

AVTOMOBIL ZAVIRAMO

Avtomobil zavremo, ko želimo da se zaustavi ali zmanjša hitrost. V notranjosti koles, čeljusti pritisnejo na zavorni boben ali stisnejo zavorni krožnik. Zato močno naraste zaviralna sila tal na kolesa. V primeru s to silo smemo zanemariti trenje pri kotaljenju in zračni upor.

Navadno merimo zavorno pot d , na kateri se avtomobil zaustavi. Iz zveze med potjo in hitrostjo:

$$v^2 = v_o^2 + 2ax$$

Pri enakomerno pospešenem gibanju z začetno hitrostjo v_o dobimo za

$$d = \frac{v_o^2}{2|a|} = \frac{v_o^2}{2kg}$$

zavorno pot

ko vstavimo $v=0$ in $x=d$. Z zavorno potjo izračunamo koeficient:

$$k = \frac{v_o^2}{2gd}$$

Morda kdo pričakuje, da je zavorna pot tem večja, čim večja je masa avtomobila. Zavorna pot pa ni odvisna od mase avtomobila. Pri začetni hitrosti v_o 26'8 m/s, to je 96 km/h, meri okoli 54 m, če nobeno kolo ne drsi, in okoli 50 m, če nekatera kolesa drsijo. Prva razdalja da koeficient 0'68, druga pa koeficient 0'75.

ZRAČNI UPOR

Opazovani sistem je zrak pred avtomobilom. S pomočjo njega bomo ugotovili od česa je odvisen zračni upor, če hitrost avtomobila ni preveč velika. Avtomobil deluje na ta sistem z zunanjo silo, ko je po zakonu o vzajemnem učinku enako velika kot zračni upor, le da ima nasprotno smer. Recimo, da se zrak, ki prej miruje, potem giblje v smeri gibanja avtomobila z njegovo hitrostjo. Za to bomo uporabili izrek o kinetični energiji, po katerem je delo sile avtomobila na zrak na poti l enak spremembi kinetične energije zraka,

$$F_u l = \frac{1}{2} m_z v^2 - 0 = \frac{1}{2} \phi S l v^2$$

Maso odrinjenega zraka m_z smo uzrazili kot produkt gostote zraka in njegove prostornine Sl , če je S čelni presek avtomobila. Odrinjen zrak v

$$F_u = C_u \frac{1}{2} \rho v^2 S$$

resnici nima ves enako velike hitrosti v navedeni smeri. V povprečju je njegova hitrost – glede na obliko avtomobila – lahko manjša ali večja od v . To upoštevamo s koeficientom upora C_u , ki je manjši ali večji od 1 in ga moramo določiti z merjenjem:

TRENJE PRI DRSENJU

Pri avtomobilih kaže trenje svojo dvojno naravo. Z avtomobilom se ne bi mogli voziti, če ne bi bilo trenja. Trenje vožnjo ovira tako, da zapravlja energijo in povzroča obrabo plaščev in drugih delov.

Začnimo s kvadratasto klado na vodoravni podlagi. To je opazovano telo, vse ostalo pa spada k okolici. Dokler na klado ne deluje nobeno drugo telo, deluje nanjo Zemlja s težo F_g navpično navzdol in podlaga z enako veliko silo navpično navzgor. Sili sta v ravnovesju. S silomerom vlečemo klado rahlo v vodoravni smeri. Klada še naprej miruje: silo vzmetne tehtnice F_x uravnovesi sila lepenja. Sila podlage ima zdaj dve komponenti: poleg navpične, ki uravnovesi težo, še vodoravno komponento, ki uravnovesi silo vzmetne tehtnice.

Počasi večamo silo vzmetne tehtnice, dokler pri določeni sili klada ne zdrsne. Tik preden zdrsne, doseže vodoravna komponenta sile podlage največjo silo lepenja F_l . Na splošno torej velja:

$$-F_x \leq F_l$$

Potem klada drsi s konstantno hitrostjo, ko je velikost sile vzmetne tehtnice nekoliko manjša od največje sile lepenja. V tem primeru pravimo vodoravni komponenti sile podlage sila trenja F_t . Velja, da je:

$$F_t < F_l$$

Povečata pa se, če položimo na klado utež. Merjenja pokažejo, da sta največja sila lepenja in sila trenja sorazmerni s težo, ki deluje pravokotno na podlago:

$$F_l = k_l mg \quad F_t = k_t mg$$

Koeficienta lepenja in trenja sta odvisna od sestave podlage in klade, od obdelave in čistoče stičnih ploskev in od tega, ali je klada že prej drsela po podlagi ali ne. Oba se močno zmanjšata, če stični ploskvi namažemo s kapljevino. Voznik avtomobila se mora dobro zavedati, da kapljevina na cesti, voda ob dežju, oljni madeži ali kaj podobnega, močno poveča zavorno pot.

Pri avtomobilskih kolesih se razmere še dodatno zapletejo, ker kolesa niso toga. Pri zaviranju je vodoravna komponenta sile tal na kolo manjša od največje sile lepenja, dokler kolo ne drsi. Vodoravna komponenta sile tal je enaka sili trenja, ko kolo drsi ali, kot pravijo vozniki, ko je »blokirano«.

