



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι

Η ΕΝΟΤΗΤΑ αναφέρεται σε ΑΤΡΑΚΤΟΥΣ - ΑΞΙΟΝΕΣ - ΕΔΡΑΝΑ

**Η μελέτη θα διεξαχθεί σε ΔΥΟ ΜΕΡΗ
(Βασικής Κατανόησης και Εφαρμογής)**

Επιμέλεια : Δρ. Μαργαρίτα Μωυσίδη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΤΡΑΚΤΟΙ - ΑΞΙΟΝΕΣ - ΕΔΡΑΝΑ

ΜΕΡΟΣ 1 - ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

- ▶ Σε ορισμένα κεφάλαια της ύλης του μαθήματος ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ θα χρειαστεί να γνωρίζουμε στοιχεία από την περιστροφική κίνηση των σωμάτων.
- ▶ Για τον λόγο αυτό θα αναφέρουμε ορισμένα θέματα για την γραμμική και τη γωνιακή ταχύτητα στην περιστροφική κίνηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

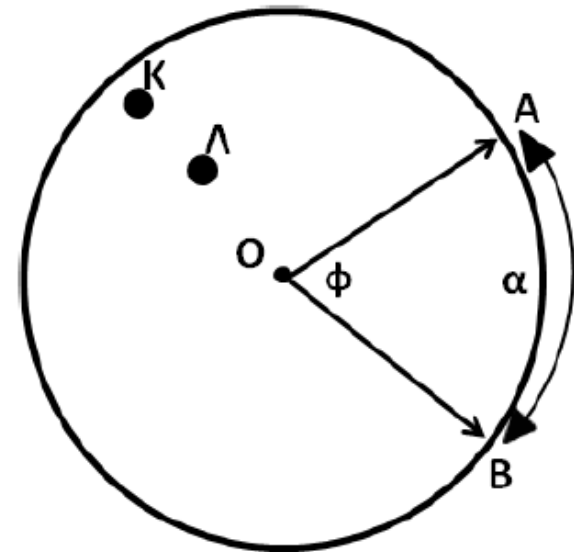
ΑΤΡΑΚΤΟΙ - ΑΞΟΝΕΣ

Άξονας είναι ένα περιστρεφόμενο στοιχείο συνήθως κυκλικής διατομής και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει ισχύ ή κίνηση (καταπονούνται σε καμπτικά φορτία). Επίσης αξονας λεγεται κάθε ραβδος γυρω από την οποια περιστρεφονται αλλα εξαρτηματα.

Άτρακτος είναι ένα περιστρεφόμενο στοιχείο που μεταφέρει ροπή και χρησιμοποιείται για να στηρίζει περιστρεφόμενους τροχούς, τροχαλίες κλπ(καταπονούνται σε καμπτικά και στρεπτικά φορτία).

Η βασική διαφορά τους είναι ότι οι άξονες ΔΕΝ καταπονούνται από ροπή στρέψης σε αντίθεση με τις ατράκτους, στις οποίες η ροπή στρέψης είναι συνήθως η κύρια φόρτιση.

- ▶ Εστω ένας τροχός ο οποίος περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα. Αυτό σημαίνει ότι κάνει κάθε κύκλο στον ίδιο χρόνο κάθε φορά.
- ▶ Διαφορετικά «γράφει (δηλαδή αφήνει το ίχνος του) το ίδιο τόξο του κύκλου στη μονάδα του χρόνου» ή «γράφει ίσα τόξα σε ίσους χρόνους».
- ▶ στην περιστροφική κίνηση υπάρχουν δύο ειδών ταχύτητες: η γραμμική και η γωνιακή.



Βλέπουμε τον κύκλο στο διπλανό σχήμα και υποθέτουμε ότι αυτό είναι ένας δρόμος που ένα σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα. Ας πούμε ότι πηγαίνει από το Α στο Β σε χρόνο t , προχωρεί δηλαδή για απόσταση «α» πάνω στον κύκλο σε αυτό το χρόνο t .

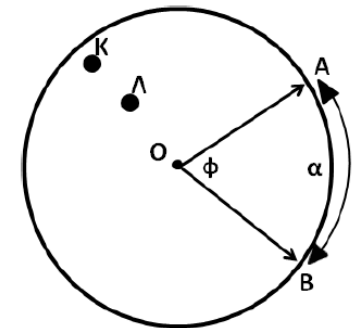
Σύμφωνα με τη φυσική, ταχύτητα ενός κινητού (ενός σώματος δηλαδή που κινείται) ορίζεται το πηλίκο της απόστασης προς το χρόνο. Για παράδειγμα, αν το κινητό ήταν ένα αυτοκίνητο και πήγαινε με σταθερή ταχύτητα για 120 χιλιόμετρα σε δύο ώρες θα λέγαμε ότι η ταχύτητά του είναι 60 χιλιόμετρα την ώρα. Θα το βρίσκαμε διαιρώντας την απόσταση των 120 χιλιομέτρων με το χρόνο των δύο ωρών, που κάνει 60.

Η ταχύτητα του κινητού σώματος είναι: $u = x/t$



ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Αυτή η ταχύτητα ονομάζεται γραμμική ταχύτητα και οι μονάδες της στο Διεθνές Σύστημα είναι m/s. Γραμμική ταχύτητα είναι η γνωστή σε όλους ταχύτητα που μετράμε στα αυτοκίνητα, στους ανθρώπους, στα αεροπλάνα, κλπ.



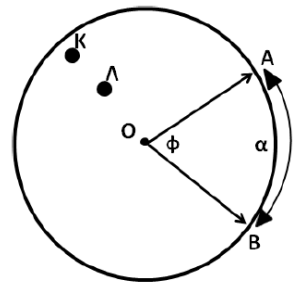
Υπάρχει και γωνιακή ταχύτητα, η οποία δεν μετρά σε κάποιο χρόνο την απόσταση που κάνει το κινητό, αλλά την γωνία κατά την οποία περιστρέφεται σε αυτό το χρόνο.

Στον αριθμητή της γωνιακής ταχύτητας αντί για την απόσταση που διανύει το κινητό είναι η γωνία που σχηματίζει η αρχή και το τέλος της κίνησης με το κέντρο του κύκλου. Στο παράδειγμα του σχήματος η γωνία αυτή είναι η AOB ή ϕ .

Οι μονάδες που μετριέται η γωνία στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι τα ακτίνια.

Ένα ακτίνιο ισούται με $180/\pi$ [μοίρες](#)

Γωνία ενός ακτίνιου ισοδυναμεί με το τόξο το οποίο έχει μήκος ίσο με το μήκος της ακτίνας του κύκλου.



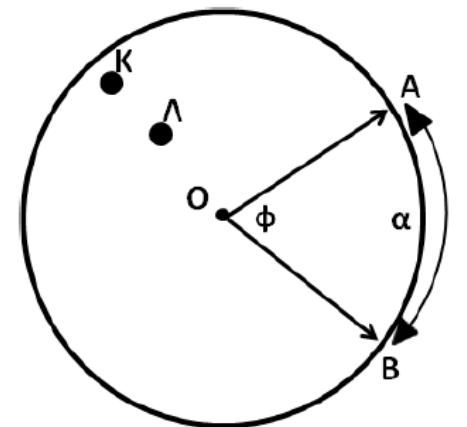
Παρόμοια έννοια είναι οι στροφές ενός κινητού, που συμβολίζονται με n και δείχνουν πόσες στροφές θα κάνει το κινητό που περιστρέφεται, στη μονάδα του χρόνου, που θα είναι είτε το δευτερόλεπτο είτε το λεπτό.

Μονάδα του n είναι οι στροφές ανά δευτερόλεπτο (στο SI) ή το πιο συνηθισμένο: στροφές ανά λεπτό, που συμβολίζεται rpm ή και RPM.

Όταν ένα σώμα κάνει περιστροφική κίνηση η γραμμική ταχύτητά του συνδέεται με τις στροφές του και με τη διάμετρο d του κύκλου με τη σχέση:

$$v = \pi * d * n$$

Δηλαδή όταν γνωρίζουμε την διάμετρο του κύκλου και τον αριθμό των στροφών που εκτελεί στη μονάδα του χρόνου, τότε μπορούμε να βρούμε την ταχύτητα του κινητού. Η προηγούμενη σχέση ισχύει στο SI, άρα η ταχύτητα είναι σε m/s, η διάμετρος σε m και οι στροφές σε στρ/s.



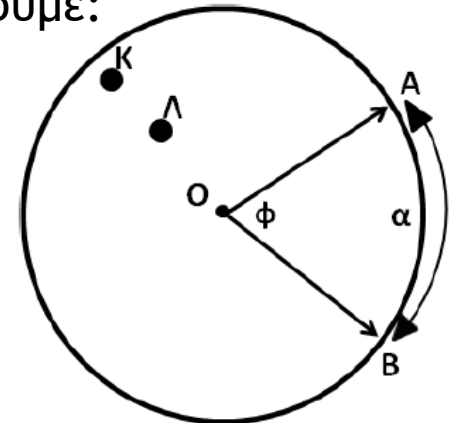
Αν οι στροφές δίνονται σε στρ/λεπτό (RPM) (και η ταχύτητα και η διάμετρος στις ίδιες με πριν μονάδες) τότε ο τύπος γίνεται:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

Παράδειγμα: Ένα αυτοκίνητο κάνει κύκλους σε μια κυκλική πίστα με διάμετρο 200 μέτρα και έχει κάνει 60 στροφές σε μισή ώρα. Με τι ταχύτητα έτρεχε;

Απάντηση: Η διάμετρος του κύκλου είναι 200 μέτρα δηλαδή 0,2 χιλιόμετρα. Οι στροφές αφού είναι 60 στη μισή ώρα θα είναι 120 στη μία ώρα. Άρα από τον τύπο βρίσκουμε:

$$v = \pi \cdot d \cdot n \Rightarrow v = 3,14 \cdot 0,2km \cdot 120 \frac{\text{στροφές}}{h} \Rightarrow v = 75,36 km/h$$

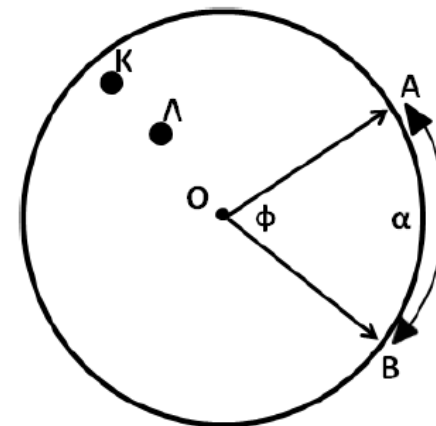


Αν δουλεύαμε στο SI θα λέγαμε ότι αφού κάνει 120 στροφές την ώρα τότε θα κάνει $120/3600=0,03333$ στροφές το δευτερόλεπτο. Τότε βάσει του τύπου θα βρίσκαμε:

$$v = \pi \cdot d \cdot n \Rightarrow v = 3,14 \cdot 200m \cdot 0,03333 \frac{\text{στροφές}}{\text{s}} \Rightarrow v = 20,93 \text{ m/s}$$

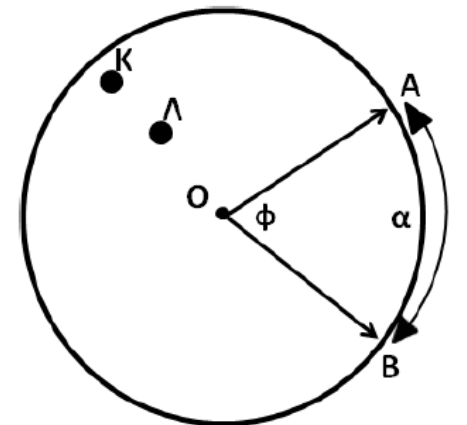
Και αν θέλαμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο θα βάζαμε τις στροφές σε RPM και οι 120 στροφές την ώρα θα ήταν $120/60$ δηλαδή 2 στροφές το λεπτό ή 2 RPM :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \Rightarrow v = \frac{3,14 \cdot 200m \cdot 2RPM}{60} \Rightarrow v = 20,93 \text{ m/s}$$



Εστω μια ρόδα ή ένας δίσκος που περιστρέφεται. Τότε, κάθε σημείο της ρόδας ή του δίσκου κάνει περιστροφική κίνηση και ισχύουν τα προηγούμενα, σαν να ήταν το κάθε σημείο της ρόδας ένα χωριστό αντικείμενο που περιστρεφόταν. Θα μπορούσε δηλαδή στο προηγούμενο σχήμα να είχαμε μία ρόδα και τα σημεία A και B να ήταν στα άκρα της.

