουθες αιτιες:

- α) Μεγάλη διαρροή του δυκτίου ή των δεξαμενών.
- β) Ηλεκτρικη ή μηχανικη βλάβη της αντλίας κυκλοφορίας του λαδιου.

Στην περίπτωση που παρουσιασθει εκτεταμένη διαρροή λιπαντικού, αυτη μπορεί να οφειλεται σε καπιο ατύχημα ή αστοχια κεντρικου αγωγου του δυκτιου ή σε ρήγμα των δεξαμενών. Τότε είναι επιβλεβημένη η διακοπη της λειτουργιας της μηχανης, ωστε να αποφευχθει καταστροφη της και να αποκατασταθεί άμεσα η βλάβη. Μετα την αποκατάσταση της βλάβης πρέπει να συμπληρωθεί το δυκτιο με νεο λιπαντικο (του ιδιου τυπου ή αντιστιχο συμβατό). Η περίπτωση αυτή είναι αρκετα σπάνια, ενω αντιθετως είναι συνηθες οι μικροδιαρροές λιπαντικού σε διαφορα σημειά του δυκτίου π.χ. στα παρεμβυσματα στεγανοτητας των φίλτρων και των ενναλακτων θερμότητας των φλαντζων συνδεσεως με το υπολιπο δύκτιο του λιπαντικού κτλ.

Οι μικροδιαρροές λιπαντικού που παρουσιάζονται σε ολους τους τύπους και τα μεγεθη των μηχανών προερχονται απο κακη σισφυξη τη χρήση ακατάλληλου υλικού παρεμβυσματος στη συναρμολόγηση των εξωτερικών τμημάτων της μηχανής (π.χ. θυρίδες ασφαλειας, θυρίδες επιθεωρησεως, εξωτερικα καλύμματα κεφαλών κιλύνδρων κ.τ.λ.).

Στην περίπτωση που η πτώση της πίεσεως οφείλεται σε βλάβη της αντλίας τίθεται αυτόματα σε λειτουργία η αντίστοιχη εφεδρική αντλία κυκλοφορίας. Εφόσον η αντιδραση των μηχανικών είναι άμεση τότε είναι απαραίτητη η κρατιση της μηχανής. Εάν όμως κατα την προσπάθεια εκκινήσεως της εφεδρικής αντλίας παρουσιασθούν κιαλλα προβλήματα τότε πρεπει να διακοπή άμεσα η λειτουργία της μηχανής. Μετά την επισκευή της μιας τουλαχιστών αντλίας μπορεί να επανεκκινήσει η μηχανή. Στην περιπτωση αυτή λόγω ελλείψεως εφεδρικής αντλίας απαιτείται αυξημένη επιτήρηση της λειτουργίας του δικτιου λιπάνσεως απο το προσωπικό του μηχανοστασίου ενώ επισκευάζεται η αντλία οσο το δυνατόν πιο γρήγορα.

B) Σταδιακή πτώση της πίεσεως του λιπαντικού της μηχανής.

Η σταδιακή πτώση της πιεσεως γίνεται αντιληπτή μεσω των ενδιξεων των μανομέτρων. Εάν συνεχιστεί για αρκετο χρονικό διάστημα χωρίς να γινεί αντιληπτή τότε ενεργοποιείται το σύστημα συναγερμου. Η σταδιακή πτώση της πίεσεως οφείλεται συνήθως στις αιτίες:

- κακή αναρόφηση της αντλίας λαδιού, λόγω αποφράξεως του φίλτρου αναρροφήσεως ή λόγω αποφράξεως του φίλτρου αποστραγγίσεως του στροφαλοθάλαμου.
- Αναρρόφηση αέρα απο την αντλία λαδιού.
- Υπερβολικά διάκενα των τριβέων της μηχανής.
- Εσωτερικές διαρροές στο δύκτιο λιπάνσεως.

Μόλις γίνει αντιληπτή η πτώση της πίεσης, πρέπει να ελεγχθούν τα πιθανά σημεία οπου μπορεί να εντοπίζετε το πρόβλημα. Καθ' ολη τη διάρκεια αναζητήσεως της αιτίας του προβλήματος, απαιτήται αυξημένη προσοχή του προσωπικού φυλακής του μηχανοστασίου. Εάν δεν αποκατασταθεί άμεσα η βλάβη μετά τον εντοπισμό της, τότε παρατεινεται η επίβλεψη μέχρι την επισκευή.

Εάν η πτώση της πιεσεώς οφείλεται σε απόφραξη του φίλτρου το καθαρίζουμε ή το αντικακαθηστάμε. Η οξειδωση του λιπαντικού διμηνουργεί σησώρευση μεγαλων ποσοτήτων ιζήματος στις δεξαμενές και συχνή

απόφραξη των φίλτρων. Σε περίπτωση οξειδώσεως του λιπαντικού είναι επιβλεβιμένη η σύντομη αντικατάσταση του. Το πρόβλημα είναι σοβαρότερο εάν παρατηρηθούν λασπωδη καταλοιπα στο σκελετό και τις θυρίδες του στροφαλοθαλάμου, οπότε η αντικατάσταση πρέπει να γίνει άμεσα. Η απόφραξη του μεταλικού πλέγματος στο στροφαλοθάλαμο οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα σε ξεχασμένα αντικείμενα κατά την επισκευή.

Εάν η ανωμαλία απο αναρρόφιση αέρα στην αντλία λαδιού, αυτο συνήθως συμβαίνει λόγο χαμηλής στάθμης του λιπαντικού στην ελαιολεκάνη οπότε, λογο διατειχισμού του πλοίου αποκαλύπτετε η αναρρόφηση της αντλίας. Το πρόβλημα αντικαθιστάτε με την συμπλήρωση λιπαντικού στο δύκτιο. Στίς συγχρονές μηχανές αυτο έχει αντιμετωπισθεί με τον σχηματισμό κατάληλου κοιλόματος γύρο απο το στόμιο αναροφίσεως της αντλίας. Αλλη αιτία προκλήσεως ιδιάς ανομαλίας είναι η προμήθεια ακατάληλου λιπαντικού με χαμηλή αντιφριστική ικανοτητα. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει αυξημένη ποσότητα εγκλωβισμένου αέρα εντός του λιπαντικού. Λόγο της συμπίεσότητας του αέρα μειώνεται η απόδοση της αντλίας λαδιού και ελαττώνεται η ποσότητα του λιπαντικού που καταλήγει στις πειπενόμενες επιφάνειες. Η ανωμαλία αποκαθιστάτε με την αντικατάσταση του λιπαντικού. Στήν περίπτωση που τα διάκενα στα έδρανα είναι μεγαλύτερα απο τα επιτρεπόμενα, εμφανίζονται εκτεταμένες διαρροές λαδιού απο τα πλάγια των τριβέων. Προκαλείτε ετσι πτώση της πιέσεως του λιπαντικού. Η αύξηση των διάκενων μπορεί να οφείλεται σε μεγάλες φυσιολογικές φθορές σε φθορές απο κακή ευθυγράμμιση του στροφαλοφόρου σε λανθασμένη τοποθέτηση των τριβέων ή σε λανθασμένη επιλογή προσθηκών. Αυξημένες φθορές σε συγκεκριμένα έδρανα δυνατόν να οφείλονται σε ανομιόμορφη φόρτιση των κιλύνδρων ή εμφάνιση φενομένων συντονισμού. Σε οποιαδηποτε περίπτωση κρίνεται απαραίτητη η επισκευή στη μηχανη το συντομότερο δυνατόν. Ο χρόνος της επισκευής καθορίζεται απο το μέγεθος του προβλήματος. Στίς περισσότερες απο τις παραπάνω περιπτώσεις η επισκευή δεν μπορεί να γίνει μόνο απο το προσωπικό της μηχανής.

Εάν η ανωμαλία προέρχεται απο διαρροές στο εσωτερικό δύκτιο της μηχανής, προβαίνουμε σε επισκευή ή αντικατάσταση του ελλατωματικού εξαρτήματος. Η επισκευή πραγματοποιείται συνήθως όταν φτάσει το πλοίο στο λιμάνι αφού

σταματήσει η αντλία κυκλοφορίας του λαδιου και η πτώση της θερμοκρασίας της μηχανής.

Γ) Αύξηση της θερμοκρασίας του λιπαντικού.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του λαδιού γίνεται αντιληπτή με τη βοήθεια των αισθητήρων θερμοκρασίας στον πίνακα ελέγχου ή τοπικά με τα θερμόμετρα στη μηχανή. Σε περίπτωση απότομης αύξησης της θερμοκρασίας και εφόσον δεν προλάβει το προσωπικό να αντιδράσει άμεσα ενεργοποιείται τα συστήματα συναγερμού και ακολουθεί αυτόματη κράτηση της μηχανής.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του λαδιού συνήθως οφείλετε στους παρακατω λόγους:

- Ανεπαρκής ποσότητα λαδιού στην ελαιολεκάνη του στροφαλοθάλαμου.
- Υπερβολική αύξηση της τριβής σε κάποιο σημείο της μηχανής.
- Θράυση τηλεσκοπικού αγωγού ψύξεως του εμβόλου.
- Πρόβλημα στο σύστημα ψύξεως του λιπαντικού.
- Κακή λειτουργία του συστήματος ρυθμίσεως της θερμοκρασίας του λιπαντικού.
- Κακή στεγανότητα των ελατηρίων των εμβόλων.
- Υψηλό ποσοστό ιζήματος στα φίλτρα και στη λεκάνη του στροφαλοθάλαμου.
- Ανεπαρκής ψύξη χιτωνίων.
- Λανθασμένο ιξώδες λιπαντικού.
- Κακός χρονισμός της εγχίσεως.

Σε περίπτωση που μειωθεί η στάθμη του λιπαντικού και δεν συμπληρωθεί εγκαίρως υπάρχει κίνδυνος αύξησης της θερμοκρασίας του λαδιού - μικρή ποσότητα λιπαντικού.

Αντίθετα στις μηχανές κατα την κανονική λειτουργία τους χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες λαδιού δεν γίνεται απότομη αύξηση της θερμοκρασίας λογο της μεγάλης μάζας του λιπαντικού και της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του.

Η αύξηση των τριβών είναι καθοριστική αιτία ανόδου της θερμοκρασίας του λιπαντικού και μια αρκετά κρίσιμη κατάσταση για τη σωστή λειτουργία της

μηχανής. Εάν σε κάποια τριβόμενη επιφάνεια μειωθεί το πάχος της λιπαντικής μεμβράνης και εμφανιστεί ξηρή τριβή η αύξηση της θερμοκρασίας που θα προκληθεί επιδινώνει το πρόβλημα λόγω της μείωσης του ιξώδους του λιπαντικού. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται άμεση αντίδραση και υποχρεωτική κράτηση της μηχανής. Η διάγνωση του συγκεκριμένου προβλήματος γίνεται με τη βοήθεια αισθητήρων θερμοκρασίας στα σημεία τριβής ή απο το σύστημα ανιχνεύσεως ατμών λιπαντικού και την πτώση της ισχύος της μηχανής.

Η ανάπτυξη υπέρμετρης τριβής μεταξύ των τριβόμετρων τμημάτων της μηχανής προκαλεί συνήθως εκτεταμένη καταστροφή του μετάλλου των αντίστοιχων τριβέων, των τριβέων του ποδιού ή της κεφαλής του διωστήρα, των εδράνων του εκκεντροφόρου άξονα.

Η θραύση στο εσωτερικό της μηχανής τηλεσκοπικού αγωγού λαδιού ψύξεως έχει ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη αύξηση της θερμοκρασίας του αντίστοιχου εμβόλου και των ελατηριών του. Εάν δεν πραγματοποιηθεί άμεσα κράτηση της μηχανής υπάρχει πρόβλημα κολλήματος της. Η βλάβη αυτή γίνεται ταχύτερα αντιληπτή διότι έχουμε ταυτόχρονα σημαντική πτώση της πίεσεως του λιπαντικού και υπέρμετρη αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων και του νερού ψύξεως του αντίστοιχου κυλίνδρου.

Εάν η αύξηση της θερμοκρασίας του λιπαντικού προέρχεται απο κακή ψύξη του λιπαντικού τότε γίνεται εύκολα αντιληπτή απο τον έλεγχο των θερμοκρασιών πριν και μετά τον εναλλάκτη. Στους εναλλάκτες που λειτουργούν με θαλασσινό νερό με την πάροδο του χρόνου φράζουν οι δίοδοι απο τους θαλάσσιους μικροοργανισμούς οπότε πρέπει να καθαριστούνε.

Η θερμοκρασία του λιπαντικού ρυθμίζεται με τη βοήθεια βαλβίδας ανακυκλοφορίας η οποία καθορίζει το ποσοστό του λαδιού που παρακάμπτει τον εναλλάκτη θερμότητας. Σε περίπτωση κακής λειτουργίας της βαλβίδας ή του αντίστοιχου αισθητήρα θερμοκρασίας του λιπαντικού ανάλογα στη θέση την οποία θα κολλήσει η βαλβίδα. Σε αυτή την περίπτωση η ρύθμιση της ποσότητας του λαδιού που παρακάμπτει το ψυγείο πραγματοποιείται χειροκίνητα μέχρι τη διόρθωση της βλάβης. Αντίστοιχο πρόβλημα μπορεί να παρουσιασθεί και στο κύκλωμα του ψυκτικού μέσου. Και στις δυο περιπτώσεις απαιτείτε αυξημένη επιτήρηση απο το προσωπικό μέχρι την αποκατάσταση του προβλήματος.

Σε όλες της μηχανές χωρίς βάκτρο όταν υπάρχουν μεγάλες φθορές στα ελλατήρια και τα χιτώνια ή λόγο κολλήματος ή θραύσεως των ελλατηρίων, καυσαερία διαρρέουν προς τον στροφαλοθάλαμο και ανεβάζουν την θερμοκρασία του λιπαντικού. Η διαρροή καυσαερίων προς το στροφαλοθάλαμο αυξάνει κατά πολύ τον κίνδυνο εκρήξεως εάν ταυτόχρονα υπάρχουν και συνθήκες δημιουργίας ατμού λιπαντικού.

Το υψηλότερο ποσοστό ιζήματος στα φίλτρα και στην ελαιολεκάνη του στροφαλοθαλάμου προκαλεί μείωση της ροής του λιπαντικού και σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας του. Συνοδεύεται από πτώση της πίεσεως στην αναρρόφηση της αντλίας κυκλοφορίας, βλάβη στην αντλία κυκλοφορίας του λαδιού ή απόφραξη των φίλτρων από στερεά κατάλοιπα μειώνει την παροχή λιπαντικού στη μηχανή και συνεπώς αυξάνει τη θερμοκρασία του. Οι αντίστοιχες βλάβες γίνονται αντιληπτές από τη διαφοροποίηση της πίεσεως στα αντίστοιχα σημεία. Στα φίλτρα η διαφορά πίεσεως πριν και μετά το φίλτρο δεν πρέπει να υπερβεί τις προκαθορισμένες τιμές του κατασκευαστή.

Σε περίπτωση παρατεταμένης υπερφορτίσεως της μηχανής αυξάνετε υπερβολικά η θερμοκρασία των τμημάτων του θαλάμου καύσεως με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού ψύξεως και του λιπαντικού. Ανάλογες καταστάσεις πρέπει να αποφεύγονται διότι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος καταστροφής της μηχανής. Βλάβες στο σύστημα ψύξεως της μηχανής έχουν ως επακόλουθο και την αύξηση της θερμοκρασίας του λιπαντικού. Εάν δεν λυθεί άμεσα το πρόβλημα στο δύκτιο ψύξεως ακολουθούν αλισυδοτά προβλήματα σε όλα τα σημεία της μηχανής που λιπαίνονται. Λανθασμένη επιλογή λιπαντικού με χαμηλό ιξώδες έχει ως αποτέλεσμα την εύκολη ροή του λιπαντικού από τα διάκενα των εδράνων και τη δυσκολία διατηρήσεως της λιπαντικής μεμβράνης. Συνεπώς αυξάνεται ο κίνδυνος ξηρής τριβής, ακολουθεί τοπική αύξηση της θερμοκρασίας των εδράνων και του λιπαντικού οπότε μειώνετε επιπλέον το ιξώδες και επιδιδνώνεται το πρόβλημα. Η αλισυδοτή αυτή διαδικασία έχει ως τελικό αποτέλεσμα την καταστροφή της μηχανής, εάν δεν υπάρξει άμεση αντίδραση

απο το προσωπικό του μηχανοστασίου. Κακός χρονισμός της εγχύσεως μπορεί να έχει ως συνέπεια την υπερθέρμανση του αντίστοιχου κυλίνδρου. Ακολουθεί αλυσιδοτά η αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων στον αντίστοιχο κίλυδρο και επεββαιώνεται με την λήψη δυναμοδεικτικού διαγράμματος.

Δ) Ανάμειξη του λιπαντικού με νερό.