Drsenje klade. Klada prepuščena sama sebi miruje na vodoravni podlagi (a). Klada miruje, ko nanjo deluje vzmetna tehtnica z majhno vodoravno silo; vodoravna komponenta sile podlage na klado – sila lepenja – je manjša od največje sile lepenja (b). Tik preden klada zdrsne, je vodoravna komponenta sile podlage na klado enaka največji sili lepenja F_l (c). Klada drsi po vodoravni podlagi s konstantno hitrostjo; vodoravna komponenta sile podlage je enaka sili trenja F_t (d).

Sila trenja avtomobilskih koles pri drsenju z naraščajočo hitrostjo izrazito pojema. Na začetku je kolo hladno, potem se segreje in cesta od njega trga koščke snovi. To je mogoče ugotoviti po zavornih sledih. Na začetku so komaj vidne, proti koncu pa bolj izrazite. Segreje se tudi vrhnja plast ceste, ki je navadno iz asfalta.

Pri hitrosti 2'2 m/s ali 8 km/h meri koeficient trenja pri drsenju 1 in pri začetni hitrosti 36 m/s ali 130 km/h le 0'45. Povprečni koeficient trenja pri drsenju se pojavi tudi za zavorno pot. Večkrat vzamemo za koeficient lepenja kolesa na suhi cesti okoli 1 in za povprečni koeficient trenja pri drsenju z manjšo hitrostjo 0'8 ali 0'9. Pri koeficientu lepenja 1 je zaviralna sila tal enaka teži. To pomeni, da bi premaknili zavrt avtomobil s tolikšno silo, s kolikršno bi ga dvignili.

Zakaj je zavorna pot pri drsenju manjša kot zavorna pot brez drsenja? Ker je koeficient lepenja večji od povprečnega koeficienta trenja, bi pričakovali, da bi bilo obratno. To bi bilo res, če bi delovale zavore na vseh štirih kolesih enako in bi bila vsa štiri kolesa tik pred tem, da bi začela drseti. Vendar tega ni mogoče doseči. Navadno sprednji in zadnji kolesi ob zaviranju nista enako obremenjeni.

TRENJE PRI KOTALJENJU

V nekaterih pogledih je pojav podoben trenju pri drsenju, v drugih pa se ostro razlikuje od njega. Poskuse, ki smo jih prej naredili s klado, ponovimo z valjem. Nastavka na njegovi geometrijski osi objamemo z jarmom in nanj pripnemo vzmetno tehtnico. Valj na vodoravni podlagi miruje. Miruje tudi, če deluje nanj vzmetna tehtnica z majhno silo. Vodoravna komponenta sile podlage – sila lepenja – je manjša od največje sile lepenja. Valj se kotali s konstantno hitrostjo, ko je vodoravna komponenta sile podlage enaka sili trenja. Obe sili sta sorazmerni s težo:

$$F_l = k_l mg \qquad F_t = k mg$$

Tudi koeficient lepenja pri kotaljenju k_l je nekoliko večji od koeficienta trenja pri kotaljenju k .

Koeficient trenja pri kotaljenju avtomobilskega kolesa 0'015 je mnogo manjši od koeficienta trenja pri drsenju okoli 0'8 ali 0'9. Poleg tega se

koeficienta lepenja in trenja pri kotaljenju le malo spremenita, če stični ploskvi namažemo s kapljevino. Trenja pri kotaljenju sploh ne bi bilo, če bi bila valj in podlaga toga.

Prijemališče sile tal se premakne nekoliko v smeri, v katero se giblje kolo. Premik je tem večji, čim večji je radij kolesa R in meri kR .

Sila trenja pri kotaljenju uravnovesi silo vzmetne tehtnice.

Kotaljenje valja. Nastavka na geometrijski osi valja segata v jarem, s katerim objamemo valj. Poskrbeti moramo, da trenje med nastavkom in jarmom ne moti. Valj prepuščen sam sebi miruje na vodoravni podlagi (a). Valj miruje, ko nanj deluje vzmetna tehtnica z majhno vodoravno silo; vodoravna komponenta sile podlage na valj – sila lepenja – je manjša od največje sile lepenja (b). Tik preden se valj začne kotaliti, je vodoravna komponenta sile podlage na valj enaka največji sili lepenja (c). Valj se kotali po vodoravni podlagi s konstantno hitrostjo; vodoravna komponenta sile podlage je enaka sili trenja pri kotaljenju F_t (d).

Trenja pri kotaljenju sploh ne bi bilo, če bi bila kolo in podlaga popolnoma toga (a). Ob stiku s tlemi se malo spremeni oblika kolesa in se zelo malo podajo tla. Oboje je narisano pretirano. Prijemališče sile tal na kolo se premakne za kR v smeri gibanje. Sila tal je približno navpična, saj je njena vodoravna komponenta kmg mnogo manjša od navpične mg (b).