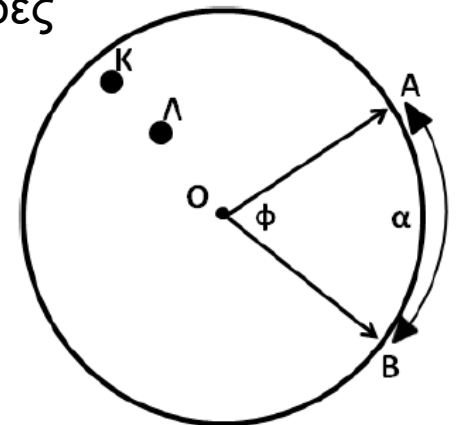
Θα λέγαμε ότι κάθε σημείο της περιφέρειας της ρόδας έχει γραμμική ταχύτητα .



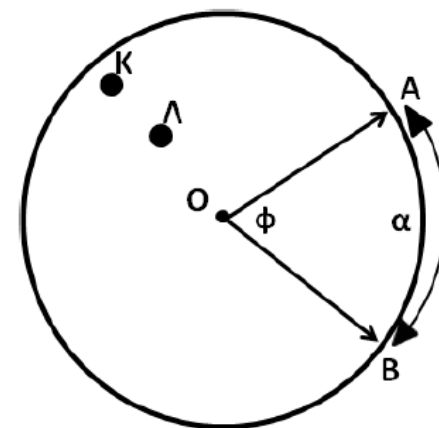
Εστω τα σημεία Κ και Λ , όπου το Κ είναι πιο έξω από το Λ . Το Λ είναι πιο κοντά στο κέντρο του δίσκου. Αν κάνει ένα κύκλο το Κ θα κάνει το ίδιο και το Λ. Αυτό σημαίνει ότι τα σημεία Κ και Λ έχουν την ίδια γωνιακή ταχύτητα, όπως και κάθε σημείο του δίσκου, αφού όσους κύκλους κάνει το ένα κάνουν και όλα τα άλλα. Ιδια γωνιακή ταχύτητα σημαίνει ότι έχουν και τον ίδιο αριθμό στροφών.

Στην φυσική η γωνιακή ταχύτητα είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που εκφράζει την ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί κυκλική κίνηση και ισούται με τον ρυθμό μεταβολής του τόξου που διαγράφει το σώμα σε κυκλική κίνηση και δίνεται από την σχέση:

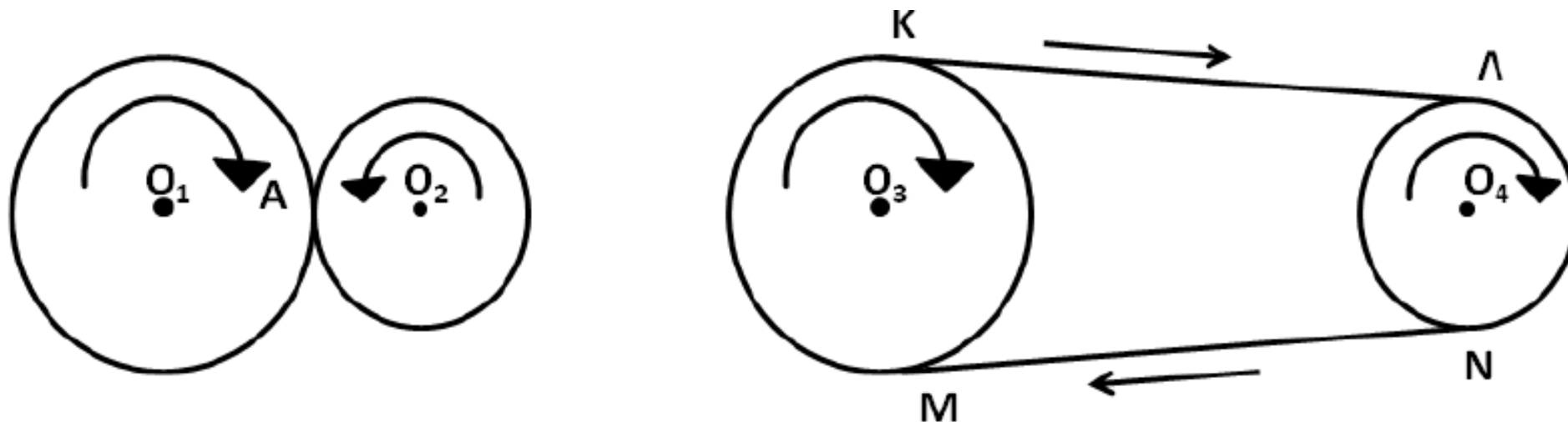
$\omega = d\theta/dt$ η μεταβολή της γωνίας που αντιστοιχεί στο διαγραφόμενο τόξο και οι μονάδες μέτρησης είναι rad/sec.



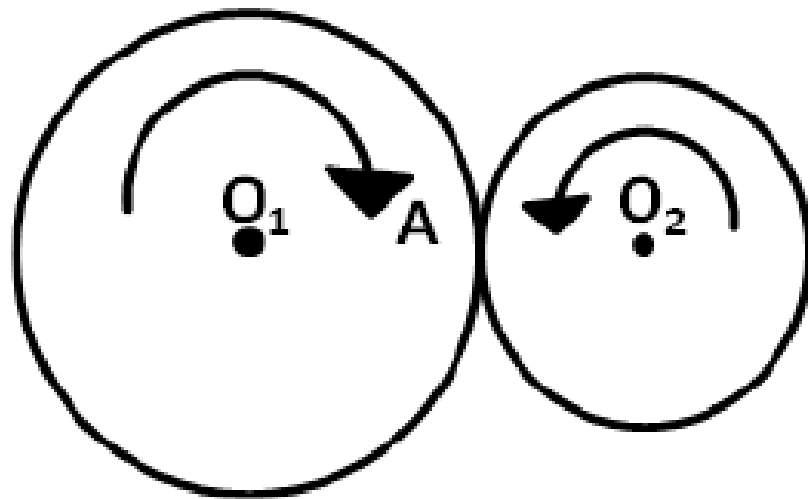
Όμως **δεν έχουν την ίδια γραμμική ταχύτητα**, γιατί αυτή εξαρτάται από την απόσταση και όχι τη γωνία που έκαναν τα δύο σημεία Κ και Λ. Το σημείο Κ που βρίσκεται πιο μακριά από το Λ, όταν κάνει ένα κύκλο κάνει μεγαλύτερη απόσταση από το Λ, που κάνει πιο μικρό κύκλο. Δηλαδή το Κ στον ίδιο χρόνο με το Λ, κάνει πιο μεγάλη απόσταση, άρα τρέχει πιο γρήγορα. Το συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι όσο πιο μακριά από το κέντρο περιστροφής βρίσκεται ένα σημείο, τόσο μεγαλύτερη γραμμική ταχύτητα έχει.



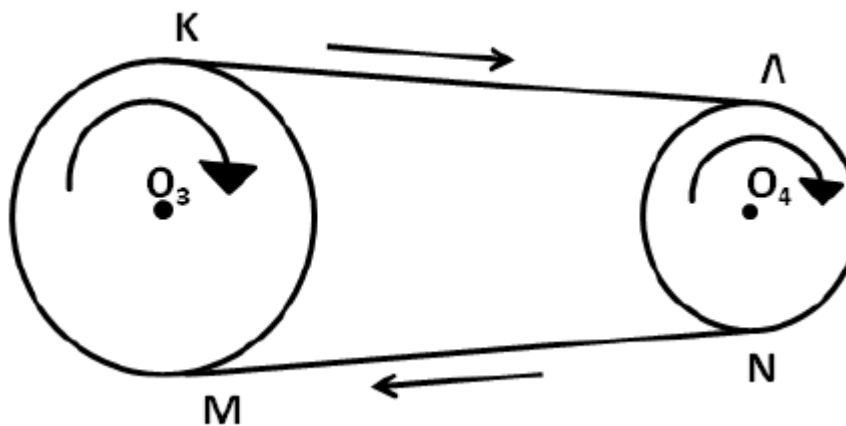
Εστω ότι έχουμε δυο συνεργαζόμενους τροχούς. Εδώ έχουμε δυο περιπτώσεις: α) οι τροχοί να είναι σε επαφή και β) οι τροχοί να είναι σε απόσταση και να συνδέονται με κάποιο μέσο (ιμάντα ή αλυσίδα). Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι δυο περιπτώσεις.



Οι δυο πρώτοι τροχοί με κέντρα τα O_1 και O_2 έχουν σημείο επαφής το A . Για να μεταδίδει ο ένας την κίνηση στον άλλο μέσω του σημείου επαφής, στην περιφέρεια των τροχών υπάρχει η λεγόμενη οδόντωση, ώστε να παρασύρει ο τροχός που έχει κίνηση (ονομάζεται κινητήριος) τον άλλο (που ονομάζεται κινούμενος). Ο ένας από τους δύο περιστρέφεται παίρνοντας κίνηση με κάποιο μηχανικό ή ηλεκτρικό μέσο (πχ. κινητήρα) και ο άλλος παίρνει κίνηση από τον πρώτο. Στο σχήμα φαίνεται η φορά περιστροφής (κατεύθυνση) των δυο τροχών όταν κινούνται.

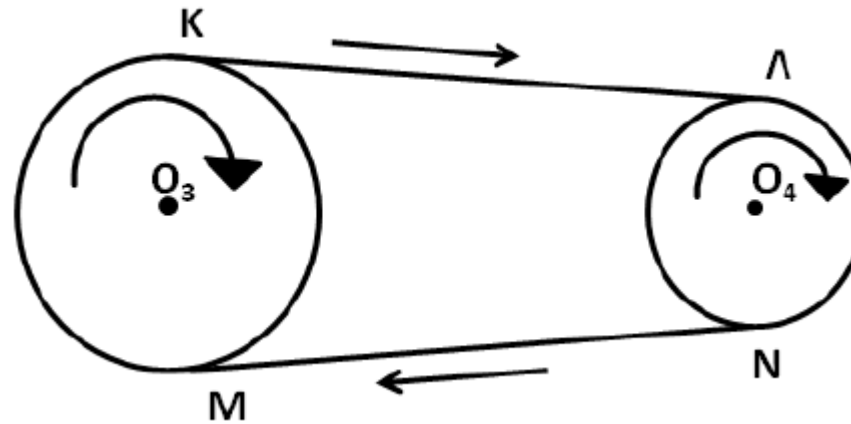


Οι δύο άλλοι τροχοί με κέντρα O_3 και O_4 βρίσκονται σε απόσταση και για αυτό χρησιμοποιείται ένας ιμάντας ή μια αλυσίδα για να με ταδώσει την κίνηση. Πάλι υπάρχει ο κινητήριος, που δίνει την κίνηση στον κινούμενο. Εδώ η φορά της περιστροφής είναι λίγο διαφορετική από πριν στους δυο τροχούς σε επαφή και φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα. Η κίνηση μεταδίδεται από τον κινητήριο στον κινούμενο μέσω της τριβής που δημιουργεί ο ιμάντας ή με την αλυσίδα και τα δόντια που έχουν σε αυτή την περίπτωση οι δυο τροχοί.