Η πιθανότητα αναμείξεως του λιπαντικού με θαλασσινό νερό υπάρχει μόνο στον εναλλάκτη θερμότητας εφόσον υπάρχει διαρροή. Τότε κατά τη λειτουργία της μηχανής θα υπάρχει διαρροή λιπαντικού προς το δύκτιο θαλασσινού νερού λόγο υψηλότερης πίεσεως λειτουργίας του αντίστοιχου δυκτίου. Η διαρροή αυτή γίνεται αντιλιπτή απο την πτώση της πίεσεως του λιπαντικού. Κατά την κράτηση της μηχανής και εφόσον δεν λειτουργεί η αντλία λαδιού επειδή επικρατεί μεγαλύτερη πίεση απο την πλευρά του ψυκτικού μέσου εισέρχεται θαλασσινό νερό στο εσωτερικό του εναλλάκτη με αποτέλεσμα την καθολική ρύπανση του λιπαντικού και την υποχρεωτική αντικατάσταση του. Αυτό συνέβαινε μόνο στις παλαιότερες εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούσαν ως ψυκτικό μέσο θαλασσινό νερό. Στίς νεότερες εγκαταστάσεις η χρήση κεντρικού συστήματος ψύξης με γλυκό νερό αποκλείει την ανάμειξη του λιπαντικού με θαλασσινό νερο. Εάν υπάρξει ανάμειξη του λιπαντικού με το νερό του κεντρικού συστήματος ψύξεως αυτο αποβάλεται στους φυγοκεντρικούς καθαριστές χωρίς αλλες επιπτώσεις. Αποβάλεται όμως η άμεση αποκατάσταση της βλάβης η οποία γίνεται αντιλιπτή απο τον αυξημένο αριθμό αποβολής νερού στους φυγοκεντρικούς διαχωριστές λιπαντικού καθώς και απο την πτώση της στάθμης του νερού στην αντίστοιχη δεξαμενή του κεντρικού σύστηματος ψύξεως.

Ε) Αύξηση της καταναλώσεως του λιπαντικού.

Ολες οι ΜΕΚ κατά τη λειτουργία τους καταναλώνουν ποσότητες λιπαντικού. Τα όρια καταναλώσεως τα καθορίζει ο κατασκευαστής της μηχανής. Σε περίπτωση αυξημένης καταναλώσεως λιπαντικού αυξάνεται το κόστος λειτουργίας της μηχανής και η εκπομπή των ρυπών στο περιβάλλον αποτελεί δε αυτό μια απο τις ασφαλέστερες ενδειξής για την ανάγκη επισκευής της

μηχανής. Οι συνηθέστερες αιτίες αυξημένης καταναλώσεως του λιπαντικού είναι οι ακόλουθες:

- Μεγάλη αύξηση των φθορών των ελατηρίων.
- Μεγάλα διάκενα στις υποδοχές των ελατηρίων.
- Κολλημένα ελατήρια.
- Λανθασμένη τοποθέτηση ή κακή επιλογή ελατηρίων.
- Φραγμένες οπές αποστραγγίσεως του λιπαντικού στις υποδοχές των ελατηρίων του εμβόλου ή λανθασμένη τοποθέτηση του ελατηρίου λαδιού.
- Υπερβολική φθορά ή κακή λείανση των χιτωνίων.
- Υπερβολική λείανση του χιτωνιού από το σχηματισμό εξανθρακόματος περιφερειακά της κορώνας του εμβόλου.
- Μεγάλη αύξηση των διάκενων στους οδηγούς των βαλβίδων.
- Υπερβολική παροχή κυλινδρέλαιου στους κυλίνδρους από τις ογκομετρικές αντλίες (λουμπρικές).
- Υψηλή πίεση προσαγωγής λιπαντικού.
- Χαμηλό ιξώδες λιπαντικού.
- Υψηλή θερμοκρασία του λιπαντικού στην έξοδο του ψυγείου λαδιού.
- Συχνή αποβολή κατακαθίσεων από τους φυγοκεντρικούς διαχωριστές λαδιού.
- Υπερθέρμανση του εμβόλου.

Αυξημένη κατανάλωση λιπαντικού παρατηρείται στις εμβολοφόρες μηχανές μετά την πάροδο μεγάλου χρονικού διαστήματος χωρίς επισκευή. Κατά τη λειτουργία της μηχανής οι περισσότερες φθορές λόγω τριβών παρουσιάζονται στα ελατήρια του εμβόλου και στο χιτώνιο με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων διακένων. Με την αύξηση αυτή των διακένων ποσότητες λιπαντικού διαφεύγουν προς το θάλαμο καύσης όπου και καίγονται. Η κατανάλωση του λιπαντικού αυξάνεται ανάλογα με τις φθορές της μηχανής και γίνεται εύκολα αντιληπτή από την πτώση της στάθμης του λιπαντικού στη δεξαμενή καθώς και από το λευκό γαλαζωπό χρώμα των καυσαερίων.

Η αύξηση των φθορών των ελατηρίων ακολουθείτε από παράλληλη αύξηση των διάκενων στις υποδοχές των ελατηρίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αντλείτε λιπαντικό προς το θάλαμο καύσεως με την κίνηση των ελατηρίων

μέσα στις υποδοχές τους. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την αντικατάσταση των ελατηρίων από αντίστοιχα μεγαλύτερου πάχους.

Επακόλουθο των φθορών που προαναφέρθηκαν είναι και η δυσανάλογα η μεγάλη συγκέντρωση εξανθρακομάτων στα ελατήρια και στις υποδοχές των εμβόλων με αποτέλεσμα το κόλλημα των ελατηρίων. Αυτό με τη σειρά του έχει ως επακόλουθο την κακή στεγανότητα του κυλίνδρου και την αύξηση των διαρροών καυσαερίων περιφεριακά του εμβόλου.

Στις μηχανές χωρίς βάκτρο η διαφυγή καυσαερίων προς το στροφαλοθάλαμο μολύνει σε μεγάλο βαθμό το λιπαντικό αυξάνει δε την πιθανότητα εκρήξεως στο στροφαλοθάλαμο. Στις μηχανές με βάκτρο αυξάνεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς στον οχετό σαρώσεως. Με το κόλλημα των ελατηρίων αυξάνεται η κατανάλωση λιπαντικού και η αποβολή των ρύπων στο περιβάλλον. Λανθασμένη τοποθέτηση των ελατηρίων συμπίεσεως έχει ως αποτέλεσμα την πρόθηση λιπαντικού προς το θάλαμο καύσεως και την κακή στεγανοποίηση του. Ειδικά στην περίπτωση λανθασμένης τοποθέτησης των ελατηρίων λαδιού το πρόβλημα επιδίδνεται σημαντικά λόγω του σχήματος και του προορισμού του ελατηρίου αυτού.

Αντίστοιχα οι φραγμένες από εξανθρακώματα οπές αποστραγγίσεως του λαδιού εμποδίζουν την επιστροφή του στην ελαιολεκάνη με συνέπεια την αύξηση της καταναλώσεως με έντονο σχηματισμό εξανθρακομάτων στις αυλακώσεις τοποθετήσεως των ελατηρίων των εμβόλων και κόλλημα των ελατηρίων. Αυξημένη κατανάλωση του λιπαντικού προκαλεί υπέρμετρη λείανση ή υπερβολική φθορά του χιτωνίου. Επίσης η συσσώρευση εξανθρακομάτων περιμετρικά της κορώνας του εμβόλου κατά την παλινδρόμηση του λειαίνει υπερβολικά το χιτώνιο με αποτέλεσμα την ανεπαρκή συγκράτηση του λιπαντικού καθώς και την αύξηση της καταναλώσεώς του. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με τοποθέτηση αφαιρούμενου δακτυλίου μικρότερης διαμέτρου στο ανώτερο τμήμα του χιτωνίου. Ο δακτύλιος αυτός αποξενεί τα εξανθρακώματα προστατεύοντας το χιτώνιο.

Η αύξηση λόγω φθορών των διακένων στους οδηγούς των βαλβίδων επιτρέπει τη διαρροή λιπαντικού προς το θάλαμο καύσεως και αυξάνει την κατανάλωση λιπαντικού. Σε προχωρημένη φθορά των οδηγών το φαινόμενο γίνεται αντιληπτό και από το χρώμα των καυσαερίων.

Στις μεγάλες δίχρονες πετρελαιομηχανές η παροχή κιλυνδρέλαιου στα χιτώνια πρέπει να ρυθμίζεται με εξαιρετική ακρίβεια. Στην περίπτωση μειωμένης παροχής υπάρχει κίνδυνος αυξημένων φθορών στο χιτώνιο και στα ελατηρια. Στην αντίθετη περίπτωση αυξάνεται η κατανάλωση κιλυνδρέλαιου καθώς και ο κίνδυνος πυρκαγιάς στον οχετό σαρώσεως ενώ προκαλείται υπέρμετρη παραγωγή ρύπων.

Στις μεσόστροφες πετρελαιομηχανές η υψηλή πίεση προσαγωγής λιπαντικού οδηγεί αυξημένη ποσότητα λιπαντικού στα έμβολα και την λίπανση του χιτωνίου οπότε αυξάνετε παράλληλα και η κατανάλωση λιπαντικού. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχει και η μείωση του ιξώδους του λιπαντικού αφού ευνοείται η διαρροή του λιπαντικού μέσα από τα ελατήρια και από τους οδηγούς των βαλβίδων. Το μειωμένο ιξώδες μπορεί να προκληθεί από αυξημένη θερμοκρασία λιπαντικού στην έξοδο του εναλλάκτη.

Κακή καύση και σχηματισμός εξανθρακωμάτων ρυπαίνουν το λιπαντικό στις μηχανές χωρίς το βάκτρο οπότε αυξάνετε η συχνότητα αποβολής ιζιμάτων στους φυγοκεντρικούς διαχωριστές.

Υπερθέρμανση του εμβόλου ειδικά στις δίχρονες πετρελαιομηχανές οδηγεί στην αύξηση της κατανάλωσης λιπαντικού και δημιουργία εξανθρακωμάτων και από το ίδιο το λιπαντικό. Αυτό γίνεται αντιληπτό από την άνοδο των θερμοκρασιών αλλά και από την αυξημένη αποβολή ιζιμάτων στους φυγοκεντρικούς διαχωριστές.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΛΙΠΑΝΤΙΚΟΥ ΣΤΗ ΝΤΙΖΕΛΟΜΗΧΑΝΗ

Στη μηχανή χρησιμοποιείται λιπαντικό έλαιο για τους παρακάτω λόγους:

- Για να αποτρέψει επαφή μετάλλου - μετάλλου ανάμεσα σε κινούμενα μέρη.
- Για να βοηθήσει στην ψύξη της μηχανής.
- Για να δημιουργήσει μία στεγανοποίηση ανάμεσα στους δακτυλίους του εμβόλου και του τοίχου του κυλίνδρου.
- Για να βοηθήσει στο να κρατηθεί το εσωτερικό των τοίχων του κυλίνδρου καθαρό από λάσπη και βερνίκι.

Μία άμεση επαφή κινούμενου μετάλλου - μετάλλου έχει μία επίδραση συγκρίσιμη με της τριβής. Αυτή η επίδραση είναι εξαιτίας μικροσκοπικών

ανωμαλιών στις επιφάνειες, και η δριμύτητά της εξαρτάται από την υφή και τη δύναμη των εφαπτόμενων επιφανειών καθώς και τη σχετική σκληρότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών. Λιπαντικό έλαιο χρησιμοποιείται για να γεμίσει αυτές τις μικροσκοπικές ανωμαλίες και να διαμορφώσει μία λεπτή στεγανοποιητική επιφάνεια ανάμεσα στις ολισθαίνουσες επιφάνειες, ούτως ώστε να εμποδίζονται υψηλές απώλειες τριβής, γρήγορη φθορά της μηχανής και πολλές λειτουργικές δυσκολίες. Απουσία αυτής της στρώσης λαδιού σε μαγκωμένα ή παγωμένα πιστόνια, και κολλημένους δακτυλίους πιστονιών. Οι υψηλές πιέσεις αέρα και καυσίμου στις μηχανές ντίζελ μπορεί να προκαλέσουν διαρροή καυσαερίων ανάμεσα από τους δακτυλίους των πιστονιών αν το λιπαντικό έλαιο δε δημιουργήσει μία στεγανοποίηση ανάμεσα σε αυτά τα μέρη.

Το λιπαντικό υγρό χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην ψύξη με το να μεταφέρει ή να οδηγεί μακριά τη θερμότητα από τοπικές θερμές περιοχές στη μηχανή. Η θερμότητα απάγεται από τα ρουλεμάν, τις κορυφές των πιστονιών και άλλα μέρη της μηχανής με το λιπαντικό έλαιο. Ο όγκος του λιπαντικού ελαίου που κυκλοφορεί είναι αυτό που καθιστά εφικτή την ψύξη της μηχανής. Για παράδειγμα, κάτω από κανονικές συνθήκες, ένας κύλινδρος 8x10 ιντσών απαιτεί περίπου 24 σταγόνες ελαίου ανά λεπτό για τη λίπανση του κυλινδρικού τοιχώματος. Παρά ταύτα κάποιες μηχανές κυκλοφορούν περίπου 40 γαλόνια ανά λεπτό. Αυτό δείχνει πόσο από λιπαντικό χρησιμοποιείται για ψυκτικούς σκοπούς. Το λιπαντικό έλαιο που χρησιμοποιείται για να σχηματίσει στεγανοποίηση ανάμεσα στους δακτυλίους των πιστονιών και τα τοιχώματα των κυλινδρών ή σε οποιαδήποτε άλλη θριπτόμενη ή ολισθαίνουσα επιφάνεια πρέπει να έχει τις ακόλουθες προδιαγραφές

- Η στρώση ελαίου πρέπει να είναι αρκετού πάχους και δύναμης και πρέπει να μπορεί να συντηρείται κάτω από όλες τις συνθήκες λειτουργίας.
- Η θερμοκρασία του ελαίου κατά τη λειτουργία πρέπει να είναι περιορισμένη.
- Κάτω από την κανονική θερμοκρασία αλλαγής, το έλαιο πρέπει να μένει σταθερό.

- Το έλαιο δεν πρέπει να έχει διαβρωτική επιρροή στις μεταλλικές επιφάνειες.

Είναι σημαντικό όχι μόνο να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος λαδιού, αλλά και να παρασχεθεί στις κατάλληλες ποσότητες και την κατάλληλη θερμοκρασία. Επιπρόσθετα, καθώς ατέλειες εισέρχονται στο σύστημα, πρέπει να αφαιρούνται. Μηχανές ντίζελ που χρησιμοποιούνται σε υποβρύχια τύπου τρέχοντος στόλου χρησιμοποιούν ένα κεντρικό σύστημα λίπανσης τροφοδοσίας. Σ' αυτό το σύστημα έχει ενσωματωθεί ένας ψύκτης ελαίου ή εναλλάκτης θερμότητας στον οποίο το καυτό λάδι από τη μηχανή μεταφέρει τη θερμότητά του σε γλυκό νερό που κυκλοφορεί. Το γλυκό νερό μετά ψύχεται από το θαλάσσιο νερό που κυκλοφορεί μέσα στον ψύκτη γλυκού νερού. Το θερμό θαλάσσιο νερό μετά οδηγείται με σωλήνες έξω από το σκάφος.

Για να διατηρηθεί δυνατή η στρώση ή ο όγκος του ελαίου κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, ένα λιπαντικό έλαιο πρέπει να έχει σταθερότητα. Η σταθερότητα του λαδιού θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε μία κατάλληλη στρώση λαδιού να διατηρείται καθ' όλο το θερμοκρασιακό εύρος της μηχανής. Μία τέτοια στρώση θα βεβαιώνει αρκετή λίπανση ή αντοχή στρώσης ανάμεσα στο πιστόνι και τα τοιχώματα του κυλίνδρου ώστε το μερικώς καμένο καύσιμο και τα καυσαέρια να μπορούν να περάσουν από τον δακτύλιο του πιστονιού και να σχηματίσουν λάσπη.

ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ.

Το λιπαντικό έλαιο είναι το προϊόν της κλασματικής απόσταξης αργού πετρελαίου. Λιπαντικά έλαια που αποκτώνται από συγκεκριμένους τύπους αργού πετρελαίου είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στη μηχανή ντίζελ από ό,τι άλλα, επομένως ήταν παλιότερα εξαιρετικά σημαντικό να έλαια να κατασκευάζονταν από αργό πετρέλαιο με το ελάχιστο δυνατό ποσοστό ανεπιθύμητων συστατικών. Μοντέρνες μέθοδοι επεξεργασίας, με την εφαρμογή κλασματοποίησης, φιλτραρίσματος, επεξεργασίας διαλύτη, όξινης επεξεργασίας και υδρογόνωσης, έχουν παρά ταύτα καταστήσει δυνατό να

παράγονται ικανοποιητικά λιπαντικά έλαια από σχεδόν κάθε τύπο αργού πετρελαίου.

