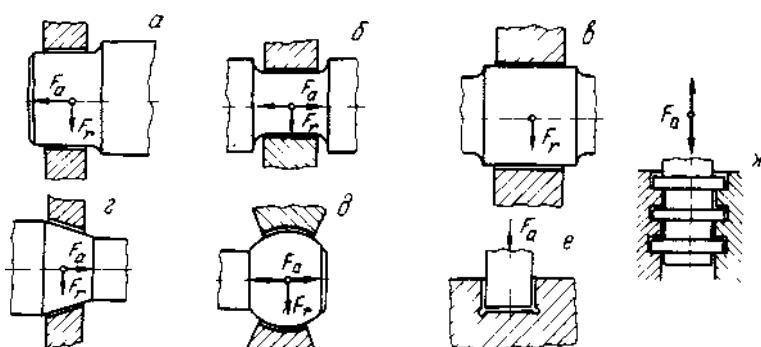


Форма на плъзгащата повърхност

Формата на работната повърхнина на плъзгащите лагери може да бъде: цилиндрична (*a, б и в*); конусна (*г*); сферична (*д*) или равнинна (*е и ж*).

При цилиндрична повърхнина опорната част на оста или вала се нарича *шийка*, а на лагера - *лагерна черупка*. Тук обикновено се поемат и предават само радиални сили.

Конусната триеща повърхнина може също да поема малки аксиални сили, но тя най-често се използва за регулиране на радиалната и аксиалната хлабина на лагерите. Сферичната (ябълковидната) опора поема натоварвания във всички направления и посоки.



Форми на триещи се повърхнини

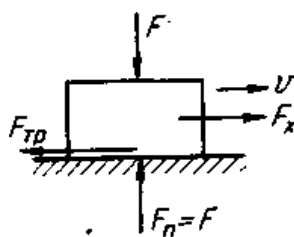
Големи аксиални натоварвания се поемат от аксиалните лагери (*е и ж*). Аксиалният лагер може да бъде в края или по средата на вала. При аксиалния лагер опорната част на вала се нарича *пета*. Петите могат да бъдат *цели* или *пръстеновидни*. При вертикален вал петата може да бъде горна, долна или средна. От нейното разположение зависи знакът на осовото усилие на вала - опън или натиск. Пръстеновидните пети могат да бъдат много на брой и се наричат *гребеновидни пети* (*ж*).

Плъзгащите лагери се употребяват в области, където имат безспорни предимства: при високи честоти на въртене (до десетки хиляди обороти в минута); за големи и тежко натоварени валове (диаметри, по-големи от 1m), за които няма стандартни търкалящи лагери; за лагеруване на валове на прецизни машини, при които е необходимо регулирането на хлабината; когато условията на монтаж изискват двуделни лагери - например при колянните валове; при ударни и вибрационни натоварвания, понеже масленият слой има гасяща способност; за работа в агресивна среда, влага, прах и др., където търкалящите лагери са неработоспособни; когато машините са евтини и др.

Основи на теорията при плъзгащите лагери

При относително движение на две допиращи се тела в повърхнините на допирането възниква сложното физико-химично явление *триене*. Силата F притиска тялото към опората. Равнодействащата на елементарните опорни реакции има две

компоненти: нормална $F_n = F$ и тангенциална F_{TP} , наречена *сила на триенето*. За преодоляване на тази съпротивителна сила е необходима сила $F_x \geq F_{TP}$. Отношението $\frac{F_{TP}}{F_n} = \mu$ представлява коефициентът на триенето при плъзгане на тялото върху опората му.



Сухо триене

В зависимост от състоянието на триещите се повърхнини и наличието или липсата на мазилно вещество триенето бива *сухо*, *течно* или *смесено* (полутечно, полусухо).

Абсолютно сухо триене може да се осъществи само в лабораторни условия при абсолютно чисти и сухи повърхнини, и то във вакуум. Коефициентът на триене при плъзгане може да достигне стойности, по-големи от единица.

Абсолютно сухото триене се обяснява най-добре с молекулярно-механичната хипотеза. Според нея триенето е резултат от механичното зацепване на грапавините, получени при механичната обработка на допиращите се повърхнини, а също и от взаимодействието на молекулите в тях. При по-големи грапавини R_z , преобладават силите от зацепването; колкото са по-грапави повърхнините, толкова по-голям е коефициентът на триенето. При намаляване на грапавините последният намалява, но до определена грапавост, след което отново нараства. Това нарастване се обяснява с взаимодействието на молекулите на триещите се тела. Практически сухо триене има при наличие на адсорбирани слоеве влага и газове между триещите се повърхности. Коефициентът на триене при това достига стойности $\mu = 0,1 - 1,0$.

Течно триене се осъществява при слой от флуид, който разделя триещите се повърхнини. Съпротивлението в този случай зависи от обемните свойства на флуида, т. е. от вътрешното триене; определя се по закона на Нютон

$$F_{TP} = \eta A \frac{dv}{dh}$$

където η е динамичният вискозитет на флуида в Pa.s;

$\frac{dv}{dh}$ - градиентът на скоростта по дебелината на мазилния слой в m/(s.m);

A - допирната площ в m^2 .