Ανεξάρτητα από το αν οι δυο τροχοί είναι σε επαφή ή σε απόσταση, υπάρχουν ορισμένες σχέσεις κοινές, που ισχύουν μεταξύ των μεγεθών που περιγράφουν τις κινήσεις τους. Για παράδειγμα η σχέση μετάδοσης, η οποία ορίζεται ως το πηλίκο των στροφών του κινούμενου τροχού προς τον αριθμό των στροφών που έχει ο κινητήριος. Αν συμβολίσουμε με i την σχέση μετάδοσης, n_1 τον αριθμό των στροφών του κινητήριου τροχού και n_2 τις στροφές του κινούμενου τροχού, τότε σύμφωνα με τον ορισμό θα ισχύει:

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$



1. Αρχικά οι στροφές ενός τροχού είναι αντιστρόφως ανάλογες της διαμέτρου του τροχού.

$$n = \frac{u}{\pi \cdot d}$$

2. Οι δυο τροχοί έχουν τις ίδιες περιφερειακές γραμμικές ταχύτητες. Δηλαδή οι περιφέρειές τους έχουν την ίδια γραμμική ταχύτητα. Στην περίπτωση των οδοντωτών τροχών οι περιφέρειες είναι σε επαφή και η μια είναι σε κύλιση στην άλλη, άρα οι ταχύτητές τους είναι ίσες. Στην περίπτωση του ιμάντα ή της αλυσίδας οι περιφέρειες των δυο τροχών έχουν την ίδια ταχύτητα γιατί έχουν την ταχύτητα του ιμάντα ή της αλυσίδας.

$$u_1 = u_2$$

$$\pi \cdot d_1 \cdot n_1 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2$$

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

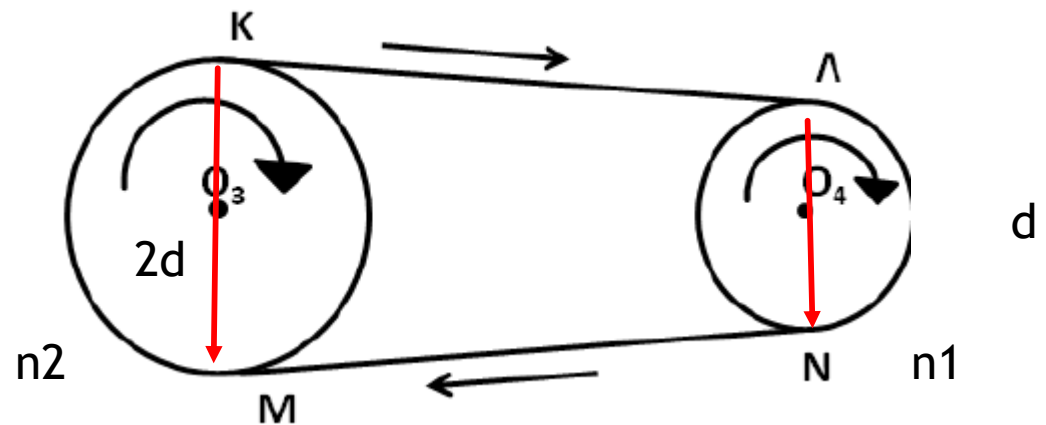
3.

Συμπεραίνουμε οτι όταν έχουμε δυο συνεργαζόμενους οδοντωτούς τροχούς ή δυο τροχούς που περιστρέφονται με ιμάντα ή αλυσίδα, όσες φορές μεγαλύτερος είναι ο ένας από τον άλλον τόσες φορές πιο αργά θα περιστρέφεται. Για παράδειγμα, αν ο ένας έχει διπλάσια διάμετρο από τον άλλο, θα περιστρέφεται με τις μισές στροφές από εκείνον

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{2d_1}{d_1} = 2$$

$$n_1 = 2n_2$$

$$n_2 = \frac{n_1}{2}$$



5. Στο ακριβώς πιο πάνω σχήμα βλέπουμε πάλι τους δύο τροχούς όπου ο O_1 κινεί τον O_2 με τη φορά περιστροφής όπως φαίνεται στο σχήμα. Φαίνεται και η δύναμη F που ασκεί ο τροχός O_1 ώστε να περιστρέψει τον O_2 . Αυτή η δύναμη μεταφέρεται από την οδόντωση του πρώτου τροχού στην οδόντωση του δεύτερου και ασκείται στο σημείο επαφής A των δύο τροχών. Η F μεταφέρεται στον δεύτερο τροχό για να τον περιστρέψει, δηλαδή υπάρχει και στους δύο τροχούς. Θα μπορούσαμε να είχαμε σχεδιάσει δύο δυνάμεις: F_1 και F_2 αντί για την F και ίσες με την F . Αυτές οι δυνάμεις προκαλούν μία ροπή στον κάθε τροχό, την M_1 στον πρώτο και την M_2 στο δεύτερο.
- Ενώ οι δυνάμεις F_1 και F_2 είναι ίσες, οι δύο ροπές δεν είναι ίσες, αφού η κάθε μία προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της F με την απόστασή της από το κέντρο περιστροφής του κάθε τροχού. Άρα η δύναμη F_1 που πάει να περιστρέψει τον πρώτο τροχό (ουσιαστικά προέρχεται από την περιστροφή του, αφού αυτός είναι ο κινητήριος) θα έχει ροπή M_1 που θα είναι ίση με το γινόμενο της F_1 επί την απόσταση O_1A , που είναι η ακτίνα του τροχού, άρα είναι ίση με το μισό της διαμέτρου $d_1/2$. Αντιστοίχως θα ισχύει και για τη ροπή M_2 του δεύτερου τροχού. Επομένως θα ισχύουν οι σχέσεις

5. Επομένως θα ισχύουν οι σχέσεις

$$M_1 = F_1 \cdot \frac{d_1}{2} \Rightarrow M_1 = F \cdot \frac{d_1}{2}$$

$$M_2 = F_2 \cdot \frac{d_2}{2} \Rightarrow M_2 = F \cdot \frac{d_2}{2}$$

Με συνδυασμό αυτών των σχέσεων και της προηγούμενης που είδαμε $\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$ προκύπτει:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} = i$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1}{d_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} = i$$

Το συμπέρασμα είναι ότι η ροπή M για κάθε τροχό είναι ανάλογη της διαμέτρου του τροχού, ενώ οι στροφές n του αντιστρόφως ανάλογες της διαμέτρου.

Ισχύς και η Ενέργεια στον περιστρεφόμενο τροχό

1. Υπολογίζεται η ισχύς και η ενέργεια που αποδίδεται σε αυτόν.

$$M = 716,2 \cdot \frac{P}{n}$$

Σε ένα περιστρεφόμενο σώμα η **ροπή M** που το περιστρέφει, η ισχύς P που μεταδίδεται ή που δέχεται το σώμα και ο αριθμός των στροφών n, συνδέονται με την σχέση αυτή.

- Όταν χρησιμοποιούμε τον τύπο αυτό πρέπει να θυμόμαστε τις μονάδες των μεγεθών, οι οποίες είναι οι εξής: ροπή: **daN·m**, ισχύς: HP και στροφές σε στροφές ανά λεπτό δηλαδή RPM (rpm).
- Αν η ροπή δίνεται ή βρίσκεται σε daN·cm (και όχι σε daN·m) τότε ο προηγούμενος τύπος παίρνει τη μορφή:

$$M = 71620 \cdot \frac{P}{n}$$

Και είναι λογικό να αυξάνεται κατά τον παράγοντα 100 ο συντελεστής, αφού η ροπή βρίσκεται σε daN·cm που είναι κατά 100 φορές μικρότερη μονάδα από την daN·m.

Αυτός ο τύπος έχει το εξής νόημα: όταν ένα σώμα περιστρέφεται, η ισχύς που υπάρχει ή μεταδίδεται μέσω αυτού, εξαρτάται από τις στροφές και την ροπή σε αυτό. Όσο μεγαλύτερη η ροπή και περισσότερες οι στροφές τόσο περισσότερη η μεταδιδόμενη ισχύς.

Αντιστοίχως μπορούμε να πούμε ότι όσο μεγαλύτερη η ισχύς που μεταδίδεται τόσο μεγαλύτερη η ροπή που θα ασκείται, ενώ όσο περισσότερες οι στροφές τόσο μικρότερη η ροπή (για την ίδια μεταφερόμενη ισχύ).

Ο βαθμός απόδοσης

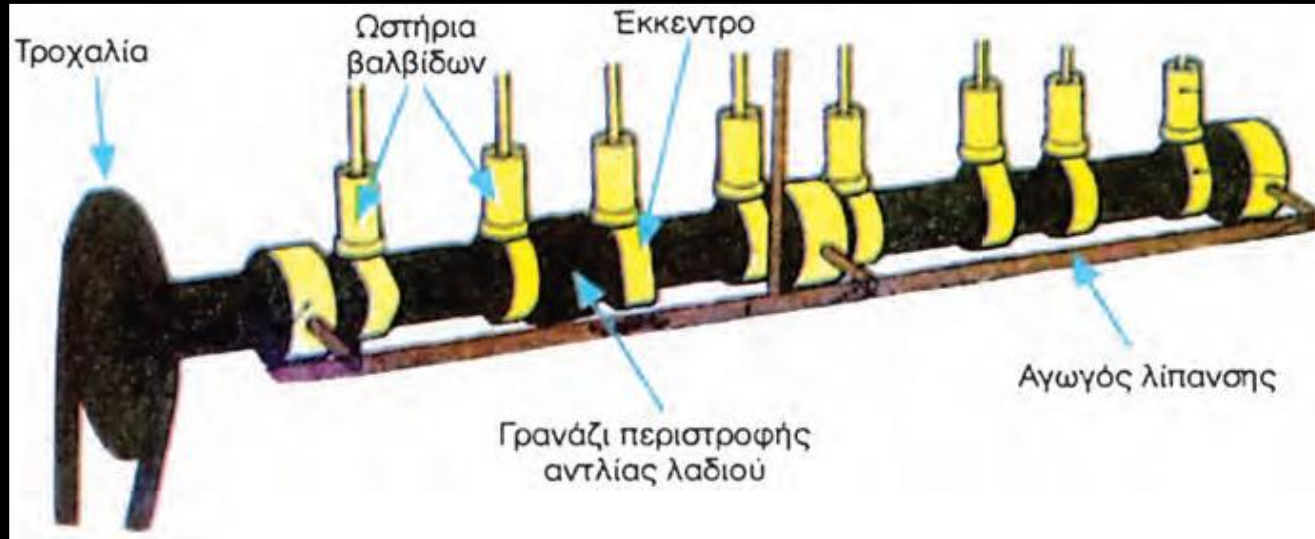
Ο βαθμός απόδοσης η είναι ένα μέγεθος που μας δείχνει αν μια μηχανή εκμεταλλεύεται αρκετά την ενέργεια (συνήθως ηλεκτρική ή καύσιμο) που χρησιμοποιεί για να μας αποδώσει κάποιο έργο.