Για να σιγουρευτεί ικανοποιητική απόδοση πρέπει ένα λιπαντικό έλαιο να έχει συγκεκριμένες φυσικές ιδιότητες που καθορίζονται από διάφορους τύπους ελέγχων. Αυτοί οι έλεγχοι δίνουν κάποια ένδειξη του πώς μπορεί το έλαιο να αποδώσει στην πράξη, αν και ο έλεγχος υπό πραγματικές συνθήκες λειτουργίας είναι το μόνο κριτήριο για την ποιότητα του ελαίου. Μερικοί από τους ελέγχους μέσω των οποίων το έλαιο δοκιμάζεται αν είναι σύμφωνο με της προδιαγραφές του Ναυτικού είναι οι εξής:

- **Ιξώδες:** Το ιξώδες ενός ελαίου είναι ένα μέτρο της εσωτερικής τριβής του ρευστού. Το ιξώδες γενικά θεωρείται ως η πιο σημαντική ιδιότητα ενός λιπαντικού ελαίου καθώς η τριβή, η φθορά και η κατανάλωσή του είναι πάνω κάτω εξαρτημένες από αυτό το χαρακτηριστικό.
- **Σημείο έγχυσης:** Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα έλαιο μόλις που εγχύνεται από ένα δοχείο είναι το σημείο έγχυσης. Λιπαντικά έλαια υψηλού σημείου έγχυσης συνήθως προκαλούν δυσκολία εκκίνησης σε κρύο καιρό εξαιτίας της αδυναμίας της αντλίας ελαίου να αντλήσει το έλαιο μέσω του συστήματος λίπανσης
- **Υπόλειμμα άνθρακα:** Η ποσότητα του άνθρακα που απομένει αφού το λιπαντικό έλαιο έχει εξατμιστεί είναι γνωστή ως υπόλειμμα άνθρακα. Ο έλεγχος υπολείμματος άνθρακα δίνει μία ένδειξη της ποσότητας του άνθρακα που μπορεί να εναποτεθεί σε μία μηχανή. Υπερβολικός άνθρακας σε μία μηχανή οδηγεί σε λειτουργικές δυσκολίες.
- **Σημείο ανάφλεξης:** Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία οι ατμοί ενός θερμού ελαίου αναφλέγονται ονομάζεται σημείο ανάφλεξης του ελαίου. Το σημείο ανάφλεξης είναι το μέτρο κινδύνου πυρκαγιάς που χρησιμοποιείται στο να καθοριστεί ο κίνδυνος αποθήκευσης. Πρακτικά όλα τα έλαια έχουν σημεία ανάφλεξης που είναι αρκετά υψηλό ώστε να μηδενίζεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς κατά την αποθήκευση.
- **Διάβρωση:** Η τάση ενός ελαίου να διαβρώνει τα μέρη της μηχανής είναι γνωστή ως η διαβρωτική ιδιότητα του λιπαντικού ελαίου. Η εμφάνιση ελάσματος χαλκού εμβαπτισμένου σε έλαιο 100°C για 3 ώρες

πιστευόταν παλαιότερα πως δείχνει τη διαβρωτική τάση ενός ελαίου. Αυτός ο έλεγχος, όμως, δεν είναι απαραίτητα το κριτήριο της διαβρωτικής τάσης νέων σύνθετων ελαίων, μερικά από τα οποία πράγματι σκουραίνουν το έλασμα, αλλά δεν είναι διαβρωτικά σε συνθήκες λειτουργίας. Το διαβρωτικό έλαιο έχει την τάση να τρώει τα μαλακά μέταλλα των ρουλεμάν, δημιουργώντας σοβαρό πρόβλημα στο ρουλεμάν.

- **Νερό και ίζημα:** Το νερό και το ίζημα σε ένα λιπαντικό έλαιο είναι συνήθως αποτέλεσμα ακατάλληλης χρήσης και αποθήκευσης. Το λιπαντικό έλαιο θα πρέπει να είναι καθαρό από ιζήματα και νερό κατά την αναχώρησή του από τον καθαριστή και την άφιξή του στη μηχανή.
- **Οξύτητα και αριθμός εξουδετέρωσης:** Ο έλεγχος αριθμού εξουδετέρωσης δείχνει την ποσότητα υδροξειδίου του καλίου, σε मिलigrammária (mgr) που είναι απαραίτητη για να εξουδετερώσει ένα γραμμάριου εξεταζόμενου ελαίου. Είναι, άρα, ανάλογος του συνολικού παρόντος οργανικού και ορυκτού οξέως. Τα αποτελέσματα είναι συχνά παραπλανητικά ή υπόκεινται σε παρερμηνείες, αφού ο έλεγχος δεν ξερίζει ανάμεσα σε διαβρωτικά και μικροδιαβρωτικά οξέα, όποια και από τα δύο να είναι παρόντα. Η κύρια βλάβη που προκαλείται από την παρουσία οργανικού οξέως (που είναι μη διαβρωτικό) είναι η τάση του να γαλακτώνεται με το νερό. Αυτό το γαλάκτωμα μαζεύει επιμολυντικά στοιχεία που είναι μία λάσπη που μπορεί να παρέμβει στην κατάλληλη κυκλοφορία ελαίου. Ο αριθμός εξουδετέρωσης των νέων ελαίων είναι τόσο χαμηλός που είναι αμελητέας σημασίας.
- **Γαλάκτωση:** Η ικανότητα ενός ελαίου να ξεχωρίζει από το νερό που χρησιμοποιείται είναι γνωστή ως η γαλακτοποίηση του λιπαντικού ελαίου. Η γαλακτοποίηση ενός καινούριου ελαίου έχει μικρή σημασία. Δύο έλαια που έχουν διαφορετικές γαλακτοποιητικές τάσεις όταν είναι καινούρια, μπορεί να έχουν την ίδια γαλακτοποιητική τάση αφού χρησιμοποιηθούν σε μηχανή εσωτερικής καύσης για ορισμένες ώρες. Η γαλακτοποίηση ενός ελαίου που έχει χρησιμοποιηθεί για κάποια ώρα είναι σημαντική.

- **Ελαιότητα ή αντοχή στρώσης:** Η ικανότητα ενός λιπαντικού ελαίου να διατηρεί την λίπανση ανάμεσα σε ολισθαίνουσες ή κινούμενες επιφάνειες υπό πίεση και σε τοπικές περιοχές υψηλή θερμοκρασίας είναι γνωστή ως η ελαιότητα ή η αντοχή στρώσης του ελαίου. Η αντοχή στρώσης είναι το αποτέλεσμα διάφορων ιδιοτήτων του ελαίου, η πιο σημαντική από τις οποίες είναι το ιξώδες.
- **Χρώμα:** Το χρώμα ενός λιπαντικού ελαίου είναι χρήσιμο μόνο για σκοπούς ταυτοποίησης και δεν έχει καθόλου σχέση με της λιπαντικές του ιδιότητες. Αν το χρώμα ενός ελαίου χωρίς πρόσθετα δεν είναι ομοιόμορφο, μπορεί να είναι ένδειξη παρουσίας ατελειών: παρά ταύτα, σε λιπαντικά έλαια με πρόσθετα, ανομοιόμορφο χρώμα δε σημαίνει τίποτα.
- **Τέφρα:** Το περιεχόμενο τέφρας ενός ελαίου είναι ένα μέτρο της ποσότητας του παρόντος άκαυστου υλικού που θα μπορούσε να προκαλέσει τρίψιμο ή χάραξη των κινούμενων μερών.
- **Ειδικό Βάρος:** Το ειδικό βάρος δεν είναι δείκτης ποιότητας, αλλά είναι μονάχα χρήσιμο για υπολογισμό βάρους και όγκου.
- **Θείο:** Ο έλεγχος για θείο δείχνει το συνολικό περιεχόμενο σε θείο και δεν ξεχωρίζει ανάμεσα σε διαβρωτικές και μη διαβρωτικές μορφές. Μία κάποια ποσότητα μη διαβρωτικού θείου είναι επιτρεπτή, αλλά τα διαβρωτικά στοιχεία πρέπει να εξαλείφονται εξαιτίας της τάσης τους να σχηματίζουν οξύ όταν συνδυάζονται με υδρατμούς.
- **Απορρυπαντικότητα:** Η ικανότητα ενός ελαίου να αφαιρεί ή να εμποδίζει την συγκέντρωση επιθεμάτων άνθρακα είναι γνωστή ως απορρυπαντική ισχύς.

ΙΞΩΔΕΣ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ.

Το ιξώδες ενός λιπαντικού ελαίου στη θερμοκρασία λειτουργίας της μηχανής είναι μία από τις πιο σημαντικές αποφάσεις στην επιλογή ελαίου, επειδή το ιξώδες είναι το χαρακτηριστικό που καθορίζει την πυκνότητα της στρώσης και την ικανότητα να αντιστέκεται στο να αποστραγγίζεται. Το ιξώδες

ενός ελαίου αλλάζει με τη θερμοκρασία. Γι' αυτό, το ιξώδες θα πρέπει να μετριέται στη θερμοκρασία του συγκεκριμένου μηχανικού μέρους το οποίο και θα λιπώνει. Από τη σκοπιά της λίπανσης, η μηχανές μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κλάσεις, αυτές στις οποίες τα πιστόνια και οι στηρίξεις λαδώνονται χωριστά κι αυτές στις οποίες χρησιμοποιείται μόνο ένα λιπαντικό σύστημα. Αν υπάρχουν χωριστά λιπαντικά συστήματα για κυλίνδρους και ρουλεμάν, είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν δύο πυκνότητες ελαίου, το βαρύ για τους κυλίνδρους και το μεσαίο για τα ρουλεμάν. Η θερμοκρασία λειτουργίας που υπόκειται το έλαιο στους κυλίνδρους είναι φυσικά πολύ υψηλότερη από αυτή στα ρουλεμάν. Επίσης, η κίνηση στον κύλινδρο είναι ολίσθησης κα άρα είναι απαραίτητο ένα βαρύτερο έλαιο για να παρέχει αρκετό σώμα ώστε να αποφεύγεται η μεταλλική επαφή και φθορά. Όμως, στα ρουλεμάν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες και η περιστροφή τείνει να δημιουργεί μία ρευστή στρώση που επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ελαφρύτερο έλαιο. Όταν ένα μοναδικό λιπαντικό σύστημα παρέχει έλαιο στους κυλίνδρους και στα ρουλεμάν, είναι απαραίτητο να γίνει συμβιβασμός σε ένα έλαιο που θα κάνει τη βέλτιστη δουλειά και στα δύο μέρη. Όλες οι σύγχρονες μηχανές ντίζελ υποβρυχίων είναι του δεύτερου τύπου, έχοντας ένα σύστημα λίπανσης.

Όμως η θερμοκρασία δεν είναι ο μόνος παράγοντας στην επιλογή ελαίου κατάλληλου ιξώδους. Η διατομή εξόδου, η ταχύτητα και η πίεση είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες. Τα αποτελέσματά τους στο απαιτούμενο ιξώδες μπορούν να συνοψισθούν ακολούθως:

- Μεγαλύτερες έξοδοι πάντα απαιτούν υψηλότερο ιξώδες.
- Μεγαλύτερη ταχύτητα απαιτεί χαμλότερο ιξώδες.
- Μεγαλύτερο φορτίο απαιτή υψηλότερο ιξώδες.

Γι' αυτό, το έλαιο που επιλέγεται για μία μηχανή ντίζελ είναι ένας συμβιβασμός ανάμεσα σε έλαιο υψηλού και χαμηλού ιξώδους, αλλά το ιξώδες δεν μπορεί να είναι τόσο χαμηλό ώστε η στρώση ελαίου να είναι πολύ λεπτή για ικανοποιητική λίπανση. Από την άλλη, έλαιο υψηλότερου ιξώδους από όσο χρειάζεται δεν πρέπει να χρησιμοποιείται γιατί:

- Ένα έλαιο υψηλού ιξώδους αυξάνει την τριβή εκκίνησης.

- Αυξημένη τριβή αυξάνει τη θερμοκρασία του ελαίου, προωθώντας έτσι την οξειδωση.
- Τα πιο πηκτά έλαια έχουν συνήθως υψηλό απόθεμα άνθρακα.
- Ένα έλαιο υπερβολικού ιξώδους υπερφορτώνει την αντλία ελαίου με πιθανή ανεπαρκή παροχή σε ορισμένα κινούμενα μέρη.

Για πρακτικούς σκοπούς το ιξώδες καθορίζεται από τον αριθμό των δευτερολέπτων που χρειάζονται για μία δεδομένη ποσότητα ελαίου να ρεύσει διαμέσου μίας τυποποιημένης οπής σε δοσμένη θερμοκρασία. Για τα ελαφρά έλαια το ιξώδες μετράται στους 54°C και για τα βαρύτερα στους 154°C. Ο μετρητής ιξώδους τύπου Saybolt με ενιαία οπή χρησιμοποιείται για να καθοριστεί το ιξώδες των λιπαντικών ελαίων. Όσο περισσότερο χρόνο χρειάζεται ένα έλαιο για να ρεύσει διαμέσου της οπής, δε δεδομένη θερμοκρασία, τόσο βαρύτερο ή πηκτότερο θεωρείται το έλαιο.

Έλεγχοι. Οι έλεγχοι ιξώδους συχνά διεξάγονται μέσα στο σκάφος για να καθοριστεί το μέγεθος της διάλυσης που προκαλείται από τη διαρροή καύσιμου ελαίου στο σύστημα λιπαντικού ελαίου. Ο έλεγχος γίνεται με ένα Visgage (Εικόνα 1), ένα μικρό όργανο που αποτελείται από δύο γυάλινους σωλήνες, καθένας από τους οποίους περιέχει μία χαλύβδινη μπάλα και μία κλίμακα ρυθμισμένη να μετρά ενιαία δευτερόλεπτα Saybolt (SSU από δω και στο εξής) στους 37,7°C. Ένας από τους γυάλινους σωλήνες είναι σφραγισμένος και περιέχει υγρό γνωστού ιξώδους. Ο άλλος έχει ένα ακροφύσιο στη μία άκρη και περιέχει ένα έμβολο με το οποίο τραβιέται το υπό εξέταση έλαιο μέσα στο σωλήνα. Το όργανο πρέπει να θερμανθεί με το χέρι για μερικά λεπτά έτσι ώστε η θερμοκρασία του ελαίου – δείγματος να είναι ίδια με αυτήν του σφραγισμένου ελαίου στο σωλήνα αναφοράς. Μετά, ξεκινώντας και με τις δύο χαλύβδινες μπάλες στο μηδενικό σημάδι της κλίμακας, το όργανο στρέφεται έτσι ώστε οι μπάλες να κινηθούν μέσα στο έλαιο. Τη στιγμή που η μπάλα θα φτάσει στο σημείο 200 στο τέλος της κλίμακας, η θέση της άλλης μπάλας σημειώνεται. Η ένδειξη είναι το ιξώδες του ελαίου – δείγματος σε SSU στους 37,7°C.

Το ποσοστό διάλυσης του λιπαντικού ελαίου στο καύσιμο ντίζελ καθορίζεται από τον πίνακα μείξης ιξώδους. Ο πίνακας είναι ουσιαστικά ένα

γράφημα του ιξώδους του ελαίου αναφορικά με το ποσοστό. Και η δεξιά και η αριστερή οριακή γραμμή σημειώνονται βάσει ιξώδους SSU. Οι οριζόντιες γραμμές χωρίζονται σε ποσοστά επί τοις εκατό, από το 0 ως το 100. Χρησιμοποιώντας έναν πίνακα μείξης ιξώδους, μία γραμμή τραβιέται ανάμεσα στο ιξώδες του λιπαντικού ελαίου που σημειώνεται στην αριστερή οριακή γραμμή και το ιξώδες του καύσιμου ντίζελ που σημειώνεται στη δεξιά οριακή γραμμή. Αυτή η γραμμή αντιπροσωπεύει μόνο ένα συγκεκριμένο ιξώδες λιπαντικού ελαίου. Ο Πίνακας 1 είναι ένα διευρυμένο κομμάτι ενός τμήματος του γραφήματος μείξης ιξώδους με γραμμές τραβηγμένες για τα λιπαντικά έλαια που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στο Ναυτικό και με το ανάλογο σύμβολο για το καθένα. Για να καθοριστεί το ποσοστό διάλυσης ενός λιπαντικού ελαίου, παίρνεται το ιξώδες ενός δείγματος ελέγχου από το χρησιμοποιούμενο έλαιο, συνήθως με ένα Visgage. Η τομή αυτής της βαλβίδας στο γράφημα με τη που αντιστοιχεί στο έλαιο με το αντίστοιχο Ναυτικό σύμβολο σε χρήση δίνει μία απευθείας τιμή για το ποσοστό διάλυσης στην οριζόντια κλίμακα.

Απορρυπαντικά λιπαντικά έλαια.

Τα απορρυπαντικά ή *πρόσθετα* έλαια (όπως συνήθως αποκαλούνται) αποτελούνται από μία βάση ορυκτού ελαίου στο οποίο έχουν προστεθεί χημικά πρόσθετα. Ο πρόσθετος παράγων έχει τα ακόλουθα ευεργετικά αποτελέσματα στην επίδοση του βασικού λιπαντικού:

- Ενεργεί σαν καταστολέας οξειδωσης.
- Βελτιώνει τη φυσική απορρυπαντική δράση του ελαίου.
- Βελτιώνει τη συνάφεια του ελαίου με μεταλλικές επιφάνειες.