Като се замести се получава

$$\mu = \eta \frac{A}{F} \frac{dv}{dh} \quad (1)$$

или със средното налягане $p = F/A$

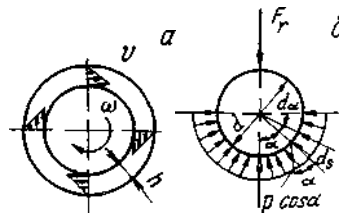
$$\mu = \frac{\eta}{p} \frac{dv}{dh}$$

Зависимостта (1) е валидна за равнинни триещи се повърхнини. При цилиндричен лагер, ако се допусне, че центърът на шийката съвпада с центъра на отвора, което на практика е невъзможно, може да се замени dv/dh с v/h . Скоростта v е равна на периферната скорост, т.е. $v = \frac{d}{2} \omega$. Площта на триене е околната повърхнина на цилиндър с диаметър d и височина (дължина) b : $A = \pi db$.

Предполага се, че средното налягане е $p = \frac{F_r}{db}$. То е основна величина при

изчисляването на радиалните плъзгащи лагери и се определя въз основа на следните разсъждения.

Радиалният товар F_r на плъзгащия лагер се уравновесява от силите на налягането по околната полуцилиндрична повърхнина. Предполага се, че те са разпределени равномерно и имат радиална посока. От проекционното условие за равновесие върху вертикалната ос следва, че радиалният товар F_r трябва да бъде равен на сумата от вертикалните компоненти на елементарните опорни реакции. Поради симетрията може да се напише



Течно триене на цилиндрични повърхнини

$$F_r = 2 \int_0^{\pi/2} b \frac{d}{2} d\alpha \cdot p \cos \alpha = 2pb \frac{d}{2} \int_0^{\pi/2} \cos \alpha d\alpha = pbd, \Rightarrow p = \frac{F_r}{bd}$$

т. е. средното налягане по околната полуцилиндрична повърхнина на лагерната черупка (шийка) е равно на средното налягане върху диаметралното правоъгълно сечение bd на лагерната шийка.

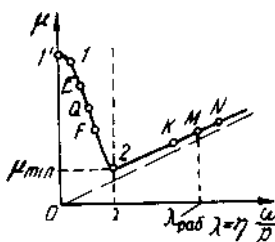
Ако в (1) се заместят изразите за p , v и A , след елементарни преобразования се получава

$$\mu = \frac{\pi d}{2h} \eta \frac{\omega}{p} = \kappa \lambda; \quad \eta \frac{\omega}{p} = \lambda$$

Този израз е изведен за първи път от руския учен Н. П. Петров. Произведението $\eta \frac{\omega}{p}$ се означава с λ и е безизмерен *комплексен фактор на режима*. В координатната система $\mu - \lambda$ графиката на функцията $\mu = \mu(\lambda)$ е права линия ,тъй като за даден лагер $\frac{\pi d}{2h} = \kappa = \text{const}$.

Триенето е смесено (полутечно, полусухо), когато триещите се повърхнини не са разделени с непрекъснат слой от флуид, а на отделни места грапавините се допират. Разновидност на смесеното триене е *граничното триене*, при което триещите се повърхнини са покрити с много тънък маслен филм с дебелина $0,1 \div 0,5 \mu\text{m}$. Поради своите особености този маслен филм не се разкъсва даже и при налягане неколкостотин МРа. Само при много големи натоварвания той може да се разкъса и да се получи контакт между най-високите неравности на триещите се повърхнини.

В действителност връзката между коефициента на триенето μ и комплексния фактор на режима λ е по-сложна. Експериментално определена, нейната графика е показана на долната фигура и носи името на двама изследователи на плъзгащи лагери Джерси и Щрибек. В участъка $I'-I$ съществува гранично триене. Режимите надясно от т. 1, но близко до нея се окачествяват като режими на полусухо триене, тези наляво от т.2, но близко до нея-като режими на полутечно триене. Коефициентът μ има минимум μ_{min} в т. 2. От гледище на минимални загуби от триене най-изгоден би бил режимът с минимален коефициент на триене.



Крива на Джерси-Щрибек

Но дори и при този случай, когато тръгва или спира, лагерът преминава през режими на смесено триене, които се характеризират с износване на лагерните повърхнини. Освен това при случайни понижения на λ под $\lambda_{\text{кр}}$ лагерът ще преминава в зоната на смесено триене, затова работни режими се предписват винаги с $\lambda_{\text{раб}} \gg \lambda_{\text{кр}}$.

Точката 2 от кривата разделя режимите на *устойчиви* - надясно от нея, и *неустойчиви* - наляво от нея. И наистина нека т. M съответствува на работния режим на лагера. Ако случайни причини са изместили режима надясно (напр. в т. N),