Ο λόγος της ισχύος που ωφελούμαστε από ένα μηχανήμα ή μια συσκευή, προς την ολική καταναλισκόμενη ισχύ του μηχανήματος ονομάζεται βαθμός απόδοσης αυτού.

$$\eta = \frac{P_{\omega\phi\acute{\epsilon}\lambda\iota\mu\eta}}{P_{\kappa\alpha\tau\alpha\nu\alpha\lambda\iota\sigma\kappa\acute{o}\mu\epsilon\nu\eta}}$$

Υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση σε συνεργαζόμενους άξονες, όταν μεταδίδεται κίνηση από τον ένα στον άλλο. Μπορεί λόγω τριβών και άλλων ατελειών του συστήματος μετάδοσης να μην μεταβιβάζεται όλη η ισχύς στον κινούμενο άξονα, αλλά να μετατρέπεται ένα μικρό ή μεγάλο ποσοστό σε θερμότητα (πάντα θα γίνεται αυτό). Αυτό μειώνει το βαθμό απόδοσης, ο οποίος στην περίπτωση των αξόνων, ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος του κινητήριου άξονα προς την ισχύ του κινούμενου.

Αυτό που πρέπει να κρατήσουμε από αυτό το σημείο του μαθήματος είναι ότι όταν γνωρίζουμε το βαθμό απόδοσης, μπορούμε να υπολογίσουμε την μεταφερόμενη ισχύ στον κινούμενο άξονα.



*Εκκεντροφόρος άξονας από μια μηχανή εσωτερικής καύσης
(στην πραγματικότητα άτρακτος, γιατί φέρει καμπτικά και
στρεπτικά φορτία)*

Εάν μεταφέρεται ροπή αναφερόμαστε σε άτρακτο ή εάν δεν μεταφέρεται ροπή τότε αναφερόμαστε σε άξονα). Συνήθως χρησιμοποιείται πιο πολύ ο όρος άξονας.

1. Στις ασκήσεις συνήθως θα ζητείται ο υπολογισμός καταπόνηση σε στρέψη, που σημαίνει ότι πρέπει να υπολογίσουμε τη διάμετρο.

2. Για τον υπολογισμό πρέπει να γνωρίζουμε ορισμένα μεγέθη που επηρεάζουν την τιμή που θα έχει η διάμετρος. Τα μεγέθη αυτά είναι:

- οι στροφές με τις οποίες περιστρέφεται ο άξονας (n)
- η ισχύς την οποία μεταφέρει (P)
- η ροπή στρέψης (Mt)
- η επιτρεπόμενη διατμητική τάση του υλικού του άξονα ($\tau_{\epsilon\pi}$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΔΡΑΝΑ

ΜΕΡΟΣ 1 - ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ

- ▶ Έδρανο στη μηχανολογία λέγεται το στοιχείο μιας μηχανής όπου στηρίζεται ένας άξονας και
- ▶ σκοπεύει στη μεταβίβαση προς το έδαφος ή προς άλλες κατασκευές του φορτίου που εφαρμόζεται σε αυτόν τον άξονα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΔΡΑΝΑ

- ▶ Σκοπός των εδράνων γενικά είναι να στηρίζουν τις ατράκτους, τους άξονες και γενικά οποιαδήποτε άλλα περιστρεφόμενα ή ταλαντευόμενα στοιχεία μηχανών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΔΡΑΝΑ

- ▶ Τα έδρανα (ή τριβείς) αποτελούν φορείς στήριξης και οδήγησης κινούμενων μηχανολογικών μερών, όπως είναι οι άξονες και οι άτρακτοι.

➤ Τα έδρανα εν γένει χρησιμεύουν σαν «υποδοχείς» των αξόνων και των ατράκτων,

□ ενώ επιτρέπουν τη σχετική κίνηση μεταξύ δύο κομματιών προς μία ή περισσότερες κατευθύνσεις με την ελάχιστη τριβή και

□ παράλληλα αποτρέπουν την κίνηση προς την κατεύθυνση του εφαρμοζόμενου φορτίου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

➤ ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ :

- 1) να βρεθούν οι αντιδράσεις στα σημεία που τοποθετούνται τα εδρανα (συνηθως ρουλεμάν) και
- 2) να γίνει ο υπολογισμός των συγκεκριμένων εδράνων κύλισης που θα πρέπει να τοποθετηθούν για να καλύψουν την καταπόνηση της ατράκτου, με χρήση πινάκων.

1. Εάν μεταφέρεται ροπή (οπότε θα είχαμε άτρακτο) ή όχι (τότε θα λέγαμε για άξονα).

2. Το πρώτο σκέλος της άσκησης έχει καλυφθεί με παραδείγματα στην ενότητα Στατική . Στην περιπτωσή αυτή λέγαμε ράβδο ενώ εδώ θα λεμε άξονας ή άτρακτος. Η άσκηση αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο.

3. Πρέπει να μπορείτε να υπολογίζονται οι αντιδράσεις στα σημεία τοποθέτησης των εδράνων. Κατόπιν θα προχωράμε στην επιλογή των κατάλληλων εδράνων. Αυτό γίνεται με την ακόλουθη διαδικασία: Στην εκφώνηση της άσκησης πρέπει να δίνονται πληροφορίες για τον μηχανολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται η άτρακτος, ώστε να γίνει η σωστή επιλογή του εδράνου.

Για τη σωστή επιλογή από τους πίνακες πρέπει να γνωρίζουμε διάφορα στοιχεία που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής του εδράνου.

1. Ένα είναι οι **στροφές με τις οποίες αυτό θα περιστρέφεται**. Οσο περισσότερες είναι οι στροφές τόσο πιο γρήγορα θα φθαρεί το έδρανο, άρα θα πρέπει να επιλέξουμε ένα πιο καλό.

2. Ένας άλλος παράγοντας είναι **πόσες ώρες θα εργαστεί το έδρανο** (θεωρητική διάρκεια λειτουργίας ή ζωής) **μέχρι να το αντικαταστήσουμε**. Αν έχουμε δυο ρουλεμάν που καταπονούνται με την ίδια δύναμη αλλά το ένα θέλουμε να εργαστεί (μέχρι την αντικατάστασή του) για **1.000 ώρες ενώ το άλλο για 20.000 ώρες**, προφανώς το δεύτερο θα πρέπει να το επιλέξουμε καλύτερο.

3. Η δύναμη που καταπονεί το έδρανο

▫ Με βάση αυτά θα γίνει η επιλογή του εδράνου από πίνακα του βιβλίου.

ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Κάνουμε τα εξής βήματα για τη σωστή επιλογή του εδράνου κύλισης:

ΒΗΜΑ 1. Από τη μηχανή στην οποία μας λέει η εκφώνηση ότι βρίσκεται το έδρανο βρίσκουμε από τον πίνακα **A** την θεωρητική διάρκεια ζωής του σε ώρες. Για παράδειγμα αν η μηχανή είναι ένα μικρό αυτοκίνητο ο πίνακας δίνει θεωρητική διάρκεια λειτουργίας ίση με 1000 ως 2000 ώρες. Θα παίρνουμε μια ενδιάμεση τιμή (π.χ 1600 ώρες).

Πίνακας Β

A/A	Εφαρμογή	Θεωρητική διάρκεια λειτουργίας σε ώρες
1	Ηλεκτρικές συσκευές οικιακής χρήσεως	1000-2000
2	Μικροί ανεμιστήρες	2000-4000
3	Μικροί ηλεκτροκινητήρες μέχρι 4 kW	8000-10000
4	Ηλεκτροκινητήρες μέσης ισχύος	10000-15000
5	Ηλεκτροκινητήρες μόνιμοι μεγάλης δύναμews	20000-30000
6	Ηλεκτρικές μηχανές σταθμών παραγωγής ύδατος, φωταερίου	50000 και πλέον
7	Μοτοποδήλατα	600-1200
8	Μοτοσυκλέτες, μικρά αυτοκίνητα	1000-2000
9	Αυτοκίνητα επιβατηγά, μικρά φορτηγά	1500-2500
10	Φορτηγά αυτοκίνητα, λεωφορεία	2000-5000
11	Έδρανα βαγονέτων	5000
12	Λιποκιβώτια τροχιοδρόμων	20000-25000
13	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (επιβατηγά)	25000
14	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (φορτηγά)	35000
15	Λιποκιβώτια μηχανών έλξεως	20000-40000
16	Αναστροφείς κινήσεως σε ελικοφόρους άξονες μικρών πλοίων	3000-5000
17	Αξονικοί τριβείς πλοίων	15000-25000
18	Ελικοφόροι άξονες πλοίων	80000



Πίνακας Β

19	Αναστροφείς ελίκων πλοίων	20000-30000
20	Αγροτικές μηχανές	3000-6000
21	Ανυψωτικά μηχανήματα μικρά	5000-10000
22	Μειωτήρες στροφών	8000-15000
23	Κιβώτια ταχυτήτων εργαλειομηχανών	20000
24	Φορητές μηχανές μικρές	7500-15000
25	Έλαστρα μικρά εν ψυχρώ	5000-6000
26	Έλαστρα πολυκύλινδρα	8000-10000
27	Πριονιστήρια	10000-15000
28	Μηχανήματα μεταλλείων	4000-10000
29	Ανεμιστήρες μεταλλείων	40000-50000
30	Έδρανα αλυσσοφόρων μεταφορέων	40000-60000
31	Μηχανήματα χαρτοποιίας (διαρκής λειτουργία)	50000-80000
32	Σφυροθραυστήρες	20000-30000
33	Πιεστήρια μπρικετών	20000-30000

ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

ΒΗΜΑ 2. Χρησιμοποιούμε τον Πίνακα Γ για τον υπολογισμό των στροφών . Εκτός από τον αριθμό των ωρών που έχουμε προσδιορίσει στο προηγούμενο βήμα, χρειαζόμαστε και τις στροφές με τις οποίες περιστρέφεται το εδρανο. Αυτό πρέπει να δίνεται στην εκφώνηση.

Εστω ότι οι ώρες είναι οι 1600 που είπαμε πριν και μας δίνουν τις στροφές ότι είναι 2000 rpm. Θα πάμε στον πίνακα και θα βρούμε το νούμερο που αντιστοιχεί σε αυτά τα δύο. Οι 2000 rpm είναι στο δεύτερο μισό του πίνακα και οι 1600 ώρες δίνουν ένα αριθμό 5,75. Στο σχήμα της επόμενης σελίδας φαίνεται παραστατικά ο προσδιορισμός του αριθμού αυτού ο οποίος ονομάζεται λόγος φόρτισης C/P. Δηλαδή

.

Εστω ότι οι ώρες είναι οι 1600 που είπαμε πριν και μας δίνουν τις στροφές ότι είναι 2000 rpm. Θα πάμε στον πίνακα Γ και θα βρούμε το νούμερο που αντιστοιχεί σε αυτά τα δύο. Οι 2000 rpm είναι στο δεύτερο μισό του πίνακα και οι 1600 ώρες δίνουν ένα αριθμό 5,75. Στο σχήμα της επόμενης σελίδας φαίνεται παραστατικά ο προσδιορισμός του αριθμού αυτού ο οποίος ονομάζεται λόγος φόρτισης C/P.

Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,23	6,70	7,23	7,81
16000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,23	6,70	7,23	7,81
16000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

- ο προσδιορισμός του αριθμού αυτού 5,75 ονομάζεται **λόγος φόρτισης C/P**.
- P (ονομάζεται ισοδύναμο δυναμικό φορτίο) είναι η δύναμη που καταπονεί το έδρανο και οι μονάδες της είναι οπωσδήποτε σε N (Newton, μονάδες της δύναμης στο Διεθνές Σύστημα).
- C είναι το Δυναμικό φορτίο [στον πίνακα Δ ονομάζεται Βασικό Δυναμικό Φορτίο (Basic Dynamic Load)]. Το Δυναμικό φορτίο C (δυναμικός συντελεστής έδρασης) είναι το **σταθερό φορτίο κάτω από την επίδραση του οποίου το έδρανο επιτυγχάνει μία διάρκεια ζωής 10⁶ στροφών**. Το φορτίο αυτό δίνεται στους καταλόγους των εδράνων.

Από την τιμή που βρήκαμε για τον λόγο φόρτισης C/P λύνουμε ως προς C και το βρίσκουμε σε μονάδες N. Για παράδειγμα αν έχουμε υπολογίσει P=4000 N τότε θα έχουμε:

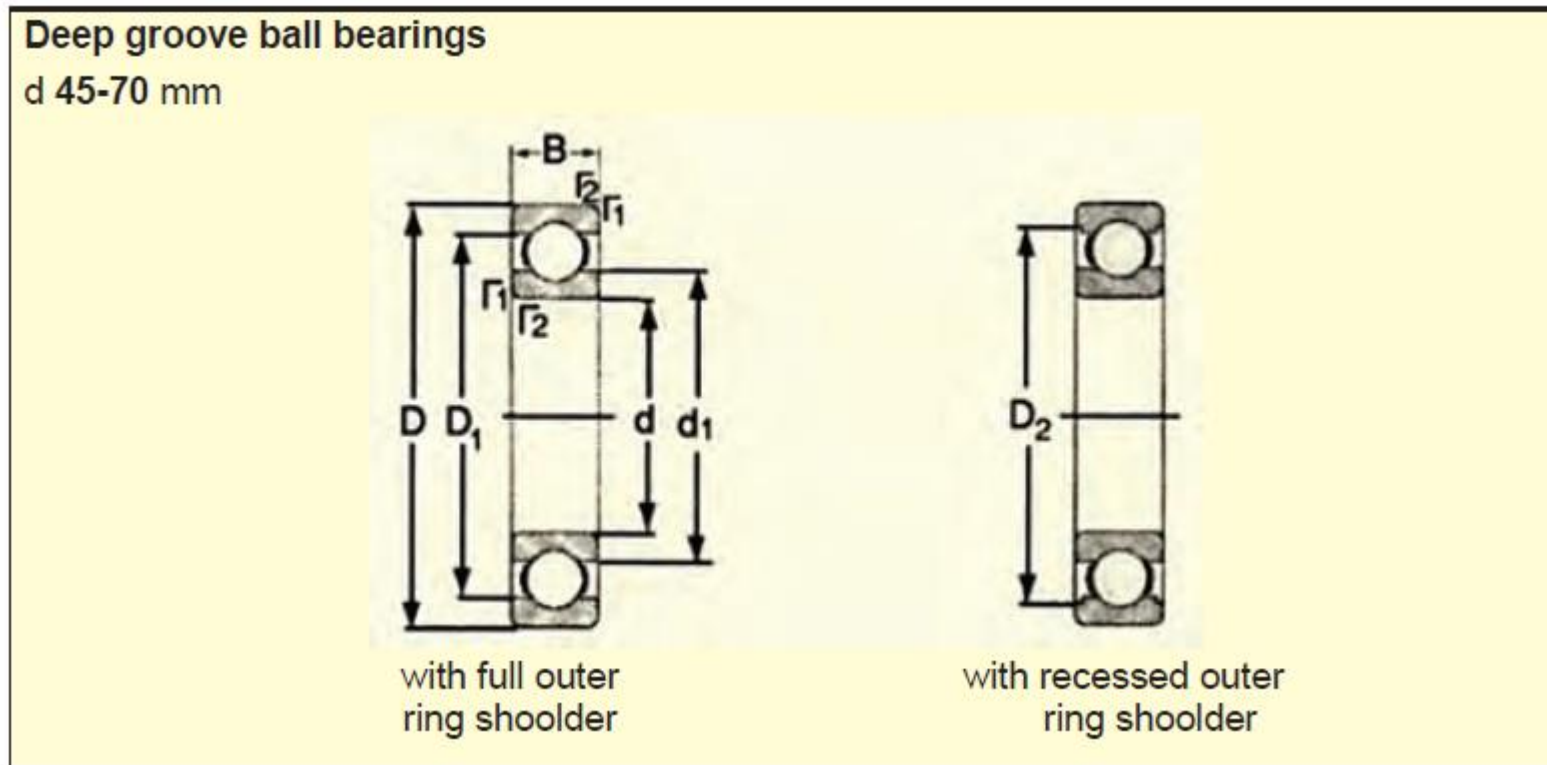
$$\frac{C}{P} = 5,75 \Rightarrow C = P \cdot 5,75 \Rightarrow C = 4000N \cdot 5,75 \Rightarrow C = 23.000N$$

- ο προσδιορισμός του αριθμού αυτού 5,75 ονομάζεται **λόγος φόρτισης C/P**.
- P (ονομάζεται ισοδύναμο δυναμικό φορτίο) είναι η δύναμη που καταπονεί το έδρανο και οι μονάδες της είναι οπωσδήποτε σε N (Newton, μονάδες της δύναμης στο Διεθνές Σύστημα).
- C είναι το Δυναμικό φορτίο [στον πίνακα Δ ονομάζεται Βασικό Δυναμικό Φορτίο (Basic Dynamic Load)]. Το Δυναμικό φορτίο C (δυναμικός συντελεστής έδρασης) είναι το **σταθερό φορτίο κάτω από την επίδραση του οποίου το έδρανο επιτυγχάνει μία διάρκεια ζωής 10⁶ στροφών**. Το φορτίο αυτό δίνεται στους καταλόγους των εδράνων.

Από την τιμή που βρήκαμε για τον λόγο φόρτισης C/P λύνουμε ως προς C και το βρίσκουμε σε μονάδες N. Για παράδειγμα αν έχουμε υπολογίσει P=4000 N τότε θα έχουμε:

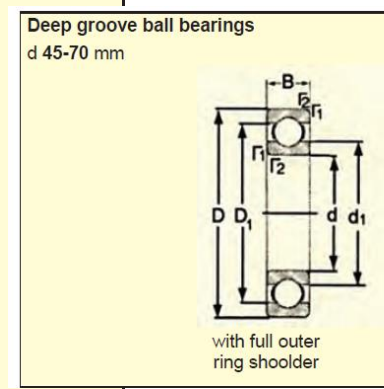
$$\frac{C}{P} = 5,75 \Rightarrow C = P \cdot 5,75 \Rightarrow C = 4000N \cdot 5,75 \Rightarrow C = 23.000N$$

- Επομένως βρήκαμε ότι το C είναι 23.000N. Προχωράμε τώρα στην επιλογή του εδράνου.



- Ο μόνος πίνακας για να επιλεγεί το έδρανο είναι ο ΠΙΝΑΚΑΣ Δ. Το κύριο στοιχείο για την επιλογή μας είναι ο C που θα τον βρούμε στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα. Εμείς επιλέγουμε ένα ρουλεμάν που θα πρέπει να έχει λίγο μεγαλύτερη ή ίση τιμή για το C από την τιμή που βρήκαμε στο προηγούμενο βήμα.
- Ο τύπος του ρουλεμάν δίνεται στην τελευταία στήλη. Εμείς για το παράδειγμά μας όπου $C=23.000\text{N}$ μπορούμε να επιλέξουμε όποιο ρουλεμάν θέλουμε με διάμετρο 45 mm έως 70 mm αρκεί να έχει έστω και λίγο μεγαλύτερο C από την τιμή 23.000 N. Οι τύποι που μπορούμε να επιλέξουμε ανάλογα με τη διάμετρο φαίνονται στο σχήμα της επόμενης σελίδας. Έχουμε επιλέξει ένα τύπο από κάθε διάμετρο του πίνακα και αυτοί είναι: διάμετρος 45 mm - τύπος 6209, διάμετρος 50 mm - τύπος 6210, διάμετρος 55 mm - τύπος 6011, διάμετρος 60 mm - τύπος 6012, διάμετρος 65 mm - τύπος 6013, διάμετρος 70 mm - τύπος 16014.

Principal dimensions			Basic load ratings		Limiting speeds		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀	Lubrication	grease oil		
mm			N		r/min		kg	
45	58	7	6 050	3 800	9 500	12 000	0,040	61809
	75	10	15 600	9 300	9 000	11 000	0,17	16009
	75	16	21 200	12 200	9 000	11 000	0,25	6009
	85	19	33 200	18 600	7 500	9 000	0,41	6209
	100	25	52 700	30 000	6 700	8 000	0,83	6309
	120	29	76 100	45 500	6 000	7 000	1,55	6409
50	65	7	6 240	4 250	9 000	11 000	0,052	61810
	80	10	16 300	10 000	8 500	10 000	0,18	18010
	80	16	21 600	13 200	8 500	10 000	0,26	6010
	90	20	35 100	19 600	7 000	8 500	0,46	6210
	110	27	61 800	36 000	6 300	7 500	1,05	6310
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	6410
55	72	9	8 320	5 600	8 500	10 000	0,083	61811
	90	11	19 500	12 200	7 500	9 000	0,26	16011
	90	18	28 100	17 000	7 500	9 000	0,39	6011
	100	21	43 600	25 000	6 300	7 500	0,61	6211
	120	29	71 500	41 500	5 600	6 700	1,35	6311
	140	33	99 500	63 000	5 000	6 000	2,30	6411



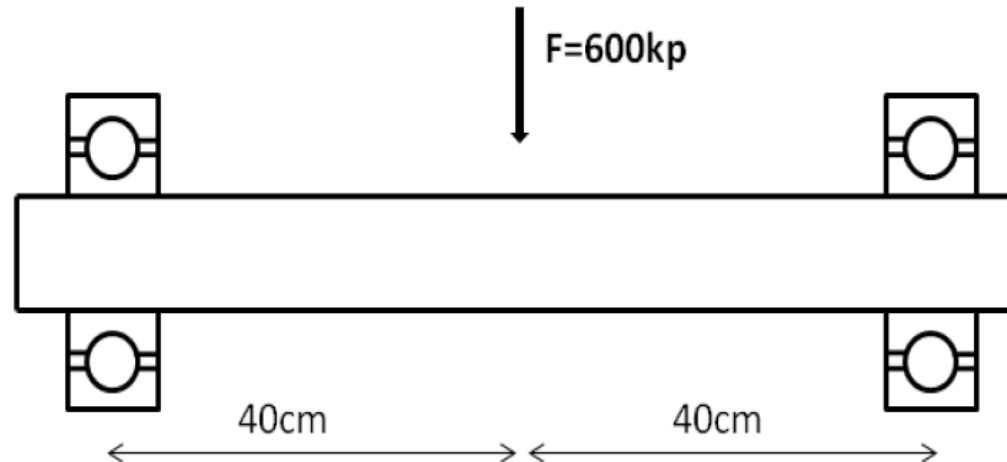
Principal dimensions			Basic load ratings dynamic static		Limiting speeds Lubrication grease oil		Mass	Designation
d	D	B	C	Co				
mm			N		r/min		kg	
45	58	7	6 050	3 800	9 500	12 000	0,040	61809
	75	10	15 600	9 300	9 000	11 000	0,17	16009
	75	16	21 200	12 200	9 000	11 000	0,25	6009
	85	19	33 200	18 600	7 500	9 000	0,41	6209
	100	25	52 700	30 000	6 700	8 000	0,83	6309
	120	29	76 100	45 500	6 000	7 000	1,55	6409
50	65	7	6 240	4 250	9 000	11 000	0,052	61810
	80	10	16 300	10 000	8 500	10 000	0,18	18010
	80	16	21 600	13 200	8 500	10 000	0,26	6010
	90	20	35 100	19 600	7 000	8 500	0,46	6210
	110	27	61 800	36 000	6 300	7 500	1,05	6310
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	6410
55	72	9	8 320	5 600	8 500	10 000	0,083	61811
	90	11	19 500	12 200	7 500	9 000	0,26	16011
	90	18	28 100	17 000	7 500	9 000	0,39	6011
	100	21	43 600	25 000	6 300	7 500	0,61	6211
	120	29	71 500	41 500	5 600	6 700	1,35	6311
	140	33	99 500	63 000	5 000	6 000	2,30	6411

ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Σε όλες θα έχουμε ως δεδομένο ότι $1 \text{ kp} \approx 10 \text{ N}$.