Για χρήση στο Ναυτικό, χρησιμοποιούνται απορρυπαντικά λιπαντικά έλαια υψηλών αντοχών της σειράς 9000 στις περισσότερες εγκαταστάσεις Ντίζελ. Η χρήση τέτοιων ελαίων σε μία μηχανή Ντίζελ έχω ως αποτέλεσμα τη μείωση των κολλημάτων των δακτυλίων και την εμφάνιση γόμματος ή βερνικίου στο πιστόνι και σε άλλα μέρη της μηχανής. Σε βρώμικες μηχανές, ένα υψηλής αντοχής απορρυπαντικό έλαιο θα αφαιρέσει σταδιακά κολλώδεις και ανθρακικές εναποθέσεις. Το υλικό που μεταφέρεται στην ανάρτηση μέσα στο λάδι τείνει να αποφράσσει τα φίλτρα ελαίου σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Κανονικά, μία βρώμικη μηχανή θα καθαρίζεται με μία ή δύο γομμώσεις της δεξαμενής, ανάλογα με την κατάσταση της μηχανής και την ποσότητα του ελαίου που χρησιμοποιείται. Κατά τη διεργασία καθαρισμού, ο χρήστης θα πρέπει να στραγγίζει τη δεξαμενή και να καθαρίζει το φίλτρο αν ο μετρητής ελαίου δείχνει ανεπαρκή ροή. Στη χρήση απορρυπαντικού ή πρόσθετου τύπου ελαίων πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής σημεία:

- Όλα τα εγκεκριμένα από το Ναυτικό έλαια είναι αναμίξιμα. Εντούτοις, για να επιτευχθεί το μέγιστο πλεονέκτημα από τα πρόσθετα έλαια, δεν πρέπει να αναμειγνύονται με σκέτα ορυκτέλαια εκτός από περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.
- Τα απορρυπαντικά έλαια στην εγκεκριμένη λίστα είναι μη διαβρωτικά. Αν τα ρουλεμάν ή οι επιφάνειες τριβής βρεθούν διαβρωμένες, είναι πιθανόν ότι η ευθύνεται η επιμόλυνση του ελαίου με νερό ή μερικώς καμένο καύσιμο. Είναι σημαντικό τα συστήματα καυσίμων να διατηρούνται σε καλή κατάσταση και ρύθμιση ανά πάσα στιγμή. Η παρουσία νερού ή μερικώς καμένου καυσίμου στο λιπαντικό έλαιο πρέπει σε κάθε περίπτωση να αποφεύγεται, είτε χρησιμοποιείται ορυκτέλαιο είτε απορρυπαντικό έλαιο. Παρά ταύτα, μικρές ποσότητες νερού στα έλαια της σειράς με Ναυτικό σύμβολο 9000 δεν είναι περισσότερο βλαβερή από την ίδια ποσότητα νερού σε σκέτα ορυκτέλαια. Δε θα προκαλέσουν αφρό ούτε τα πρόσθετα θα διαρρεύσουν.

Λάσπη.

Σχεδόν κάθε τύπος κολλώδους ή ανθρακούχου υλικού που συγκεντρώνεται στον κύλινδρο ισχύος καλείται λάσπη. Η παρουσία λάσπης είναι επικίνδυνη για αρκετούς λόγους:

- Η λάσπη μπορεί να αποφράξει τη διαχωριστική επιφάνεια της αντλίας ελαίου ή να συγκεντρωθεί στην άκρη του αγωγού που οδηγεί στο ρουλεμάν, εμποδίζοντας έτσι το έλαιο να φτάσει στα μέρη για λίπανση.
- Η λάσπη θα επικαλύψει το στροφαλοθάλαμο, θα ενεργήσει ως μόνωση, θα απομονώσει τη θερμότητα μέσα στη μηχανή, θα αυξήσει τη θερμοκρασία του ελαίου και θα προκαλέσει οξειδωση.

- Η λάσπη θα συγκεντρωθεί στην κάτω πλευρά των πιστονιών και θα τα μονώσει, αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία τους.
- Η λάσπη στο λιπαντικό έλαιο συμβάλλει επίσης στα κολλήματα των δακτυλίων του πιστονιού.

Η λάσπη συνήθως σχηματίζεται από μία ή ένα συνδυασμό των ακόλουθων αιτίων:

- Άνθρακας από τους θαλάμους ανάφλεξης.
- Άνθρακας από την εξάτμιση ελαίου σε θερμή επιφάνεια, όπως το κάτω μέρος του πιστονιού.
- Κολλώδεις, μερικώς καμένο καύσιμο και νερό που μπορεί να έχουν εισέλθει στο σύστημα.

Η λάσπη συχνά αιτιολογείται από τη διάσπαση του λιπαντικού ελαίου, αλλά αυτό δεν είναι γενικά σωστό.

Στη λάσπη συγκεντρώνονται διάφορα επικίνδυνα συστατικά, όπως σκόνη από την ατμόσφαιρα, σκουριά που προκαλείται από τη συμπύκνωση ατμού στη μηχανή και από μεταλλικά σωματίδια που προκύπτουν από τη φθορά και που συμβάλλουν στην πρόωρη φθορά των μερών και την τελική καταστροφή της μηχανής.

Λίπανση των ρουλεμάν.

Η κίνηση στον στροφέα είναι περιστροφική και το λάδι τείνει να συγκεντρώνεται σε σφήνα κάτω από τον στροφέα. Αυτή η σφήνα ελαίου σηκώνει τον στροφέα και πρακτικά εμποδίζει τη μεταλλική επαφή. Η δράση της στρώσης ελαίου εξηγείται στην Εικόνα 2, που απεικονίζει την υδροδυναμική θεωρία της λίπανσης. Αυτή η θεωρία, που περιλαμβάνει τον τέλειο διαχωρισμό των αντίθετων επιφανειών μίας ρευστής επιφάνειας, γίνεται εύκολα κατανοητή όταν ο μηχανισμός του σχηματισμού της στρώσης σε ένα απλό ρουλεμάν είναι γνωστός. Το διάγραμμα δείχνει πρώτα το ρουλεμάν σε ηρεμία με πρακτικά όλο το λιπαντικό στραγγισμένο έξω από την περιοχή του φορτίου. Τότε, καθώς ξεκινά η περιστροφή, σχηματίζεται μία στρώση ελαίου που χωρίζει το στροφέα από το ρουλεμάν. Όταν η περιστροφή ξεκινά με το χώρο καθαρισμού γεμάτο με έλαιο, υπάρχει η τάση του στροφέα να ανέβει ή

να κυλίσει το ρουλεμάν προς τα πάνω όπως ένας τροχός κυλάει στην ανηφόρα. Καθώς το κέντρο του ρουλεμάν δε συμπίπτει με το κέντρο του στροφέα, η περιοχή καθαρισμού έχει τη μορφή ημισελήνου με τις σφηνοειδείς άκρες της εκτατέρωθεν της επαφής ή της περιοχής του φορτίου. Εξαιτίας του γεγονότος ότι το λάδι είναι κολλώδες και κολλάει στο στροφέα, η περιστροφή προκαλεί το έλαιο να μαζευτεί στο σφηνοειδή χώρο μπροστά από την περιοχή πίεσης. Καθώς η περιστροφή αυξάνεται, περισσότερο έλαιο μεταφέρεται στη σφήνα από τον περιστρεφόμενο στροφέα, και αρκετή υδραυλική πίεση συγκεντρώνεται για να διαχωρίσει τελείως το στροφέα και το ρουλεμάν. Όταν αυτή η στρώση έχει σχηματιστεί, το φορτίο στο στροφέα τείνει να τον οδηγήσει να πέσει στο χαμηλότερο σημείο. Όμως, η πίεση που συγκεντρώνεται στην συγκλίνουσα στρώση μπροστά από την περιοχή πίεσης τείνει να σπρώξει το στροφέα στην άλλη πλευρά του ρουλεμάν. Η σφηνοειδής δράση του λαδιού συγκεντρώνει μία επιφανειακή πίεση δεκάδων ατμόσφαιρων. Εντούτοις, η πίεση της αντλίας λαδιού αρκεί να μπορεί να βεβαιώσει μία επαρκή παροχή ελαίου στα ρουλεμάν. Όλα τα ανοίγματα του ελαίου θα πρέπει να είναι στο τμήμα χαμηλής πίεσης του ρουλεμάν για να διατηρείται η πίεση της αντλίας λαδιού στο ελάχιστο. Η πίεση στα ρουλεμάν ντίζελ δεν είναι κανονικά πολύ πάνω από 69bar και μία στρώση ελαίου από σκέτο ορυκτέλαιο μπορεί συνήθως να αντέξει πιέσεις πάνω από 345bar. Το απαραίτητο ιξώδες για να παραχθεί η κατάλληλη επίστρωση ελαίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ένα τραχύ ή αδύναμο ρουλεμάν χρειάζεται περισσότερο πηκτό έλαιο από ένα λείο, καλώς τοποθετημένο ρουλεμάν. Οι έξοδοι των ρουλεμάν πρέπει πάντα να είναι αρκετές ώστε να σχηματίζουν μία στρώση ελαίου κατάλληλης πυκνότητας. Υπερβολικές έξοδοι στα ρουλεμάν μειώνουν την πίεση του ελαίου και μόνο ένα υπερβολικά πηκτό έλαιο θα παραμείνει ανάμεσα στις επιφάνειες των ρουλεμάν. Όσο μεγαλύτερο το φορτίο στο ρουλεμάν, τόσο μεγαλύτερο το απαραίτητο ιξώδες για να κινηθεί το φορτίο. Από την άλλη πλευρά, οι υψηλές ταχύτητες επιτρέπουν μία μείωση του ιξώδους επειδή η υψηλή ταχύτητα περιστροφής του άξονα βοηθάει να αυξάνεται η πίεση του ελαίου.

Προβλήματα και αστοχίες στα ρουλεμάν συνήθως μπορούν να αιτιολογηθούν από ακατάλληλη λίπανση. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα

είτε από την απουσία επαρκούς λιπαντικού ή από τη χρήση ακατάλληλου. Η απουσία του λιπαντικού μπορεί να συμβαίνει εξαιτίας της φθοράς του ρουλεμάν, του χαμηλού επιπέδου ελαίου, της χαμηλής πίεσής του και βουλωμένων περασμάτων λαδιού. Αστοχία, μέσω της χρήσης ακατάλληλου ελαίου, δημιουργείται όχι μόνο από εσφαλμένο αρχικό λιπαντικό, αλλά πιο συχνά από την παρατεταμένη χρήση ενός ελαίου που θα πρέπει να έχει αντικατασταθεί. Συγκεκριμένα, το ιξώδες είναι ευαίσθητο σε αλλαγές εξαιτίας διακυμάνσεων στη θερμοκρασία, διάλυση από άκαυστο καύσιμο και οξειδωση. Η διακύμανση της θερμοκρασίας των ρουλεμάν ελέγχεται από την κατάλληλη λειτουργία του συστήματος ψύξης. Λιπαντικά έλαια μπορεί να γίνουν διαβρωτικά κατά τη διάρκεια ζωής τους, εξαιτίας επιμόλυνσης με παράγωγα της καύσης ή εγγενή χαρακτηριστικά του ίδιου του ελαίου. Η διάβρωση των ρουλεμάν είναι φυσικά περισσότερο πιθανή να συμβεί σε υψηλές θερμοκρασίες.

Για την προστασία από τη διάβρωση, το λιπαντικό έλαιο πρέπει να αλλάζεται συχνά, ειδικά αν οι θερμοκρασίες του ελαίου είναι υψηλές ή αν χρησιμοποιούνται εύκολα διαβρώσιμα υλικά. Ένα σκαμμένο ρουλεμάν συνήθως δείχνει διάβρωση, που μπορεί να είναι εξαιτίας καυσίμου, λιπαντικού ή νερού.

Λίπανση του κυλίνδρου.

Το έλαιο που παρέχεται στους κυλίνδρους πρέπει να έχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Ελαχιστοποίηση της φθοράς και των απωλειών τριβής.
- Στεγανοποίηση των πιέσεων στους κυλίνδρους.
- Ψυκτική δράση.

Αν δε χρησιμοποιούνταν καθόλου λιπαντικό, οι μεταλλικές επιφάνειες θα τρίβονταν η μία πάνω στην άλλη και θα φθείρονταν γρήγορα, παράγοντας υψηλές θερμοκρασίες. Το έλαιο κυλίνδρου πρέπει να αποτρέπει, όσο το δυνατόν περισσότερο, κάθε μεταλλική επαφή με το να διατηρεί μία λιπαντική

στρώση ανάμεσα στις επιφάνειες. Επειδή το σώμα του ελαίου, ή το ιξώδες, καθορίζει την αντίσταση του λαδιού στην αποστράγγισή του, μπορεί να φαίνεται ότι όσο παχύτερο το έλαιο τόσο καλύτερα. Αυτό ισχύει όσον αφορά τη φθορά, αλλά υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες για να ληφθούν υπ' όψιν. Το σώμα του ελαίου που εμποδίζει τη στρώση από το να αφαιρείται από τις τριβόμενες επιφάνειες επίσης δημιουργεί και μία αντίσταση, που ανθίσταται στην κίνηση του πιστονιού και μειώνει την εξερχόμενη ισχύ της μηχανής. Επιπρόσθετα, ένα έλαιο υπερβολικά βαρύ δε ρέει άνετα, και σημεία στα κυλινδρικά τοιχώματα μακριά από το σημείο λίπανσης μπορεί να μένουν στεγνά, προκαλώντας τοπική φθορά. Πολύ βαρέα έλαια τείνουν να παραμένουν υπερβολικά στις θηλακώσεις του δακτυλίου και τις βάσεις του πιστονιού. Ενώ αυτή η κατάσταση μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερη κατανάλωση λαδιού, εν τέλει θα δημιουργήσει γομμωποίηση εξαιτίας της οξειδωσης του ελαίου και το τελικό αποτέλεσμα θα είναι κολλώδεις δακτύλιοι. Για τη λίπανση του κυλίνδρου, είναι γι' αυτό επιθυμητό να χρησιμοποιείται το ελαφρύτερο έλαιο που θα φτάνει για να λιπαίνει το κυλινδρικό τοίχωμα και το πιστόνι. Χρήση ελαφριού ελαίου θα έχει αποτέλεσμα στη γρηγορότερη ροή του ελαίου προς τα προς λίπανση μέρη, θα μειώσει τη φθορά εκκίνησης και θα ελαχιστοποιήσει τις εναποθέσεις άνθρακα. Αυτό θα οδηγήσει σε χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου, χαμηλότερες θερμοκρασίες, μεγαλύτερα διαστήματα ανάμεσα στις επισκευές και τελικά, χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Η κατανάλωση λιπαντικού ελαίου θα είναι μάλλον λίγο υψηλότερη, αλλά μόνο και μόνο η εξοικονόμηση καυσίμου θα αναπληρώσει με το παραπάνω το πρόσθετο έξοδο λίπανσης.

Η στεγανοποιητική λειτουργία του ελαίου είναι συνδεδεμένη με τη λιπαντική. Για να γίνει καλός στεγανοποιητής, το έλαιο πρέπει να παρέχει μία στρώση που δε θα φουσηθεί μακριά από το σημείο ανάμεσα στο εσωτερικό του δακτυλίου και το κυλινδρικό τοίχωμα ούτε από το χώρο καθαρισμού.

Το έλαιο βοηθάει στην ψύξη με το να εκπέμπει θερμότητα από το πιστόνι στο τοίχωμα του κυλίνδρου. Για να εκπληρώνει αυτή την προδιαγραφή, το έλαιο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ελαφρύτερο, καθώς με τα ελαφρά έλαια υπάρχει περισσότερη κίνηση της στρώσης ελαίου, μία συνθήκη που βοηθάει στην εκπομπή θερμότητας.

Προδιαγραφές του ναυτικού και σύμβολα για λιπαντικά έλαια.

Οι συμβολικοί αριθμοί που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση Ναυτικών λιπαντικών ελαίων είναι για την άμεση ταυτοποίησή τους όσον αφορά τη χρήση και το ιξώδες. Ο παρακάτω πίνακας δίνει μία λίστα ταξινόμησης όσον αφορά τη χρήση:

Σειρά	Ταξινόμηση	Παραδείγματα
1000	Έλαια αεροπορίας	1065, 1080, 1100, 1120, 1150
2000	Έλαια αναγκαστικής παροχής (ιξώδες μετρημένο στους 54,4 °C)	2075, 2110, 2135, 2190
3000	Έλαια αναγκαστικής παροχής (ιξώδες μετρημένο στους 98.9 °C)	3065, 3080, 3100
4000	Σύνθετα έλαια θαλάσσιας μηχανής	4065
5000	Ορυκτά έλαια θαλάσσιας μηχανής και τοιχώματος κυλίνδρου	5065, 5150, 5190
6000	Λιπώδη έλαια κυλίνδρου σύνθετου ατμού	6135
7000	-	-
8000	Έλαια κυλίνδρου συμπίεστη σύνθετου αέρα	8190
9000	Λιπαντικά έλαια βαρέας χρήσης: σύνθετα ή με πρόσθετα (ιξώδες μετρημένο στους 54,4 °C)	9110, 9170, 9250, 9370, 9500

Η πιο κοινή ταξινόμηση των λιπαντικών ελαίων είναι γνωστή ως ταξινόμηση SAE (Society of Automotive Engineers). Επειδή οι αριθμοί SAE είναι πιο γνωστοί έξω από το ναυτικό, δίδεται μία σύγκριση που δείχνει τα όρια ιξώδους των διαφόρων αριθμών στον παρακάτω πίνακα:

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Βασικές προδιαγραφές λιπαντικού συστήματος.

Η λίπανση είναι πιθανόν ο πιο σημαντικός παράγοντας στην επιτυχημένη λειτουργία μηχανών Ντίζελ. Κατά συνέπεια, πρέπει οπωσδήποτε να δοθεί πολύ μεγάλη έμφαση στη σημασία του συστήματος λιπαντικού ελαίου και στη λίπανση γενικότερα. Δεν είναι μόνο σημαντικό να χρησιμοποιηθεί ο κατάλληλος τύπος ελαίου, αλλά πρέπει να παρασχεθεί στη μηχανή σε κατάλληλες ποσότητες, στην κατάλληλη θερμοκρασία και πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες ενέργειες για την αφαίρεση κάθε ατέλειας καθώς εισέρχεται στο σύστημα. Γενικά, οι βασικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ένα σύστημα λίπανσης για να εκτελεί τις λειτουργίες του ικανοποιητικά είναι:

- Ένα αποτελεσματικό λιπαντικό σύστημα πρέπει να διανέμει μία κατάλληλη παροχή ελαίου σε όλες τις επιφάνειες ρουλεμάν.
- Πρέπει να παρέχει επαρκές λάδι για ψύξη σε όλα τα μέρη που χρειάζονται ψύξη ελαίου.
- Το σύστημα πρέπει να παρέχει δεξαμενές για να συγκεντρώνεται το έλαιο που έχει χρησιμοποιηθεί για λίπανση και ψύξη ώστε να μπορεί να επανακυκλοφορείται στο σύστημα.
- Το σύστημα πρέπει να περιέχει ψύκτρες για να διατηρείται η θερμοκρασία του ελαίου στην πιο αποδοτική ζώνη λειτουργίας.
- Για να απομακρύνεται η σκόνη και το νερό από τα λειτουργικά μέρη της μηχανής, φίλτρα και στραγγιστές πρέπει να περιέχονται στο σύστημα για να καθαρίζουν το έλαιο καθώς κυκλοφορεί.
- Πρέπει να παρέχονται στο πλοίο επαρκείς εγκαταστάσεις για την αποθήκευση της απαραίτητης ποσότητας λιπαντικού ελαίου που είναι απαραίτητο για μακροχρόνια λειτουργία και για να μεταφέρεται αυτό το έλαιο στη μηχανή κατά τις ανάγκες.

Δεξαμενές λιπαντικού ελαίου σκάφους.

Μία τυπική εγκατάσταση συστήματος λιπαντικού ελαίου σε πρόσφατα υποβρύχια αποτελείται από τρεις κανονικές δεξαμενές λιπαντικού ελαίου και μία εφεδρική. Αυτές οι δεξαμενές είναι τοποθετημένες μέσα στο θάλαμο πίεσης δίπλα στους χώρους των μηχανικών και έχουν περίπου τις ακόλουθες δυναμικότητες:

Κανονική δεξαμενή λιπαντικού No. 1	5807L
Κανονική δεξαμενή λιπαντικού No. 2	3683L
Κανονική δεξαμενή λιπαντικού No.3	4134L
Εφεδρική δεξαμενή λιπαντικού	4785L

Μαζί με αυτές τις δεξαμενές αποθήκευσης υπάρχει ένα κάρτερ κάτω από κάθε κύρια μηχανή και από τον καθένα από τους μειωτήρες. Αυτές οι δεξαμενές συλλέγουν το έλαιο καθώς στάζει από τα κάρτερ λαδιού του κινητήρα. Τα κάρτερ είναι πάντα μερικώς γεμάτα για να βεβαιωθεί σταθερή ροή ελαίου στις αντλίες λιπαντικού. Επειδή τα κάρτερ δεν είναι ποτέ γεμάτα με λιπαντικό έλαιο, η δυναμικότητά τους συνήθως μετριέται στο 75% της ολικής χωρητικότητάς τους. Οι προσεγγιστικές χωρητικότητες των διάφορων κάρτερ (στο 75%) είναι:

Κάρτερ κυρίας μηχανής No. 1, 2, 3, 4	1446L ανά κάρτερ
Κάρτερ κινητήρα και μειωτήρα No. 1, 2	1625L ανά κάρτερ

Μία σύνδεση γόμωσης παρέχεται στο κύριο κατάστρωμα σε έναν αγωγό διανομής 5 βαλβίδων για γόμωση και μεταφορά που βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του θαλάμου της έμπροσθεν μηχανής. Αυτός ο διανομέας συνδέεται όχι μόνο στη σύνδεση γόμωσης, αλλά και απευθείας σε καθεμιά από τις κανονικές δεξαμενές λίπανσης και την εφεδρική. Το έλαιο που γεμίζει τις δεξαμενές κανονικά περνάει από στραγγιστήριο πριν φτάσει στο διανομέα

γόμωσης και μεταφοράς. Το στραγγιστήριο μπορεί να ξεπεραστεί. Μία απορροή από τη βάση του στραγγηστηρίου καθιστά δυνατή την αποστράγγιση του θαλασσίου νερού που μπορεί να έχει διαρρεύσει μέσα στον αγωγό γόμωσης μέσω της εξωλέμβιας σύνδεσης γόμωσης. Στις δεξαμενές υπάρχουν αεραγωγοί και συνδέσεις από τις γραμμές αέρος 225 λιβρών. Με τη χρήση αυτών των γραμμών, το λιπαντικό έλαιο μπορεί να φυσηθεί από οποιαδήποτε δεξαμενή αποθήκευσης ελαίου σε οποιαδήποτε άλλη. Το έλαιο προς κένωση μπορεί να φυσηθεί ή να αντληθεί έξω του πλοίου διαμέσου της σύνδεσης γόμωσης καταστρώματος ή μίας σύνδεσης με μάνικα στη γραμμή γόμωσης.

Λειτουργία του λιπαντικού συστήματος μηχανής.

Το λάδι τραβιέται από το κάρτερ από την προσαρτημένη αντλία λιπαντικού ελαίου. Η κένωση από αυτήν την αντλία περνάει μέσα από το στραγγιστήριο λιπαντικού ελαίου. Ανάμεσα στην πλευρά κένωσης της αντλίας και το στραγγιστήριο υπάρχει μία βαλβίδα απελευθέρωσης που είναι κατασκευασμένη μέσα στην αντλία. Από το στραγγιστήριο, το έλαιο μεταφέρεται στον ψύκτη λιπαντικού ελαίου και μετά στα κύρια ακροφύσια λίπανσης της μηχανής. Το στραγγιστήριο πάντα τοποθετείται μπροστά από τον ψύκτη στο σύστημα γιατί, αν η θερμοκρασία του λιπαντικού ελαίου είναι υψηλότερη, η λειτουργία φιλτραρίσματος θα είναι μεταλύτερη και η απαραίτητη ισχύς για να το διαπεράσει το έλαιο θα είναι μικρότερη.

Στις περισσότερες εγκαταστάσεις το λιπαντικό έλαιο πηγαίνει από το τα κύρια ακροφύσια λίπανσης στα κύρια ρουλεμάν της μηχανής και μέσω αυτών στα ρουλεμάν του συνδετικών αρμών. Το έλαιο μετά περνάει από μία τρύπα στο συνδετικό αρμό πάνω στο ρουλεμάν του τις ακίδας του πιστονιού το οποίο και λιπαίνει και ψεκάζεται έξω στην εξωτερική επιφάνεια της κεφαλίδας του εμβόλου. Μετά, στραγγίζεται στη λεκάνη απορροής του ελαίου, απομακρύνοντας από το πιστόνι την περισσότερη από τη θερμότητα που προκαλείται από την ανάφλεξη. Από τη λεκάνη ελαίου το έλαιο αποστραγγίζεται στο κάρτερ της μηχανής από όπου και επανακυκλοφορείται.

Ανάμεσα στη λεκάνη του ελαίου και το κάρτερ, μπορεί να εισαχθούν στραγγιστήρια τύπου καλάθου και προπετάσματα για να αποτρέψουν μικρά

μεταλλικά σωματίδια να αποστραγγιστούν στο κάρτερ. Λιπαντικό έλαιο για τα ρουλεμάν της κύριας γεννήτριας παρέχεται επίσης από το κύριο σύστημα λίπανσης. Το έλαιο που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό άγεται από την κύρια γραμμή λιπαντικού ελαίου στο σημείο ακριβώς πριν μπει στο ακρυφύσιο της μηχανής, προς τα πάνω μέρη των κύριων ρουλεμάν της γεννήτριας. Από τα κάτω μέρη των ρουλεμάν, το έλαιο απορρέει πίσω στο κάρτερ, είτε άμεσα είτε μέσω του συστήματος ελαίου της μηχανής. Οι προσαρτημένες αντλίες λιπαντικού οδηγούνται άμεσα από τις μηχανές και έτσι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ετοιμάσουν το σύστημα ελαίου πριν την εκκίνηση. Για το σκοπό αυτό, παρέχονται ανεξάρτητες αντλίες λιπαντικού, μία σε κάθε θάλαμο μηχανής. Αυτές οι αντλίες πρέπει να εκκινήσουν περίπου πέντε λεπτά πριν την εκκίνηση της μηχανής. Όταν η μηχανή έχει ξεκινήσει και η προσαρτημένη της αντλία παρέχει λάδι στο σύστημα μηχανής, η ανεξάρτητη αντλία μπορεί να απενεργοποιηθεί. Οι ανεξάρτητες αντλίες μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για να κυκλοφορήσουν λιπαντικό έλαιο για να ψύξει μία μηχανή αφότου έχει σταματήσει. Η παραπάνω εικόνα δείχνει ένα τυπικό σύστημα αποστράγγισης και γόμωσης σε ένα θάλαμο μηχανής. Σ' αυτό το σύστημα η ανεξάρτητη αντλία λίπανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ετοιμάσει τα συστήματα λίπανσης πριν την εκκίνηση, να αναπληρώσει τα κάρτερ από την κανονική δεξαμενή αποθήκευσης λαδιού και πιθανώς να αποστραγγίσει το σύστημα λίπανσης ελαίου όταν χρειάζεται. Όταν το σύστημα χρησιμοποιείται για προετοιμασία, η ανεξάρτητη αντλία παίρνει μία αναρρόφηση από το κάρτερ και κενώνει το έλαιο στο σύστημα λίπανσης της μηχανής στην πλευρά κένωσης της προσαρτημένης αντλίας λίπανσης. Όταν η ανεξάρτητη αντλία χρησιμοποιείται για αναπλήρωση των κάρτερ, παίρνει μία αναρρόφηση από την κανονική δεξαμενή λιπαντικού ελαίου και κενώνει το έλαιο σε οποιοδήποτε κάρτερ ανάλογα με τις ανάγκες.

Το λιπαντικό έλαιο μπορεί να καθαριστεί με το να τραβιέται το λάδι από τα κάρτερ με την ανεξάρτητη αντλία και να κενώνεται πάλι πίσω μέσω ενός καθαριστή. Η δεύτερη εικόνα απεικονίζει ένα τυπικό σύστημα καθαρισμού λιπαντικού ελαίου κύριας μηχανής για ένα θάλαμο μηχανής. Δυο μηχανές και τα αντίστοιχα κάρτερ δείχνονται, μαζί με τις σωληνώσεις που συνδέουν αυτές

τις μονάδες με τις βοηθητικές που είναι απαραίτητες για τον καθαρισμό του λιπαντικού ελαίου. Αυτές περιλαμβάνουν τον καθαριστή του λιπαντικού ελαίου, την ανεξάρτητη αντλία λιπαντικού ελαίου, τη θερμάστρα λιπαντικού ελαίου και τα φίλτρα

Η κανονική διαδρομή του ελαίου κατά τον καθαρισμό είναι από τα κάρτερ στην ανεξάρτητη αντλία κι από κει στη θερμάστρα ελαίου, τον καθαριστή, τα φίλτρα και μετά πίσω στα κάρτερ. Σε πραγματικές εγκαταστάσεις η γόμωση και η στράγγιση των καθαριστικών συστημάτων συνδυάζονται σε έναν σύστημα. Για σαφήνεια, τα συστήματα δείχνονται χωρία στις εικόνες.

Οι αντλίες λιπαντικού ελαίου είναι σχεδιασμένες να διανέμουν σημαντικά περισσότερο έλαιο από όσο κανονικά χρειάζεται να περνάει από τις μηχανές. Αυτό βεβαιώνει επαρκή λίπανση όταν συμβαίνουν αλλαγές στο ρυθμό ροής ελαίου εξαιτίας κρύας εκκίνησης, αλλαγές στην ταχύτητα, το ιξώδες του ελαίου λόγω θερμότητας ή αυξήσεις στις εξόδους των ρουλεμάν.

Στο σύστημα τοποθετούνται δείκτες πίεσης για να δείχνουν την πίεση του λιπαντικού ελαίου που εισέρχεται στο στραγγιστήριο, που φεύγει από αυτό και που μπαίνει στη μηχανή. Μέσω της αλλαγής στις ενδείξεις πίεσης σ' αυτούς τους δείκτες, προβλήματα όπως παγίδευση αέρα στις αντλίες, σπασμένοι αγωγοί παροχής ή βρώμικα στραγγιστήρια μπορούν να εντοπιστούν και να διορθωθούν.

Το λιπαντικό έλαιο ψύχεται από γλυκό ή θαλασσινό νερό που κυκλοφορεί μέσα στον ψύκτη ελαίου. Η πίεση του λιπαντικού ελαίου είναι ψηλότερη από την πίεση του νερού έτσι ώστε, σε περίπτωση διαρροής, το νερό δεν μπορεί να εισέλθει στο σύστημα ελαίου.

Ανεξάρτητες αντλίες λίπανσης υπηρεσίας και αναμονής. Όλα τα υποβρύχια στόλου χρησιμοποιούν ανεξάρτητες αντλίες υπηρεσίας σε κάθε θάλαμο μηχανής για το σκοπό της παροχής του καθαριστή, τη γόμωση των κάρτερ από τις δεξαμενές αποθήκευσης και τη στράγγιση και προετοιμασία του συστήματος λίπανσης της μηχανής. Αυτά τα σκάφη επίσης έχουν και μία αντλία σε αναμονή που βρίσκεται στο δωμάτιο ελιγμών για το σκοπό της γόμωσης των δεξαμενών αποθήκευσης λιπαντικού ελαίου, την κένωση του χρησιμοποιημένου ελαίου από το σκάφος και τη μεταφορά του ελαίου από τη

μια δεξαμενή στην άλλη. Αυτή η αντλία επίσης χρησιμεύει και στο να δίνει παροχή στα ρουλεμάν του κύριου κινητήρα και τους μειωτήρες στην περίπτωση που η πίεση του ελαίου σ' αυτό το σύστημα πέσει κάτω από το ασφαλές επιχειρησιακό όριο, ή αν οι μειωτήρες καθιστούν μη-λειτουργικοί. Και οι δύο τύποι ανεξάρτητων αντλιών είναι θετικής μετατόπισης, οδηγούμενοι από ηλεκτροκινητήρες.

Ψύκτες λιπαντικού ελαίου.

Ο ψύκτης ελαίου είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας τύπου εκπομπού Χάρισον. Αυτός ο ψύκτης είναι κατασκευασμένος από μία συστοιχία ή πυρήνα αγωγών και μία εγκιβωτιστική θήκη. Οι σωλήνες είναι μακρόστενοι και κάθε σωλήνας εγκλείει μία κατασκευή που σχηματίζει ένα ελικώδες πέρασμα για τη ροή του ελαίου. Οι σωλήνες στερεώνονται στη θέση τους με μία πλάκα-κεφαλίδα σε κάθε άκρη και με μία ενδιάμεση πλάκα ενίσχυσης. Αυτές οι πλάκες είναι γαλβανισμένες με κασσίτερο. Ο σωλήνας και η πλάκα συνδεσμολογίας στηρίζονται σε ένα μπρούτζινο σκελετό με τέτοιο τρόπο ώστε η συστοιχία των αγωγών να είναι στερωμένη στα καλύμματα σε κάθε άκρη του περιβλήματος.

Η πλάκες - κεφαλίδες, στην άκρη των αγωγών, χωρίζουν το χώρο νερού στο περίβλημα από τα παράθυρα ελαίου στα ακραία καλύμματα. Το λιπαντικό έλαιο ρέει μέσα από τους σωλήνες με ίσια διαδρομή από το ένα παράθυρο ελαίου στο άλλο. Η ενδιάμεση πλάκα του σωλήνα λειτουργεί ως γράνα για να σχηματίσει ένα μονοπάτι σχήματος U για το νερό, το οποίο ρέει γύρω από το εξωτερικό των αγωγών, από το ένα άνοιγμα στη βάση του περιβλήματος στο άλλο.

Όλοι οι ψύκτες ελαίου είναι εξοπλισμένοι με ψευδάργυρο που λειτουργεί ως ηλεκτρόδιο. Η ηλεκτρολυτική δράση είναι πάντα παρούσα σε όλα τα συστήματα νερού του υποβρυχίου και αυτά τα ηλεκτρόδια επιτρέπουν να διαβρώνεται ο ψευδάργυρος αντί οι σωλήνες ψύξης. Ο ψευδάργυρος φορτώνεται σε αποσπώμενες πλάκες και πρέπει να αντικαθίστατε όταν δείχνει έντονη αλλοίωση.

Σε όλα τα συστήματα ψύξης είναι γενικός κανόνας ότι η πίεση του υγρού που ψύχεται είναι μεγαλύτερη από αυτήν του ψυκτικού παράγοντα. Σε έναν

ψύκτη λιπαντικού αυτό σημαίνει ότι η πίεση του λιπαντικού ελαίου θα πρέπει να είναι μεταλύτερη από την πίεση του γλυκού ή θαλασσινού νερού, όποιο κι αν χρησιμοποιείται. Αν εμφανιστεί διαρροή στο σύστημα, το νερό έτσι θα εμποδίζεται από το να διαρρέει στο λιπαντικό έλαιο.

Στραγγιστήρια και φίλτρα λιπαντικού ελαίου.