Άσκηση 6.1

Να υπολογιστούν τα έδρανα κύλισης στα άκρα της ατράκτου του παρακάτω σχήματος, που έχει διάμετρο 50 mm. Η εγκάρσια δύναμη $F=600 \text{ kp}$ ασκείται στο μέσον της ατράκτου που έχει μήκος 80 cm. Η άτρακτος βρίσκεται σε βαγονέτο και περιστρέφεται με 500 rpm.



ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

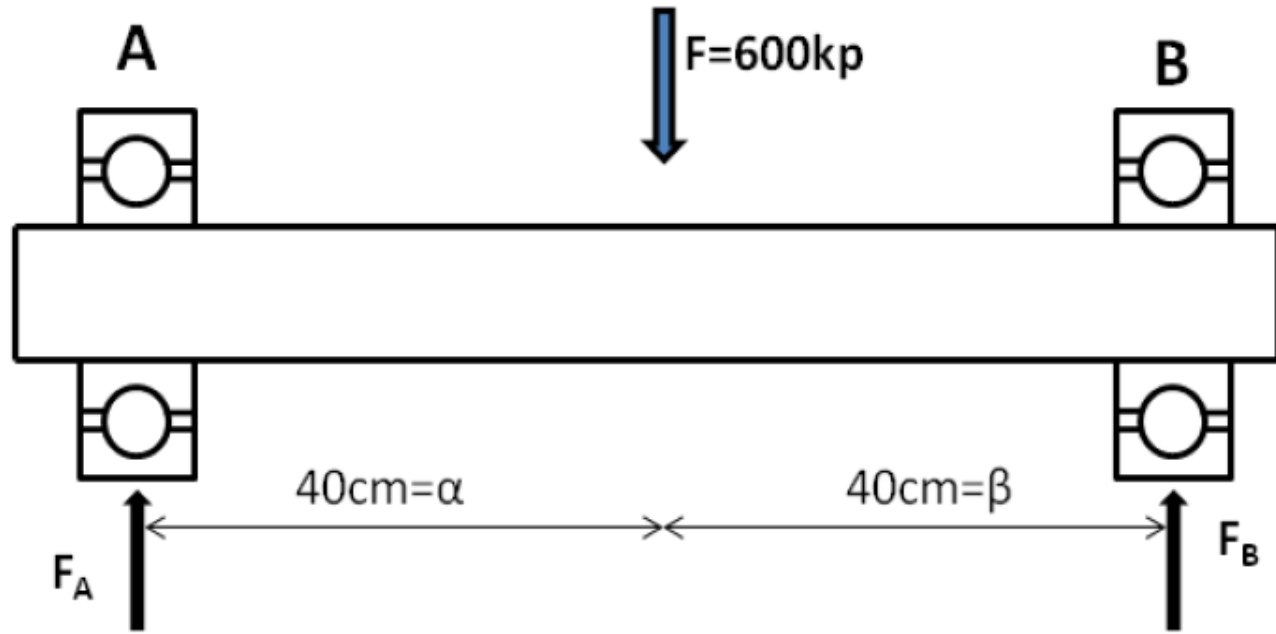
Για τον υπολογισμό και την επιλογή των δύο εδράνων πρέπει να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκείται σε καθένα από αυτά. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να υπολογίσουμε τις αντιδράσεις στα σημεία που βρίσκονται τα έδρανα, στα άκρα της ατράκτου.

Για τον υπολογισμό θα εφαρμόσουμε τις εξισώσεις ισορροπίας για την άτρακτο. Αυτές περιλαμβάνουν:

- α) Την εξίσωση για την ισορροπία των δυνάμεων και
- β) Την εξίσωση για την ισορροπία των ροπών.
- γ) ΔΕΣ

Θα επιλέξουμε για την ισορροπία των ροπών ως σημείο περιστροφής το ένα άκρο της ατράκτου και από την εξίσωση που θα λύσουμε θα προκύψει η μία αντίδραση, οπότε από την ισορροπία των δυνάμεων (στον κατακόρυφο άξονα) θα προκύψει και η άλλη αντίδραση.

ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

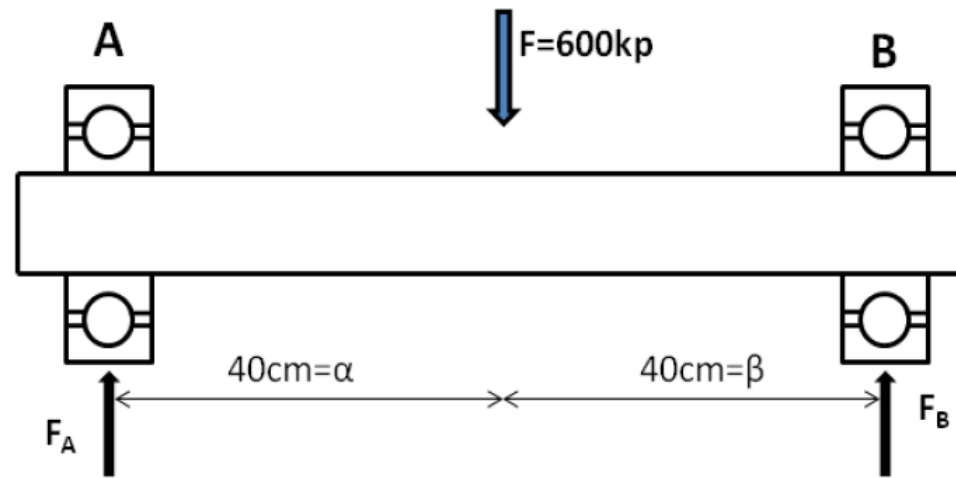


Οι αντιδράσεις στα σημεία A και B είναι η F_A και η F_B . Οι αποστάσεις των F_A και η F_B από την θέση της F είναι α και β που συμβαίνει εδώ να είναι ίσες με 40 cm κάθε μία. Για τον υπολογισμό και την επιλογή των δύο εδράνων πρέπει να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκείται σε καθένα από αυτά. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να υπολογίσουμε τις αντιδράσεις στα σημεία που βρίσκονται τα έδρανα, στα άκρα της ατράκτου.

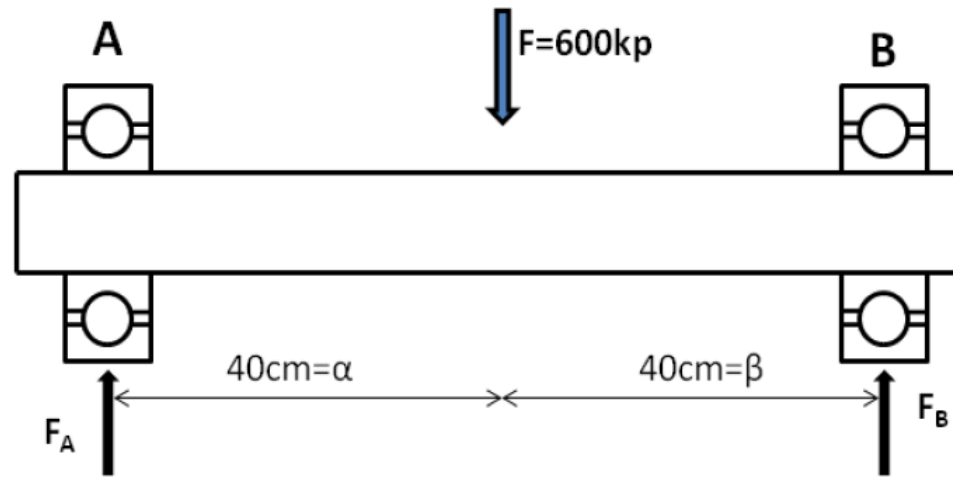
ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

$$\Sigma f = 0 \Rightarrow F = F_A + F_B \Rightarrow 600kp = F_A + F_B$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow F \cdot \alpha = F_B \cdot (\alpha + \beta) \Rightarrow 600kp \cdot 40cm = F_B \cdot 80cm$$



Η πρώτη εξίσωση μας λέει ότι η δύναμη F που έχει φορά (κατεύθυνση) προς τα κάτω πρέπει να είναι ίση με τις F_A και η F_B που έχουν φορά προς τα επάνω. Η εξίσωση (2) λέει ότι αν θεωρήσουμε ακινητοποιημένη την άτρακτο στο άκρο A (θεωρούμενο σημείο περιστροφής είναι δηλαδή το A), τότε η ροπή της F_B (που πάει να στρέψει την άτρακτο αριστερόστροφα) πρέπει να είναι ίση με τη ροπή της F (που πάει να στρέψει την άτρακτο δεξιόστροφα).