Γενικά: Στραγγιστήρια και φίλτρα ενσωματώνονται μέσα στο σύστημα λιπαντικού ελαίου για την αφαίρεση ξένων σωματιδίων. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις το λάδι περνάει από από δυο στραγγιστήρια που τοποθετούνται μπροστά από τον ψύκτη. Τα φίλτρα γενικά τοποθετούνται στο σύστημα καθαρισμού του λιπαντικού ελαίου στην πλευρά κένωσης του καθαριστή. Διάφοροι τύποι στραγγιστηρίων και φίλτρων μπορούν να βρεθούν σε χρήση. Μερικά στραγγιστήρια αποτελούνται από ένα στοιχείο μεταλλικής κορδέλας με διπλωμένη άκρη, άλλα χρησιμοποιούν μία σειρά από δίσκους στην άκρη τους. Τα φίλτρα μπορεί να χρησιμοποιούν κυτταρίνη απορροφητικού τύπου ή στοιχεία τυλιγμένης κλωστής που αντικαθίστανται όταν είναι βρώμικα. Κάποια από τα πιο γνωστά στραγγιστήρια και φίλτρα περιγράφονται παρακάτω:

Στραγγιστήριο τύπου ακραίου δίσκου. Το στραγγιστήριο λιπαντικού ελαίου τύπου ακραίου δίσκου αποτελείται από μία συναρμολόγηση λεπτών στραγγιστικών δίσκων που χωρίζονται ελάχιστα από δίσκους που λειτουργούν ως διάκενα. Η κάτω άκρη αυτής της κατασκευής είναι κλειστή και η πάνω ανοιχτή στην κένωση του στραγγιστηρίου. Το έλαιο παίρνει μέσα από το στραγγιστήριο και οδηγείται αναγκαστικά μέσα στους στραγγιστικούς δίσκους προς το κέντρο της κατασκευής. Το έλαιο περνάει τότε προς τα πάνω μέσα από τη συναρμολόγηση και έξω από την κορυφή του στραγγιστηρίου. Περνώντας μέσα από το στραγγιστήριο, το έλαιο πρέπει να περάσει ανάμεσα από τις σχισμές των στραγγιστικών δίσκων. Στη βάση του στοιχείου στράγγισης, παρέχεται μία βαλβίδα απελευθέρωσης για να αποφευχθεί η πιθανότητα υπερβολικής πίεσης στο στραγγιστήρι αν οι σχισμές γεμίσουν με ξένα ύλη. Η βαλβίδα απελευθέρωσης παρακάμπτει το λάδι διαμέσου του κέντρου του στοιχείου στράγγισης και έξω στην κένωση του στραγγιστηρίου. Η βαλβίδα είναι ρυθμισμένη να ανοίγει υπό διαφορική πίεση 0,7 bar. Το μειονέκτημα αυτής της βαλβίδας απελευθέρωσης είναι ότι η λειτουργία της

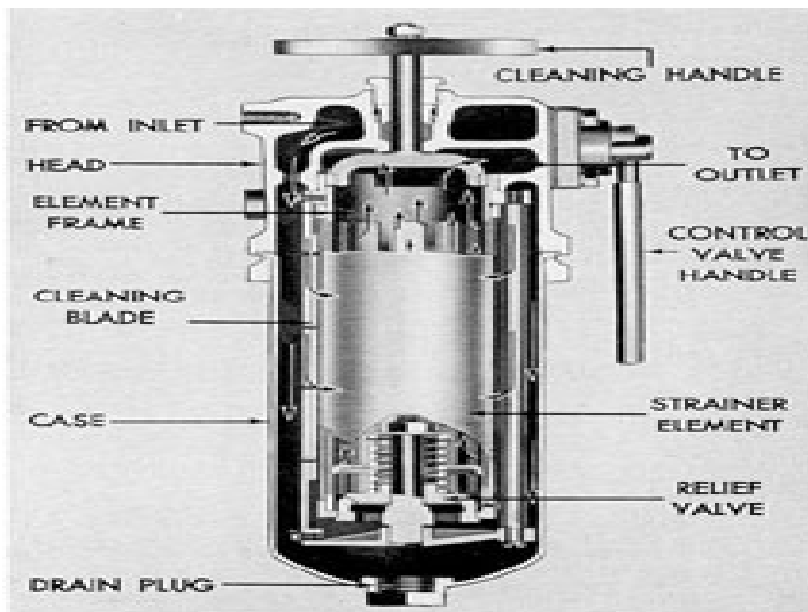
επιτρέπει σε κάθε ξένη ύλη που μπορεί να έχει συλλεχθεί στη βάση του στραγγιστηρίου να περάσει στην πλευρά κένωσής του και μέσα στο σύστημα λιπαντικού ελαίου.

Όταν η συναρμολόγηση στέπτεται με το εξωτερικό χερούλι, τα στερά που έχουν σφηνωθεί πάνω ή ανάμεσα στους δίσκους μέχρι να συναντήσουν της ακίνητες καθαριστικές λεπίδες. Οι στατικές λεπίδες αυτές χτενίζουν τα στερεά από την επιφάνεια του στραγγιστηρίου. Τα στερεά συμπυκνώνονται από τη δράση των καθαριστικών λεπίδων και πέφτουν στο κάρτερ όπου και φιλτράρονται έξω από το ρεύμα του εισερχόμενου ελαίου. Για να κρατηθεί το στραγγιστήριο στην καθαρή λειτουργία ελεύθερου φιλτραρίσματος, το εξωτερικό χερούλι στρίβεται μία ή περισσότερες φορές σε ωρολογιακή φορά κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Επομένως δε χρειάζεται να κοπούν συνδέσεις ή να διακοπεί η ροή του ελαίου στο στραγγιστήριο για να καθαριστεί. Αν το χερούλι στρίβει με δυσκολία, είναι ένδειξη ότι οι επιφάνειες του στραγγιστηρίου έχουν βαρέα επιθέματα στερεών πάνω τους. Το χερούλι πρέπει να στρίβεται συχνά: δεν υπάρχει κίνδυνος να γίνεται κάτι τέτοιο υπερβολικά συχνά γιατί δεν υπάρχουν μέρη που μπορεί να φθαρούν. Αν το στραγγιστήριο δεν μπορεί να καθαριστεί με στροφή, η κεφαλή και η συναρμολόγηση των δίσκων πρέπει να αφαιρεθούν και να εμβαπτιστούν σε διαλύτη μέχρι να έχουν απομακρυνθεί τα στερά. Δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιείται κλειδί ή παρόμοιο εργαλείο για την περιστροφή του χερουλιού. Κατά τη διάρκεια επισκευών συντήρησης, η κεφαλή και η συναρμολόγηση δίσκων πρέπει να αφαιρούνται και οι δίσκοι να βυθίζονται σε καθαρό διαλύτη. Η συναρμολόγηση των δίσκων δεν πρέπει ποτέ να αποσυναρμολογείται. Αν είναι σε τέτοια κατάσταση που να καθιστά την αποσυναρμολόγηση απαραίτητη, πρέπει να αντικαθίσταται με καινούρια μονάδα. Κατά τον καθαρισμό της συναρμολόγησης δίσκων, το σώμα του στραγγιστηρίου και το κάρτερ πρέπει να αποστραγγίζονται και να καθαρίζονται εξονυχιστικά. Κατά τον καθαρισμό είναι απαραίτητη εξαιρετική φροντίδα, για να αποφευχθεί ζημιά στο στοιχείο στράγγισης η εισαγωγή ξένου υλικού στην καθαρή πλευρά του στραγγιστηρίου.

Στραγγιστήριο τύπου μεταλλικής κορδέλας λυγισμένης άκρης. Αυτό το στραγγιστήριο, που κατασκευάζεται από την εταιρία Purolator, είναι έτσι

κατασκευασμένο ώστε το έλαιο που χρειάζεται η μηχανή να φιλτράρεται συνεχώς εκτός από όταν το στοιχείο φιλτραρίσματος πρέπει να αφαιρεθεί για καθάρισμα ή σέρβις. Όταν αυτό έχει συμβεί, το χερούλι της βαλβίδας ελέγχου στρίβεται στη θέση “bypass”. Αυτό εκτρέπει τη ροή ελαίου μέσα στην κεφαλή του φίλτρου, επιτρέποντας την αφαίρεση του στοιχείου χωρίς τη διακοπή της ροής ελαίου στη μηχανή. Κάτω από κανονικές συνθήκες το έλαιο μπαίνει μέσα στο στραγγιστήριο και περικυκλώνει το στοιχείο κορδέλα. Μετά περνάει μέσα και πάνω από το κέντρο του στραγγιστηρίου στο πέρασμα εκροής. Μία πλήρης στροφή του χερουλιού καθαρισμού στην κορυφή του στοιχείου περιστρέφει το στοιχείο και η ξένη ύλη αφαιρείται από το στοιχείο. Το στοιχείο αποτελείται από έναν κλωβό από ακριβώς τοποθετημένες σχισμές ή διατρήσεις, καλυμμένες με ένα συνεχές, στενά συμπιεσμένο ελατήριο από σύρμα ανοξείδωτου χάλυβα. Το σύρμα περνιέται ανάμεσα σε περιστροφείς για να δημιουργήσει ένα σφηνοειδές σχήμα ή κορδέλα, με τη μία άκρη παχύτερη απ' την άλλη. Στη μία πλευρά, σε τακτά διαστήματα βγαίνουν προβολές ενώ η άλλη είναι λεία. Οι προβολές στη μία πλευρά του σύρματος ακουμπούν πάνω στη λεία πλευρά της επόμενης στροφής του ελατηρίου για να παρέχουν ένα πέρασμα πάχους περίπου 0,13mm. Η παχιά άκρη του σύρματος είναι στο εξωτερικό του ελατηρίου έτσι ώστε να δημιουργείται μία κωνική σχισμή ανάμεσα στο ελατήριο, με το στενότερο μέρος της σχισμής στο εξωτερικό. Αυτό βεβαιώνει ότι τα σωματίδια που είναι αρκετά μικρά για να περάσουν το εξωτερικό, ή στενότερο σημείο δε θα κολλήσουν στη μέση και θα εμφράξουν τη ροή ελαίου. Η βρωμιά που αφαιρείται από το έλαιο παραμένει στο εξωτερικό και μπορεί με άνεση να αφαιρεθεί από την περιστροφή του χερουλιού καθαρισμού.

Το χερούλι της βαλβίδας ελέγχου στο στραγγιστήριο χειρίζεται τη βαλβίδα παράκαμψης. Όταν το χερούλι είναι στη θέση ON, το λιπαντικό έλαιο ρέει μέσα από το στραγγιστήριο. Όταν είναι στη θέση BYPASS, το έλαιο ρέει άμεσα διαμέσου της κεφαλής της μονάδας και η θήκη και το στοιχείο μπορούν να αφαιρεθούν και να καθαριστούν. Οι θέσεις ON και BYPASS είναι πάνω στην κεφαλή του στραγγιστηρίου.



ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΤΥΠΟΥ DIESEL

Σε έναν πραγματικό αδιαβατικό κινητήρα το εργαζόμενο ρευστό θα υφίστατο αδιαβατικές μεταβολές. Φυσικά αυτό δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί στην πράξη. Για έναν κινητήρα Diesel η επιφάνεια των τμημάτων που είναι εκτεθειμένη στο εργαζόμενο μέσο θα πρέπει να έχει τη θερμοκρασία αερίου κάθε στιγμή. Ένα στερεό υλικό με μηδενική θερμική

αγωγιμότητα και απορροφητικότητα (gray absorptivity) μηδέν θα ικανοποιούσε αυτή την απαίτηση, αλλά επίσης θα πρέπει να "αντιστέκεται" στις υψηλές πιέσεις του κινητήρα. Κανένα υλικό μέχρι σήμερα δεν πλησιάζει έστω αυτές τις απαιτήσεις (Χατζηλάου Ι.Κ, Γύπαρης Ι.Κ., 2001).

Η επικάλυψη με ψεκασμό PSZ (partially stabilized zirconia) μέχρι βάθος μερικών χιλιοστών μπορεί να δώσει στην επιφάνεια ταλαντώσεις θερμοκρασιών μερικών εκατοντάδων βαθμών °C, μια τάξη μεγέθους χαμηλότερη από τις θερμοκρασιακές ταλαντώσεις του αερίου. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να επιτευχθεί επαρκής μείωση της μεταφοράς θερμότητας ώστε να καταργηθεί το σύστημα ψύξης. Αυτό είναι πιθανό επειδή η μεταφορά θερμότητας από την πλευρά του ψυκτικού μέσου έχει σταθερή τιμή κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου και μπορεί να είναι περίπου μηδέν παρόλο που η θερμότητα συναλλάσσεται μεταξύ του εργαζόμενου αερίου και των συμμετεχόντων επιφανειών με ασταθή ρυθμό.

Επιπλέον με την εξάλειψη του συστήματος ψύξης, ο μονωμένος κινητήρας Diesel μπορεί να έχει μειωμένες εκπομπές υδρογονανθράκων. Συνολικά ένας μονωμένος κινητήρας Diesel (Woodyard D., 1995):

- Παρέχει ελαφρώς καλύτερη απόδοση κινητήρα.
- Παρέχει σημαντική πρόσθετη ενέργεια εξαγωγής καυσαερίων.
- Έχει μικρότερες εκπομπές HC και αιθάλης.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- *Μειωμένος ογκομετρικός βαθμός απόδοσης.*
- *Δυσκολία στην παροχή ελαίου λίπανσης.*
- *Ενδεχομένως προβλήματα θερμικών καταπονήσεων λόγω της χρήσης*
- *κεραμικών υλικών.*
- *Αυξημένες εκπομπές οξειδίων αζώτου, NOx λόγω υψηλότερων.*

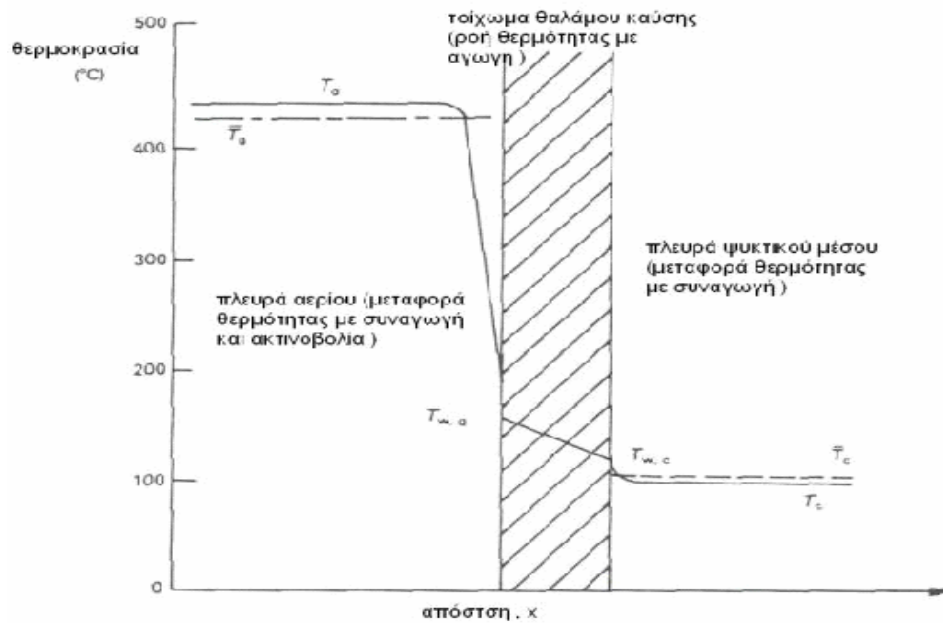
- *θερμοκρασιών κύκλου.*



Εικόνα Νο. 1 - Θάλαμος καύσης κατασκευασμένος από κεραμικό υλικό.

Τα κεραμικά υλικά έχουν πολύ χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα από τα μέταλλα γεγονός που υποδεικνύει ότι η ενεργειακή ροή στο ψυκτικό μέσο θα μειωθεί, και οι υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης θα οδηγήσουν σε αυξημένο ενδεικνυόμενο έργο. Το Σχήμα Νο. 3 είναι αντιπροσωπευτικό της κατανομής θερμοκρασίας αφού :

- *η θερμοκρασία αερίου (T_g) μπορεί να φθάσει τους 2500 K.*
- *η θερμοκρασία επιφανείας από την πλευρά του αερίου ($T_{w,g}$) είναι γύρω στους 600 K.*
- *η θερμοκρασία επιφάνειας προς την πλευρά του ψυκτικού μέσου ($T_{w,c}$) είναι γύρω στους 400 K.*
- *η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου (T_c) είναι περίπου 360 K.*

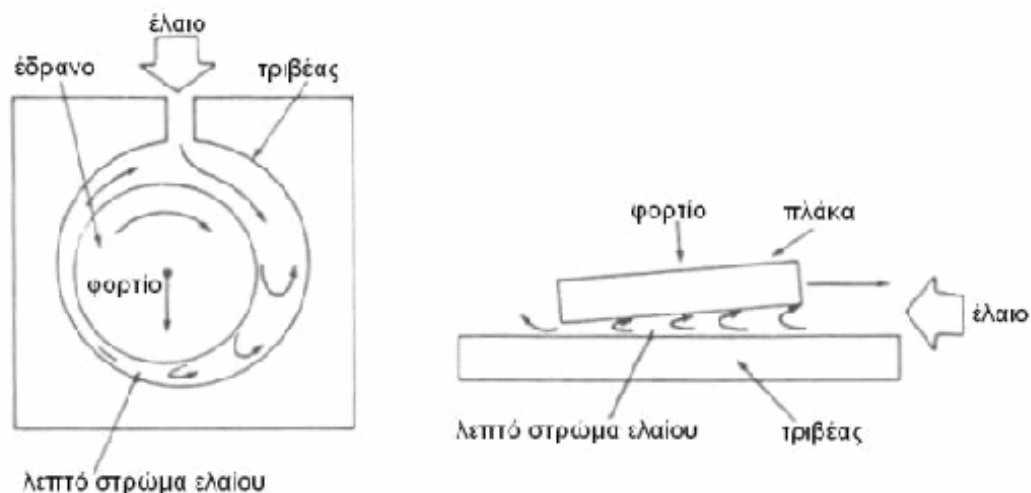


Σχήμα Νο. 3 : Διάγραμμα της κατανομής θερμοκρασίας που παρουσιάζει τη μεγάλη θερμοκρασιακή πτώση στο θερμικό οριακό στρώμα στην πλευρά του αερίου.

Αυτό το σύστημα είναι ισοδύναμο με σειρά θερμικών αντιστάσεων που αντιπροσωπεύουν θερμικά οριακά στρώματα από την πλευρά του αερίου και την πλευρά του ψυκτικού μέσου, και μια θερμική αντίσταση που ελέγχει τη ροή θερμότητας μέσω των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσης. Εάν η ροή θερμότητας θεωρηθεί σταθερή, τότε οι διάφορες θερμικές αντιστάσεις είναι ανάλογες της διαφοράς θερμοκρασίας (όπως για τις διαφορές τάσης). Εάν η ροή θερμότητας (όπως το ρεύμα) μεταβάλλεται, τότε η μεγαλύτερη επίδραση θα ληφθεί με την αλλαγή της μεγαλύτερης θερμικής αντίστασης, η οποία είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από την πλευρά του αερίου. Κατά συνέπεια μια αλλαγή μεγέθους στη θερμική αγωγιμότητα του τοιχώματος του θαλάμου καύσης δεν οδηγεί σε μια αλλαγή μεγέθους στη ροή θερμότητας.

Λιπαίνουσα Τριβή στα Στοιχεία των Μηχανών Πλοίων

Ένα αρχικό ζήτημα για να κατανοήσουμε την τριβή μεταξύ δύο λιπαινόμενων επιφανειών είναι η ευρεία παραλλαγή στο μέγεθος των δυνάμεων που σχετίζονται. Κατά συνέπεια, μπορούν να εμφανιστούν διάφορες περιπτώσεις λίπανσης. Το Σχήμα Νο.4 δείχνει τις συνθήκες λειτουργίας δυο κοινών γεωμετριών για τα μέρη που λιπαίνονται, ένα έδρανο και έναν τριβέα κύλισης (ρουλεμάν).



Σχήμα Νο. 4: Σχηματικό διάγραμμα εδράνου και τριβέα κύλισης

Οι διάφορες περιπτώσεις λιπαινόμενης τριβής μπορούν να διευκρινιστούν με τη βοήθεια του διαγράμματος Stribeck που παρουσιάζεται στο Σχήμα Νο.4, όπου ο συντελεστής τριβής f (πηλίκο εφαπτομένης δύναμης προς κανονική δύναμη) για ένα έδρανο βάσης ορίζεται συναρτήσει μιας αδιάστατης παραμέτρου $\mu N/\sigma$, όπου (Woodyard D., 1995):

- μ είναι το δυναμικό ιξώδες του λιπαντικού
- N η ταχύτητα περιστροφής του άξονα
- σ η δύναμη φόρτισης ανά μονάδα επιφάνειας

Για κυλιόμενες επιφάνειες η αδιάστατη παράμετρος γίνεται $\mu U/(σb)$, όπου:

- U είναι η σχετική ταχύτητα των δύο επιφανειών και
- b το πλάτος της κυλιόμενης πλάκας στην κατεύθυνση της κίνησης

Ο συντελεστής τριβής μπορεί να εκφραστεί ως:

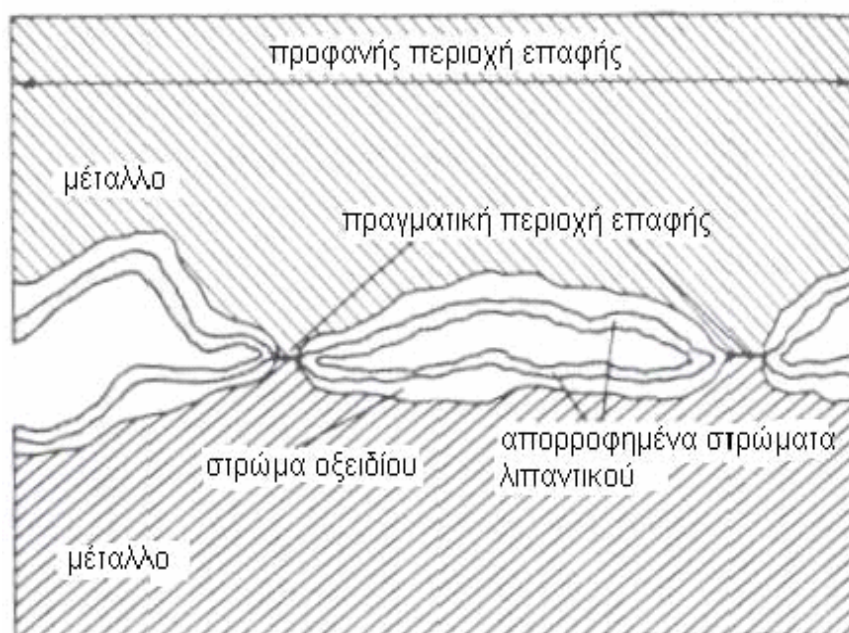
- $f = \alpha f_s + (1-\alpha) f_L$, όπου (5.1)
- f_s είναι ο συντελεστής ξηράς τριβής μετάλλου προς μέταλλο
- f_l είναι ο υδροδυναμικός συντελεστής τριβής
- α είναι η σταθερά επαφής μετάλλου προς μέταλλο που ποικίλλει μεταξύ 0 και 1.
- Όταν $\alpha > 1$ τότε $f > f_s$ και η τριβή καλείται οριακή (boundary), δηλαδή κοντά στη στερεά τριβή. Το λεπτό στρώμα λιπαντικού μειώνεται σε ένα ή μερικά μοριακά στρώματα και δεν μπορεί να αποτρέψει την μέταλλο προς μέταλλο επαφή μεταξύ των επιφανειών. Όταν $\alpha > 0$, τότε $f > f_L$ και η τριβή καλείται υδροδυναμική ή ιξώδης. Το στρώμα λιπαντικού είναι αρκετά παχύ για να χωρίσει εντελώς τις επιφάνειες στη σχετική κίνηση.

Μεταξύ αυτών των περιπτώσεων υπάρχει ένα μικτό ή μερικό καθεστώς λίπανσης όπου εμφανίζεται η μετάβαση από την οριακή στην υδροδυναμική λίπανση. Γενικά, για τα έδρανα βάσης, αυτή η περίπτωση ισχύει για οποιοδήποτε ζευγάρι μηχανικών μερών σχετικής κίνησης με το λιπαντικό ενδιάμεσά τους.

Υπό τους όρους της οριακής λίπανσης, η τριβή μεταξύ δύο επιφανειών στη σχετική κίνηση καθορίζεται από τις ιδιότητες της επιφάνειας καθώς επίσης και από τις ιδιότητες του λιπαντικού. Οι σημαντικές ιδιότητες επιφάνειας είναι η τραχύτητα, η σκληρότητα, η ελαστικότητα, η πλαστικότητα, η δύναμη τριβής, η θερμική αγωγιμότητα, και η υγροποίηση όσον αφορά το λιπαντικό. Οι σημαντικές ιδιότητες του λιπαντικού είναι κυρίως οι επιφανειακές ή οι χημικές, οι οποίες υπερσχύουν της δυνατότητας των μορίων του λιπαντικού (ή των

πρόσθετων ουσιών) να συνδεθούν με τις στερεές επιφάνειες. Λόγω της τραχύτητας των επιφανειών η πραγματική περιοχή επαφής είναι πολύ μικρότερη από την προφανή περιοχή επαφής

Για ανόμοια υλικά οι ιδιότητες του πιο αδύνατου υλικού κυριαρχούν στη συμπεριφορά τριβής. Όπως φαίνεται στο Σχήμα Νο.5, από τη στιγμή που οι επιφάνειες καλύπτονται από στρώματα οξειδίου, η δύναμη τριβής του υλικού είναι αποτέλεσμα της δύναμης τριβής της επιφάνειας του στρώματος.



Σχήμα Νο. 5 - Δυο επιφάνειες σε σχετική κίνηση και συνθήκες οριακής λίπανσης.

Κάτω από τις συνθήκες οριακής λίπανσης ο συντελεστής τριβής είναι ουσιαστικά ανεξάρτητος της ταχύτητας. Η οριακή λίπανση εμφανίζεται μεταξύ των μηχανικών μερών κατά τη διάρκεια της εκκίνησης και της διακοπής λειτουργίας (έδρανα, έμβολα και ελατήρια εμβόλων) και κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας στα ελατήρια του εμβόλου στα σημεία της επαφής των ελατηρίων του εμβόλου με το τοίχωμα του κυλίνδρου στα ΑΝΣ και ΚΝΣ, μεταξύ βαριά "φορτωμένων" μερών και μεταξύ αργά κινουμένων μερών όπως τα στελέχη των βαλβίδων, τα ζύγωθρα και τα γρανάζια και οι αλυσίδες χρονισμού στροφαλοφόρου άξονα.

Οι συνθήκες υδροδυναμικής λίπανσης εμφανίζονται όταν η μορφή και η σχετική κίνηση των κυλιομένων επιφανειών διαμορφώνουν ένα υγρό λεπτό στρώμα στο οποίο υπάρχει ικανοποιητική πίεση για να κρατήσει τις επιφάνειες χωρισμένες. Η αντίσταση εμφανίζεται στα αποτελέσματα κίνησης από τις δυνάμεις τριβής μέσα στο υγρό στρώμα, και όχι από την αλληλεπίδραση μεταξύ των παρατυπιών των επιφανειών όπως συνέβαινε υπό συνθήκες οριακής λίπανσης. Η πλήρης υδροδυναμική λίπανση ή ιξώδης τριβή είναι ανεξάρτητη από το υλικό ή την τραχύτητα των μερών και εξαρτάται μόνο από το ιξώδες του λιπαντικού.

Η υδροδυναμική λίπανση εμφανίζεται μεταξύ δύο συγκλινόντων επιφανειών που κινούνται σε σχετικά υψηλή ταχύτητα η μια ως προς την άλλη υπό περιορισμένο φορτίο έτσι ώστε κάθε φορά να μπορεί να διαμορφωθεί ένα λεπτό στρώμα ελαίου. Αυτός ο τύπος λίπανσης παρουσιάζεται στα έδρανα κινητήρων, μεταξύ του χιτωνίου του εμβόλου κάτω από το κάτω ελατήριο και του χιτωνίου του κυλίνδρου και μεταξύ των ελατηρίων του εμβόλου και των χιτωνίων για υψηλές ταχύτητες ολίσθησης.

Η υδροδυναμική λίπανση παύει όταν το πάχος του λεπτού στρώματος ρευστού γίνεται σχεδόν ίδιο με το ύψος της τραχύτητας της επιφάνειας. Στην ιξώδη τριβή προστίθεται η μέταλλο προς μέταλλο στερεά τριβή στις αιχμές της τραχύτητας. Τότε συνυπάρχουν και οι συνθήκες υδροδυναμικής και οριακής λίπανσης. Η υφή της επιφάνειας είναι αυτή που ελέγχει τη μετάβαση από υδροδυναμική σε μικτή λίπανση. Για παράδειγμα σε τραχύτερες επιφάνειες η μετάβαση από υδροδυναμική σε μικτή λίπανση πραγματοποιείται σε χαμηλότερα φορτία. Το απότομο φορτίο ή οι μεταβολές της ταχύτητας ή οι μηχανικές δονήσεις μπορούν να αναγκάσουν την εμφάνιση αυτής της μετάβασης.

Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται μέσα στα έδρανα του διωστήρα και της στροφαλοφόρου ατράκτου, όπου η περιοδική μέταλλο προς μέταλλο επαφή είναι αποτέλεσμα των ξαφνικών "σπασισμάτων" (break-up) στο στρώμα λιπαντικού ελαίου. Η περιοχή επαφής μεταξύ των ελατηρίων του εμβόλου και των κυλίνδρων είναι μια ζώνη όπου λόγω των ξαφνικών αλλαγών στην ταχύτητα, το φορτίο και τη θερμοκρασία, η λίπανση είναι μικτού τύπου.

Διακοπτόμενες μέταλλο προς μέταλλο επαφές εμφανίζονται ως αποτέλεσμα των "σπασιμάτων" στο λεπτό στρώμα του λιπαντικού ελαίου.

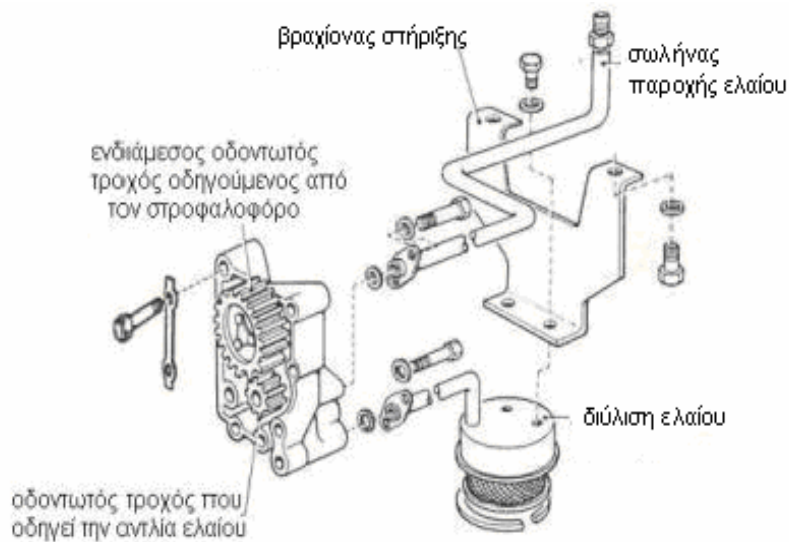
ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Είναι σήμερα καθολική πρακτική να εσωκλείονται οι βαλβίδες και το σύστημα βαλβίδων και να κυκλοφορεί το λιπαντικό πέρα από τις άκρες των ελατηρίων όλων των βαλβίδων. Εδώ ένα δύσκολο πρόβλημα είναι να παρασχεθεί αρκετή λίπανση στα στελέχη των βαλβίδων χωρίς την εμφάνιση υπερβολικής κατανάλωσης λιπαντικού. Η απώλεια ελαίου μέσω των οδηγών των βαλβίδων εισαγωγής είναι ένα ειδικό πρόβλημα για τους κινητήρες Otto που η ρυθμιστική δικλίδα είναι ανοικτή τις περισσότερες φορές κατά τη λειτουργία, όπως στην περίπτωση των επιβατικών αυτοκινήτων.

Όταν ο κινητήρας λειτουργεί με ανοικτή τη ρυθμιστική δικλίδα υπάρχει μεγάλη διαφορά πίεσης μεταξύ του περιβλήματος βαλβίδας και του αυλού εισαγωγής. Ο έλεγχος αυτής της μορφής κατανάλωσης ελαίου επιτυγχάνεται με την αποφυγή οποιασδήποτε συσσώρευσης ελαίου, το οποίο θα βυθίσει την κορυφή του οδηγού βαλβίδων. Η λίπανση των στελεχών των βαλβίδων επιτυγχάνεται με τον "παφλασμό" από τα ελατήρια, τα έκκεντρα και τα ζύγωθρα. Πολλοί κινητήρες χρησιμοποιούν ένα δακτύλιο στεγάνωσης του λιπαντικού ή μια μεταλλική «ομπρέλα» στην κορυφή του οδηγού βαλβίδων ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα απώλειας ελαίου μέσω του οδηγού (Woodyard D., 1995).

ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΛΑΙΟΥ

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση κίνησης σε μια αντλία λιπαντικού ελαίου. Μερικές κινούνται μέσω οδοντωτών τροχών από την στροφαλοφόρο άτρακτο. Το Σχήμα Νο.13 δείχνει πως μια αντλία παίρνει κίνηση από την στροφαλοφόρο μέσω μιας οδόντωσης. Η αντλία τύπου οδόντωσης ή κάποιος παρόμοιος τύπος είναι συνήθως η καλύτερη επιλογή επειδή, όπως για τον συμπιεστή θετικής μετατόπισης, το ποσοστό ροής της τείνει να είναι ανεξάρτητο της πίεσης εξόδου (Χατζηλάου I.K, Γύπαρης I.K., 2001).

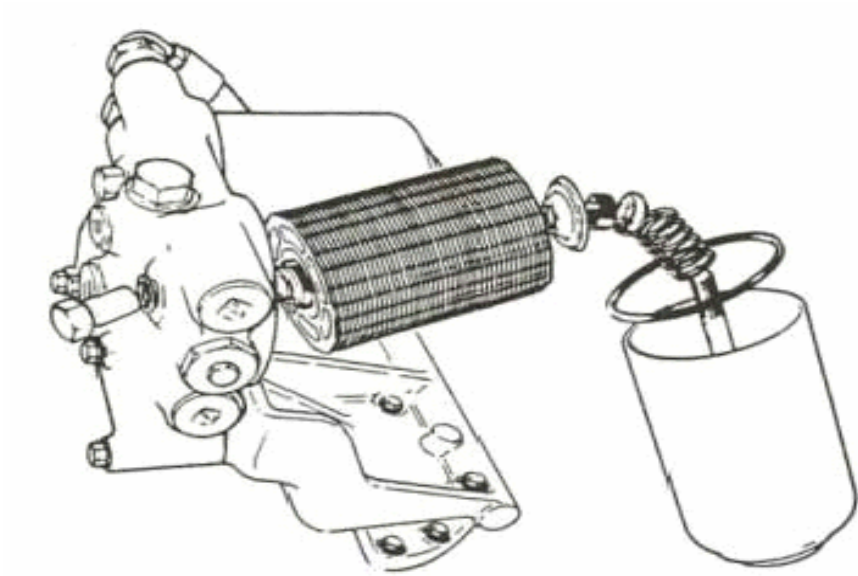


Σχήμα Νο.12: Οδηγός αντλίας ελαίου για κινητήρα Diesel.