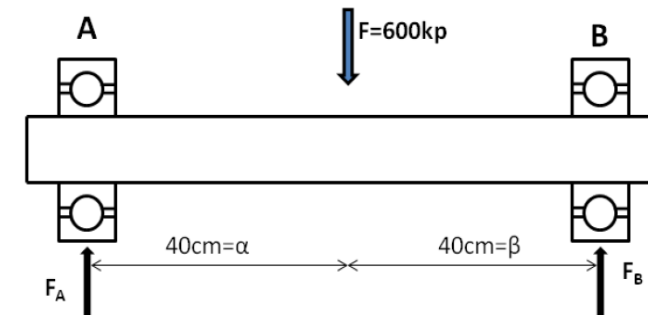
$$\Sigma f = 0 \Rightarrow F = F_A + F_B \Rightarrow 600kp = F_A + F_B$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow F \cdot \alpha = F_B \cdot (\alpha + \beta) \Rightarrow 600kp \cdot 40cm = F_B \cdot 80cm$$

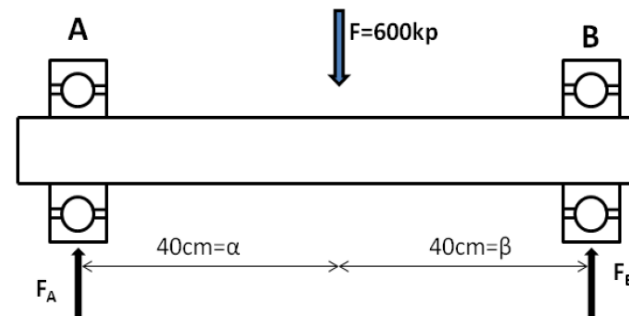
$$600kp \cdot 40cm = F_B \cdot 80cm \Rightarrow 24.000kp \cdot cm = F_B \cdot 80cm \Rightarrow F_B = \frac{24.000kp \cdot cm}{80cm} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow F_B = 300kp$$

Επομένως η μία αντίδραση είναι $F_B = 300$ kp και η άλλη θα προκύψει από την εξίσωση (1):

$$600kp = F_A + F_B \Rightarrow F_A = 600kp - F_B \Rightarrow F_A = 600kp - 300kp \Rightarrow F_A = 300kp$$



Βρήκαμε ότι οι δύο αντιδράσεις είναι ίσες με 300 kp. Αυτό είναι πολύ λογικό, αφού η F είναι 600 kp και ενεργεί στο μέσον της ατράκτου, άρα ισοκατανέμεται στα δύο άκρα. Θα μπορούσαμε να το πούμε εξ αρχής και να μην κάνουμε τις πράξεις. Όμως το κάναμε αναλυτικά στην γενική περίπτωση που η δύναμη ασκείται σε τυχαίο σημείο της ατράκτου.



1. Η εκφώνηση δίνει ότι το έδρανο βρίσκεται σε βαγονέτο και βρίσκουμε από τον πίνακα Β την θεωρητική διάρκεια λειτουργίας του σε ώρες ότι είναι 5000 (είναι το νούμερο 11).

A/A	Εφαρμογή	Θεωρητική διάρκεια λειτουργίας σε ώρες
1	Ηλεκτρικές συσκευές οικιακής χρήσεως	1000-2000
2	Μικροί ανεμιστήρες	2000-4000
3	Μικροί ηλεκτροκινητήρες μέχρι 4 kW	8000-10000
4	Ηλεκτροκινητήρες μέσης ισχύος	10000-15000
5	Ηλεκτροκινητήρες μόνιμοι μεγάλης δυνάμεως	20000-30000
6	Ηλεκτρικές μηχανές σταθμών παραγωγής ύδατος, φωταερίου	50000 και πλέον
7	Μοτοποδήλατα	600-1200
8	Μοτοσυκλές, μικρά αυτοκίνητα	1000-2000
9	Αυτοκίνητα επιβατηγά, μικρά φορτηγά	1500-2500
10	Φορτηγά αυτοκίνητα, λεωφορεία	2000-5000
11	Έδρανα βαγονέτων	5000
12	Λιποκιβώτια τροχιοδρόμων	20000-25000
13	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (επιβατηγά)	25000
14	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (φορτηγά)	35000
15	Λιποκιβώτια μηχανών έλξης	20000-40000



1. Η εκφώνηση δίνει ότι το έδρανο βρίσκεται σε βαγονέτο και βρίσκουμε από τον πίνακα Β την θεωρητική διάρκεια λειτουργίας του σε ώρες ότι είναι 5000 (είναι το νούμερο 11).

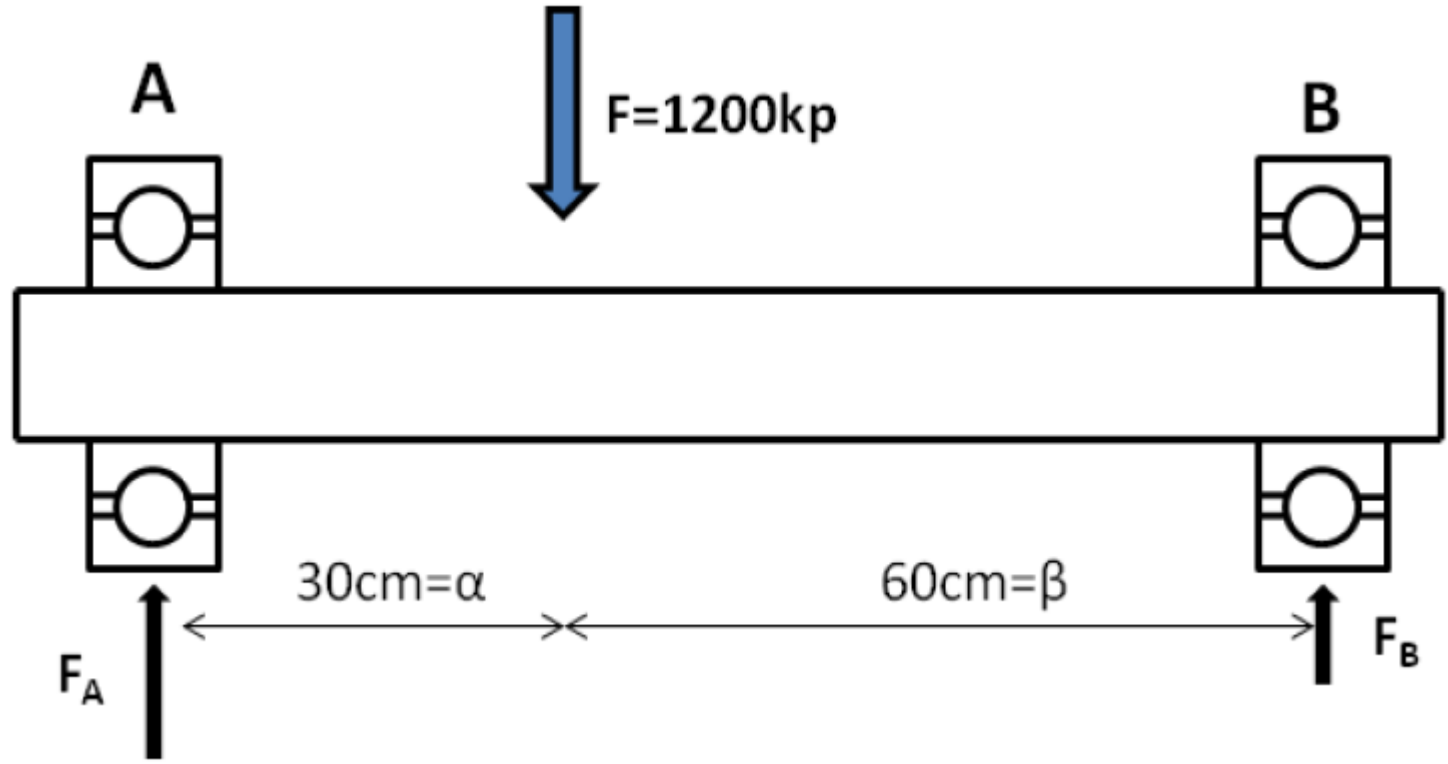
A/A	Εφαρμογή	Θεωρητική διάρκεια λειτουργίας σε ώρες
1	Ηλεκτρικές συσκευές οικιακής χρήσεως	1000-2000
2	Μικροί ανεμιστήρες	2000-4000
3	Μικροί ηλεκτροκινητήρες μέχρι 4 kW	8000-10000
4	Ηλεκτροκινητήρες μέσης ισχύος	10000-15000
5	Ηλεκτροκινητήρες μόνιμοι μεγάλης δυνάμεως	20000-30000
6	Ηλεκτρικές μηχανές σταθμών παραγωγής ύδατος, φωταερίου	50000 και πλέον
7	Μοτοποδήλατα	600-1200
8	Μοτοσυκλέτες, μικρά αυτοκίνητα	1000-2000
9	Αυτοκίνητα επιβατηγά, μικρά φορτηγά	1500-2500
10	Φορτηγά αυτοκίνητα, λεωφορεία	2000-5000
11	Έδρανα βαγονέτων	5000
12	Λιποκιβώτια τροχιοδρόμων	20000-25000
13	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (επιβατηγά)	25000
14	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (φορτηγά)	35000
15	Λιποκιβώτια μηχανών έλξεως	20000-40000



2. Από τον πίνακα Γ για 2000 rpm και 5000 ώρες βρίσκουμε από το πρώτο μέρος του πίνακα το λόγο φόρτισης C/P.
3. Υπολογίζουμε το C, αφού πρώτα βρούμε το P σε N. Το P είναι στην περίπτωση μας το FA και το FB, δηλαδή τα 300 kp, που προσεγγιστικά είναι 3000N.
4. Με την τιμή του C προχωράμε στην επιλογή του τύπου του εδράνου.
5. Στην εκφώνηση δίνεται ότι η διάμετρος είναι 50 mm, οπότε για αυτή τη διάμετρο και για C γνωστό η επιλογή είναι ο τύπος 16010 με C=16.300N. προφανώς και τα δύο έδρανα θα είναι ίδιου τύπου αφού δέχονται την ίδια καταπόνηση.

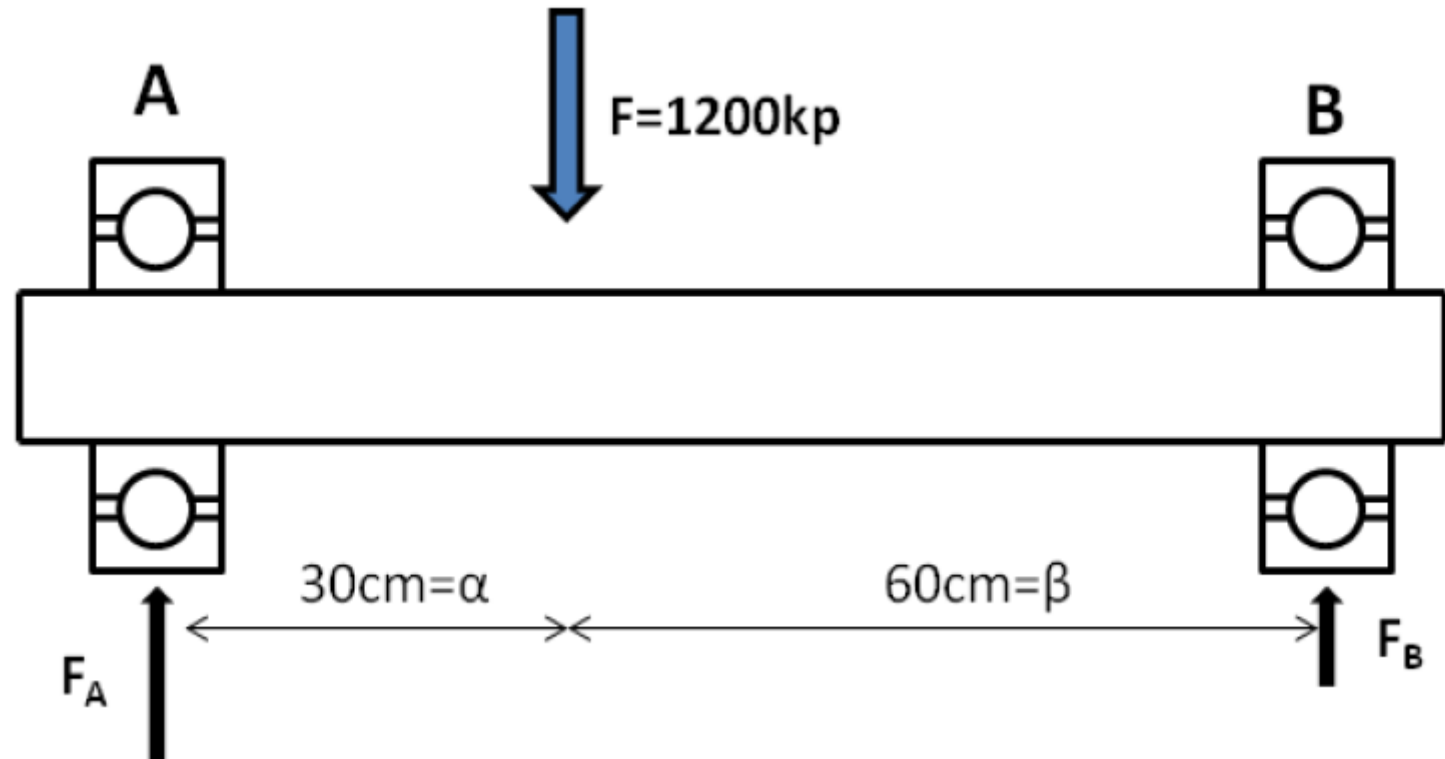
Άσκηση 6.2

Να υπολογιστούν τα κατάλληλα έδρανα κύλισης στα άκρα A και B μιας ατράκτου που περιστρέφεται με 350 rpm. Η ατράκτος καταπονείται με τη δύναμη $F=1200\text{ kp}$ που ασκείται στο σημείο όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα πιο κάτω. Να λάβετε υπ' όψιν σας ότι η ατράκτος ανήκει σε αγροτική μηχανή και έχει διάμετρο 55 mm.



Άσκηση 6.2

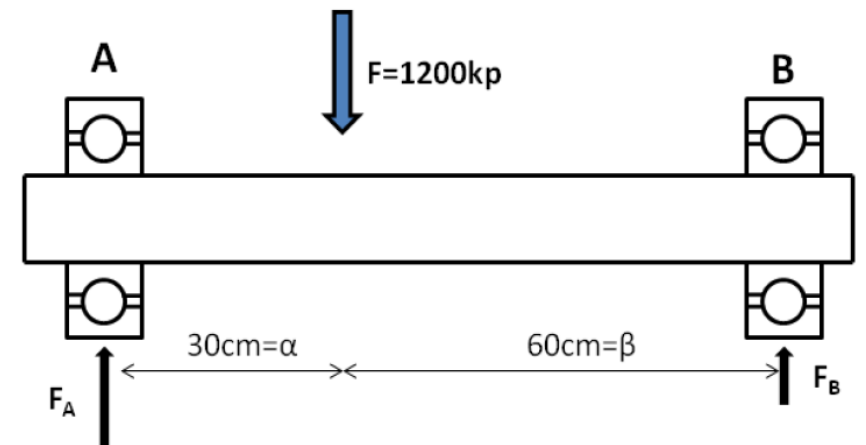
1. Πρέπει να υπολογίσουμε τις αντιδράσεις στις θέσεις των εδράνων τις οποίες συμβολίζουμε με F_A και F_B .
2. Θα εφαρμόσουμε τις δύο σχέσεις για την ισορροπία των δυνάμεων και των ροπών. Αρχίζουμε με τις ροπές ως προς το σημείο A:



$$\begin{aligned}\Sigma M_A = 0 &\Rightarrow F \cdot \alpha = F_B \cdot (\alpha + \beta) \Rightarrow 1200kp \cdot 30cm = F_B \cdot 90cm \Rightarrow 36.000kp \cdot cm = F_B \cdot 90cm \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_B = \frac{36.000kp \cdot cm}{90cm} \Rightarrow F_B = 400kp\end{aligned}$$

2. Αφού βρήκαμε την F_B θα βρούμε την F_A με εφαρμογή της εξίσωσης για την ισορροπία των δυνάμεων:

$$\Sigma f = 0 \Rightarrow F = F_A + F_B \Rightarrow F_A = F - F_B \Rightarrow F_A = 1200kp - 400kp \Rightarrow F_A = 800kp$$



4. Εμείς από τις τιμές που είναι μεταξύ των 3000 και των 6000 ωρών πρέπει να επιλέξουμε μία τιμή. Επιλέγουμε την τιμή 5000 ώρες η οποία υπάρχει και στον πίνακα για την επιλογή του λόγου φόρτισης.

5. Οι στροφές που είναι 350 rpm βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν στον ΠΙΝΑΚΑ και για αυτό βρίσκουμε το λόγο φόρτισης που είναι πιο κοντά στις 350 rpm.



Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,20

4. Εμείς από τις τιμές που είναι μεταξύ των 3000 και των 6000 ωρών πρέπει να επιλέξουμε μία τιμή. Επιλέγουμε την τιμή 5000 ώρες η οποία υπάρχει και στον πίνακα για την επιλογή του λόγου φόρτισης.

5. Οι στροφές που είναι 350 rpm βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν στον ΠΙΝΑΚΑ και για αυτό βρίσκουμε το λόγο φόρτισης που είναι πιο κοντά στις 350 rpm.



Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,20



6. Για 5000 ώρες και 320 rpm έχουμε $C/P=4,56$ ενώ για 5000 ώρες και 400 rpm έχουμε $C/P=4,93$. Με παρεμβολή μεταξύ των τιμών αυτών επιλέγουμε $C/P=4,7$ που θα είναι κοντά στην πραγματική τιμή για 350 rpm.

7. Με τατρέπουμε τις F_A και F_B σε N και έχουμε: $F_A=8000$ N και $F_B=4000$ N. Από το λόγο φόρτισης $C/P=4,7$ βρίσκουμε το δυναμικό φορτίο C_A και C_B στις δύο περιπτώσεις.

$$\frac{C}{P} = 4,7 \Rightarrow \frac{C_A}{F_A} = 4,7 \Rightarrow C_A = 4,7 \cdot F_A \Rightarrow C_A = 4,7 \cdot 8000N \Rightarrow C_A = 37.600N$$

$$\frac{C}{P} = 4,7 \Rightarrow \frac{C_B}{F_B} = 4,7 \Rightarrow C_B = 4,7 \cdot F_B \Rightarrow C_B = 4,7 \cdot 4000N \Rightarrow C_B = 18.800N$$

6. Για 5000 ώρες και 320 rpm έχουμε $C/P=4,56$ ενώ για 5000 ώρες και 400 rpm έχουμε $C/P=4,93$. Με παρεμβολή μεταξύ των τιμών αυτών επιλέγουμε $C/P=4,7$ που θα είναι κοντά στην πραγματική τιμή για 350 rpm.

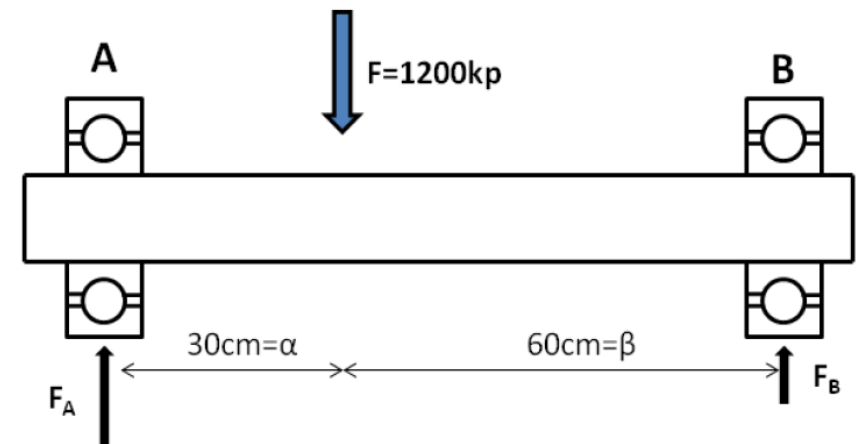
7. Με τατρέπουμε τις F_A και F_B σε N και έχουμε: $F_A=8000$ N και $F_B=4000$ N. Από το λόγο φόρτισης $C/P=4,7$ βρίσκουμε το δυναμικό φορτίο C_A και C_B στις δύο περιπτώσεις.

$$\frac{C}{P} = 4,7 \Rightarrow \frac{C_A}{F_A} = 4,7 \Rightarrow C_A = 4,7 \cdot F_A \Rightarrow C_A = 4,7 \cdot 8000N \Rightarrow C_A = 37.600N$$

$$\frac{C}{P} = 4,7 \Rightarrow \frac{C_B}{F_B} = 4,7 \Rightarrow C_B = 4,7 \cdot F_B \Rightarrow C_B = 4,7 \cdot 4000N \Rightarrow C_B = 18.800N$$

3. Αφού έχουμε βρει τις δύο αντιδράσεις που είναι οι δυνάμεις που καταπονούν τα έδρανα, θα προχωρήσουμε στην επιλογή των κατάλληλων εδράνων. Αρχικά σκεφτόμαστε ότι επειδή οι δυνάμεις F_A και F_B έχουν μεγάλη διαφορά ίσως είναι καλύτερα (για οικονομικούς λόγους) να επιλέξουμε ένα μικρό για τη θέση A και ένα μεγαλύτερο ρουλεμάν για τη θέση B. Επομένως θα γίνει δυο φορές η επιλογή.

Σύμφωνα με την εκφώνηση τα έδρανα θα τοποθετηθούν σε αγροτική μηχανή και από τον πίνακα τα έδρανα σε αυτές έχουν διάρκεια λειτουργίας από 3000 ως 6000 ώρες (νούμερο 20 του πίνακα).



Για να υπολογίσουμε ένα έδρανο κύλισης, πρέπει να γνωρίζουμε τους παρακάτω όρους που εμφανίζονται άλλωστε και στους οδηγούς επιλογής ρουλεμαν των κατασκευαστικών εταιρειών.

Διάρκεια ζωής L_h : είναι ο αριθμός των στροφών (ή ωρών εργασίας) του εδράνου κύλισης, μέχρι να πάψει να λειτουργεί ομαλά (κόπωση δακτυλίων ή στοιχείων κύλισης).

Δυναμικό φορτίο C : είναι το σταθερό φορτίο κάτω από την επίδραση του οποίου το ρουλεμάν μπορεί να επιτύχει διάρκεια ζωής 106 στροφών.

Ισοδύναμο Δυναμικό φορτίο P : είναι το πιθανό (υποθετικό) φορτίο που, εάν επιδρούσε στο ρουλεμάν, θα είχε διάρκεια ζωής ίση με αυτή που επιτυγχάνεται με το πραγματικό του φορτίο.

Στατικό φορτίο C_0 : είναι το σταθερό φορτίο που προκαλεί στο ακίνητο έδρανο παραμόρφωση, ίση με το 0,01% της διαμέτρου του στοιχείου κύλισης του εν λόγω εδράνου.

Ισοδύναμο φορτίο P_0 : είναι το πιθανό (υποθετικό) φορτίο που προκαλεί στα στοιχεία κύλισης και στους δακτυλίους του εδράνου την ίδια παραμόρφωση με αυτή που προκαλείται από το πραγματικό φορτίο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ :

1. Στοιχεία Μηχανών, Βασικές Αρχές Σχεδιασμού, Robert C. Juvinall, Kurt M. Marshek, 2000, Εκδόσεις :Τζιόλα
2. Στοιχεία Μηχανών Ι , Στεργίου Ιωάννης, Στεργίου Κωνσταντίνου, 2003, Εκδόσεις : Σύγχρονη Εκδοτική
3. Στοιχεία Μηχανών, Νικόλαος Χονδράκης, Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός
4. Στοιχεία Μηχανών, Δρ. Στέργιος Μαρόπουλος