Για ένα δεδομένο ποσοστό ροής αυτή η πίεση θα ποικίλει αναλόγως με τη φθορά στον κινητήρα και την κατάσταση του φίλτρου ελαίου. Το απαιτούμενο ποσοστό ροής εξαρτάται από λεπτομέρειες του σχεδιασμού του κινητήρα καθώς επίσης και από το μέγεθος και την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι εάν χρησιμοποιείται για τα έμβολα ψύξη με λιπαντικό. Χαρακτηριστικά ποσοστά ροής ελαίου για κινητήρα Diesel με έμβολα που ψύχονται και με νέα έδρανα είναι 0,0025 με 0,0035 σε κατ' όγκο αναλογία ελαίου στην μετατόπιση εμβόλου x rpm. Για να υπερκεραστούν τα προβλήματα φθοράς, η ικανότητα των αντλιών πρέπει να είναι διπλάσια από αυτές τις τιμές. Οι πιέσεις που χρησιμοποιούνται στα σημεία κίνησης των τριβέων είναι συνήθως μεταξύ 3,5 και 7 bar (Woodyard D., 1995).

ΦΙΛΤΡΑ ΕΛΑΙΟΥ

Υπάρχουν δυο γενικοί τύποι φίλτρων ελαίου που χρησιμοποιούνται. Και οι δυο τύποι τοποθετούνται στην περιοχή του συστήματος λίπανσης που βρίσκεται υπό πίεση. Το αποτελεσματικό φιλτράρισμα ελαίου είναι ουσιαστικό για όλους τους κινητήρες.



Γενικά για τα Λιπαντικά των Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ.

Είναι σήμερα καθολική πρακτική να εσωκλείονται οι βαλβίδες και το σύστημα βαλβίδων και να κυκλοφορεί το λιπαντικό πέρα από τις άκρες των ελατηρίων όλων των βαλβίδων. Εδώ ένα δύσκολο πρόβλημα είναι να παρασχεθεί αρκετή λίπανση στα στελέχη των βαλβίδων χωρίς την εμφάνιση υπερβολικής κατανάλωσης λιπαντικού. Η απώλεια ελαίου μέσω των οδηγών των βαλβίδων εισαγωγής είναι ένα ειδικό πρόβλημα για τους κινητήρες Otto που η ρυθμιστική δικλίδα είναι ανοικτή τις περισσότερες φορές κατά τη λειτουργία, όπως στην περίπτωση των επιβατικών αυτοκινήτων.

Τα ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των ΜΕΚ, εκτός από τα συνηθισμένα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά (ιξώδες, σημείο αναφλέξεως, σημείο ροής, σταθερότητα στη οξειδωση, σταθερότητα ιξώδους-θερμοκρασίας κλπ, των οποίων οι τιμές αναγράφονται στον πίνακα προδιαγραφών) πρέπει να έχουν και έντονες απορρυπαντικές ιδιότητες. Να μπορούν δηλαδή να απομακρύνουν από τις λιπαινόμενες επιφάνειες τα εξανθρακώματα που σχηματίζονται και επικάθονται σ' αυτές.

Τα εξανθρακώματα αυτά σχηματίζονται συνήθως από την υπερθέρμανση του εμβόλου και έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών σ' αυτά, που οφείλονται στην κακή και ανομοιόμορφη μετάδοση της θερμότητας, την οποία προκαλούν τα εξανθρακώματα. Για την αύξηση της απορρυπαντικότητας των λιπαντελαίων ΜΕΚ χρησιμοποιούνται κατάλληλα αντιρρυπαντικά πρόσθετα (detergents), που συμβάλλουν στη διατήρηση των επιφανειών των χιτωνίων και των εμβόλων καθαρών. Η υπερθέρμανση των εμβόλων εξάλλου, εκτός από τις ρωγμές μπορεί να προκαλέσει και "έκρηξη" στο στροφαλοθάλαμο, ιδίως όταν το λιπαντικό έλαιο περιέχει διαλυμένο καύσιμο από κακή λειτουργία των καυστήρων.

Η "έκρηξη" στο στροφαλοθάλαμο αποφεύγεται με την καλή συντήρηση του κινητήρα ώστε οι καυστήρες να λειτουργούν ικανοποιητικά. Αποφεύγεται επίσης και με τη χρήση λιπαντικού καλής ποιότητας, δηλαδή ενισχυμένου με τα κατάλληλα αντιρρυπαντικά πρόσθετα, ώστε ο κινητήρας να διατηρείται καθαρός και να αποτρέπεται έτσι η υπερθέρμανση από τα εξανθρακώματα.

Εκτός από τα αντιρρυπαντικά πρόσθετα, τα λιπαντικά έλαια των Μ.Ε.Κ. ενισχύονται με (Χατζηλάου Ι.Κ, Γύπαρης Ι.Κ., 2001):

- Βελτιωτικά δείκτη ιξώδους, που αυξάνουν την τιμή του δείκτη ιξώδους, δηλαδή περιορίζουν τη μεταβολή του ιξώδους με τη θερμοκρασία.
- Αντιοξειδωτικά πρόσθετα, που περιορίζουν το βαθμό και την ταχύτητα οξειδώσεως, παρατείνοντας έτσι την χρήση τους.

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες λιπαντελαίων Μ.Ε.Κ. (Woodyard D., 1995):

α) *Κοινά λάδια (regular)*: Χρησιμοποιούνται σε ολιγόστροφους κινητήρες με μικρά φορτία και γενικά όπου δεν προβλέπονται δυσμενείς συνθήκες λιπάνσεως. Τα έλαια αυτά δεν περιέχουν πρόσθετα.

β) *Λάδια μερικώς ενισχυμένα (premium)*: Είναι ενισχυμένα με αντιοξειδωτικά πρόσθετα και επομένως κατάλληλα για τη λίπανση Μ.Ε.Κ. στις οποίες προβλέπονται συνθήκες με μέτρια καταπόνηση του λιπαντικού, τόσο από το φορτίο όσο και από τη θερμοκρασία. Στο εμπόριο φέρουν το συμβολισμό DG, όταν πρόκειται για λάδια πετρελαιοκινητήρων και MM όταν πρόκειται για λάδια βενζινοκινητήρων.

γ) *Λάδια βαριών απαιτήσεων (heavy duty)*: Είναι ενισχυμένα με αντιοξειδωτικά και αντιρρυπαντικά πρόσθετα, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις πιο δυσμενείς συνθήκες λιπάνσεως, ως προς το φορτίο και τις θερμοκρασίες. Τα λάδια της κατηγορίας αυτής συμβολίζονται με MS για τους βενζινοκινητήρες, ενώ τα αντίστοιχα λάδια των κινητήρων Diesel συμβολίζονται με DS ή HD.

Ειδικότερα για τους πετρελαιοκινητήρες, ανάλογα με το τμήμα του πετρελαιοκινητήρα που πρόκειται να λιπάνουν, διακρίνονται σε:

α) *Λάδια κυλίνδρων ή κυλινδρέλαια (cylinder oils)*: Χρησιμοποιούνται μόνο για τη λίπανση των τοιχωμάτων των κυλίνδρων, στις μηχανές εκείνες στις οποίες η λίπανση των κυλίνδρων γίνεται χωριστά. Πρόκειται για τους κινητήρες με βάκτρο και ζύγωμα (crosshead engines), όπως είναι κατ' εξοχή οι αργόστροφες πετρελαιομηχανές που χρησιμοποιούνται στο εμπορικό ναυτικό.

β) *Λάδια στροφαλοθαλάμων (crankcase oils)*: Χρησιμοποιούνται μόνο για τη λίπανση των τριβέων και την ψύξη των εμβόλων, και πάλι στις περιπτώσεις που η λίπανσή τους γίνεται χωριστά, ανεξάρτητα από τη λίπανση των κυλίνδρων, δηλαδή στις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές.

Στις μικρές μηχανές μέσης και υψηλής ταχύτητας, που λειτουργούν χωρίς ζύγωμα, δηλαδή με διωστήρα (trunk piston engines), η λίπανση είναι ενιαία τόσο για τους κυλίνδρους όσο και για τους τριβείς. Το δίκτυο λιπάνσεως είναι κοινό και η ποιότητα του λιπαντικού ενιαία, και καθορίζεται από τις αντίστοιχες προδιαγραφές. Στις αργόστροφες ναυτικές πετρελαιομηχανές τα δίκτυα λιπάνσεως των κυλίνδρων είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο των τριβέων και φυσικά και τα λιπαντικά των δύο αυτών τμημάτων είναι διαφορετικά. Συνήθως τα κυλινδρέλαια είναι βαρύτερα από τα λάδια των ελαιοδεξαμενών (κάρτερ) και περισσότερο ενισχυμένα με αλκαλικά πρόσθετα για την εξουδετέρωση του θειικού οξέος που παράγεται κατά την καύση του πετρελαίου.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το σύστημα λίπανσης είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει αρκετό λάδι στα μέρη του κινητήρα που απαιτούν λίπανση κατά την κίνηση τους και λειτουργούν κάτω από υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες. Το λάδι διοχετεύεται με την πίεση της αντλίας στα περισσότερα μέρη του κινητήρα και μειώνει την τριβή και τη φθορά στο ελάχιστο και επίσης αποτρέπει την εμφάνιση υπερθέρμανσης σε ορισμένες περιοχές και θα μπορούσε να οδηγήσει σε φθορά του κινητήρα. Μερικά συστατικά δεν λιπαίνονται με τη βοήθεια της πίεσης αλλά ψεκάζονται από το λιπαντικό. Το λάδι που κυκλοφορεί στο σύστημα λίπανσης επίσης βοηθάει στην ψύξη του κινητήρα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ.....2

ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... 3

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ..... 4

ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ - ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΙΠΑΝΣΕΩΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ..... 5

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΛΙΠΑΝΤΙΚΟΥ ΣΤΗ ΝΤΙΖΕΛΟΜΗΧΑΝΗ..... 13

ΧΗΜΕΪΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ..... 14

ΙΞΩΔΕΣ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΕΛΑΙΩΝ..... 17

ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..... 26

**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΤΥΠΟΥ
DIESEL.....36**

ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.....43

ΑΝΤΛΙΕΣ ΕΛΑΙΟΥ.....44

ΦΙΛΤΡΑ ΕΛΑΙΟΥ.....45

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ Μ.Ε.Κ.....46

ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....47

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....49

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....50

Βιβλιογραφία

Αγγλική Βιβλιογραφία

- ABB Marine, 2000, *Azimuthing Electric Propulsion Drive*
- Bose B.K., 1997, “*Power Electronics and Variable Frequency Drives: Technology and Applications*”, IEEE Press, New York
- Harrington R. L., 1992, ed., “*Marine Engineering*”, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, N.J.
- Holström P., 1994, “*Choosing the Right Propeller for Diesel Electric Machinery*”, *Marine Propulsion*, April
- Kuuskoski J., 1995, “*Diesel-Electric Machinery Concept in a Safe and Economical Tanker*” in *Marine Propulsion Systems : Design and Performance*, Athens, Greece
- Sallabank P. H., Whitehead A. J., 1996, “*The practical application of modern simulation tools throughout the design and trials of a diesel electric propulsion system*”, *Trans ImarE*, Vol. 107, Part 2

- Woodyard D., 1994, "*D-E moves to Mainstream*" in *Marine Propulsion*, October
- Woodyard D., 1995, "*Electric Propulsion Charges Ahead*" in *Marine Propulsion*, April
- Yacamini R., Smith K. S., 1996, "*Noise generation in marine motors*", *Trans ImarE*, Vol. 107, Part 4
- mit R., Shoemaker P., *Managing Across Borders: The Transnational solution*, Harvard Business School Press: Boston, 1993.
- Lorange P., Strategic re-thinking in shipping companies, *Maritime Policy and Management*, Vol. 28, no.1, 2001.
- Alderton and Patrick, 1999, "Port Management and Operations", LLP Publications
- Alderton, T. and Winchester, N., 2002, "*Globalization and Deregulation in the Maritime Industry*", *Marine Policy* 26 (1)
- Alderton, Patrick, 1995, "*Sea Transport, Operations and Economics*", Thomas Reed Publications
- Alderton, Patrick, 2004 "*Transport, Operations and Economics*", Adlard Coles Nautical
- Alderton P., M., 1995, "*Sea Transport Operation and Economics*", 4th ed, Chapman and hall, London
- Alison, H., 1997, "*Economy of Shipping*" , Thomas Reed Publications
- Branch, Alan, 1986, "*Elements of port operation and management*", Chapman and Hall
- Bennathan, E. and A. Walters, 2002, "*The Economics of Ocean Freight*" London, Professional Books

- Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2000, “*Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview*”, *Health, Risk and Society* 2 (3)
- Botterill, Gr., J., 2003, “*Training Sea and Shore staff for the ISM Code*”, *BIMCO Bulletin*, Volume 92, No. 2
- The British International Freight Association, 1997, “*The International Freight Guide*”
- Chrzanowski, I., 2002, “*An Introduction to Shipping Economics*”, London, Fairplay Publications.
- Chrzanowski, I., 1993, “*An Introduction to Shipping Economics*”, London, Fairplay Publications
- Cowley, J., 1995, “*The Concept of the ISM Code : Definition of the Code – Management and Operation of Ships, Practical Techniques for Today and Tomorrow*”, Fairplay Publications
- Davies, F., 1996, “*Implementing the ISM Code*”, *BIMCO Bulletin*, Volume 91, No. 2
- Davies, F., 1996, “*Quality Policy Manual*”, *BIMCO Bulletin*, Volume 92, No. 2
- De Bievre, A., 2005, “*IMO and the ISM Code*”, *BIMCO Review* 2004
- Dockray, M., 1993, “*Cases and Materials on the Carriage of Goods by Sea*”, London, Professional Books
- Dockray, M., 2002, “*Cases and Materials on the Carriage of Goods by Sea*”, London, Professional Books
- Farthing, B., M. Brownrigg, 1997, “*Farthing on International Shipping* LLP Limited, London.
- GAC – agents of Evergreen shipping line in Greece, 1992, “*Compendium of Shipping Knowledge*”, Loizou Publishes

- Hilton, Ch., 1997, “*Approaching the ISM Code*”, BIMCO Bulletin, Volume 91, No. 2
- Huges, L., 2002, “*The Shipping Transport*”, Chapman and Hall
- Huges, M., 2004, “*Internal Safety Management Systems Controls*”, BIMCO Bulletin, 2005
- Kemp P., 2003, “*History of ships*”, New York, Books for Shipping
- MARPOL – Pollution Prevention – BIMCO Bulletin Review 2004
- Michael, G., 2002, “*Economics of Shipping*”, Thomas Reed Publications
- Metaxas, B., 1996, “*The Economics of Shipping*”. London, Athlone Press.
- Metaxas, B., 1998, “*The Economics of Tramp Shipping*”. London, Athlone Press.
- O’Neil, W., 1996, “*The Code is Coming*”, BIMCO Bulletin, Volume 91
- Parker., J., 2001, “*The ISM Conference : As many answers as questions*”, BIMCO Bulletin, Volume 95, No. 7, 2003
- Saunders M., Lewis P. and Thornhill A., 2000, “*Research Methods For Business Students*”, London: Prentice Hall.
- Sekaran U., 1992, “*Research Methods for Business, A Skill Building Approach*”, New York: John Wiles and Sons Inc.
- Zikmund W.G., 2000, “*Business Research Methods*”, London: Harcourt college publishers.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- [Γουλιέλμος Αλέξανδρος Μ.](#) (2003). “Οργάνωση & Διοίκηση ναυτιλιακών Επιχειρήσεων”, [Σταμούλη Α.Ε.](#)

- Εξάρχου Γ. (1999). “Διαμεταφορά ναυτιλιακών γραμμών”, [Γιωγγαράς](#).
- [?????????? ?????????? ?](#). (2004). “Management Ναυτιλιακών Επιχειρήσεων”, [Σταμούλη Α.Ε.](#)
- [?????????? ?????????? ?](#). (2005). “Η στρατηγική των ελληνικών ναυτιλιακών επιχειρήσεων”, [Σταμούλη Α.Ε.](#)
- Εξάρχου Γ. (2008). “Ελληνική ναυτιλία, απασχόληση και ανταγωνιστικότητα – Στρατηγικές διοίκησης ανθρώπινου δυναμικού”, Gutenberg.
- Τζελένη (2001). “Ιστορία της Ελληνόκτητης Ναυτιλίας 19ος - 20ος αιώνας”, Νεφέλη.
- [??????????, ??????????? ?](#). (2005). “Η στρατηγική των ελληνικών ναυτιλιακών επιχειρήσεων”, [Σταμούλη Α.Ε.](#)
- Πιπέρης Π., Μανιάς Σ., 1995, “Συστήματα Οδήγησης Ηλεκτρικών Κινητήρων”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα
- Νικολαΐδης Ν. 1999, “Ανάλυση Συστημάτων Δηζελοηλεκτρικής Πρόωσης Πλοίων”, Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία ΔΠΜΣ “Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας”, Αθήνα, Οκτώβριος
- Χρυσόπουλος Χ., 2005, “Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου – Τόμος Α’: Ηλεκτρολογικό μέρος”, Διδακτικές σημειώσεις για φοιτητές της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ
- Γούπαρης Ι.Κ., 2001, “Ηλεκτροπρόωση Μηχανών Πολεμικών Πλοίων”, Μονογραφία ΣΝΔ, Πειραιάς, Μάρτιος