



VIZSGABIZTOS KÉPZÉS

**09_1. Futóművek
Kerékfelfüggesztés,
futómű paraméterek, konstrukciók**

Kádár Lehel

Budapest, 2012.

1) Futómű általános szerkezeti felépítése

Futóművek elemcsoportjai és alkatrészei (jelölések az ábráknak megfelelően):

Kerék:

1. gumiabroncs;
2. kerékpánt;
3. keréktárcsa;
4. kerékagy;
5. kerékcsavarok;
6. kerékcsapágyak;
7. tengely, tengelycsonk;
8. dísztárcsa.

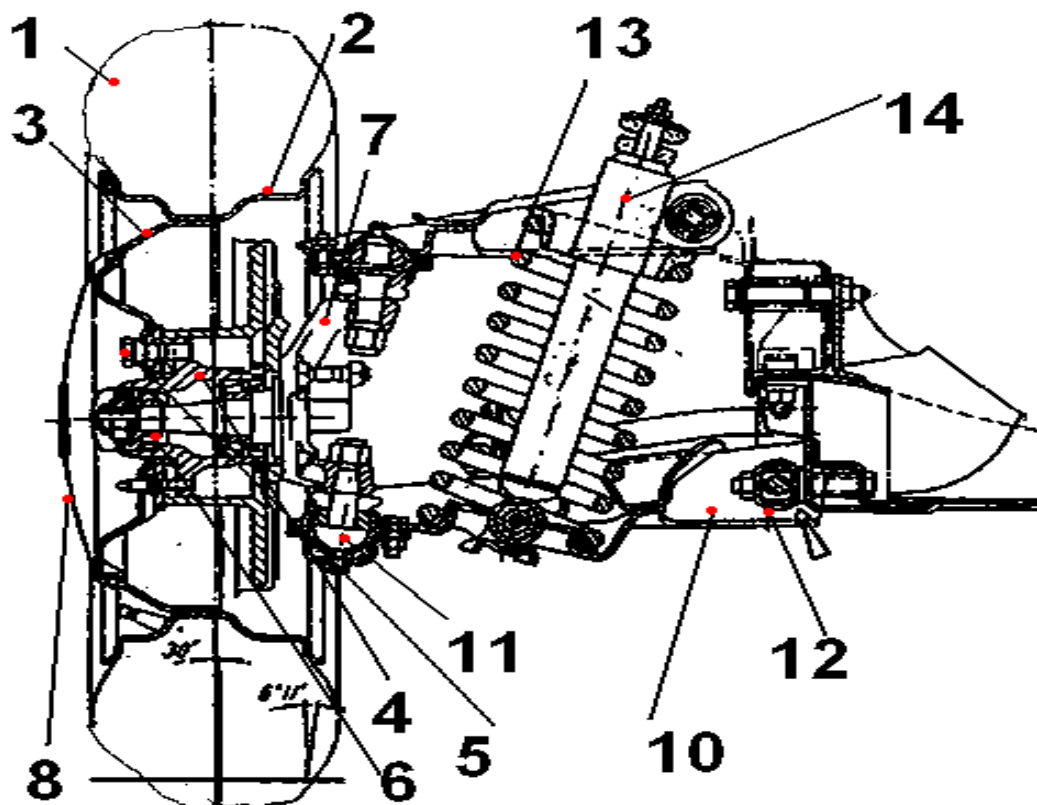
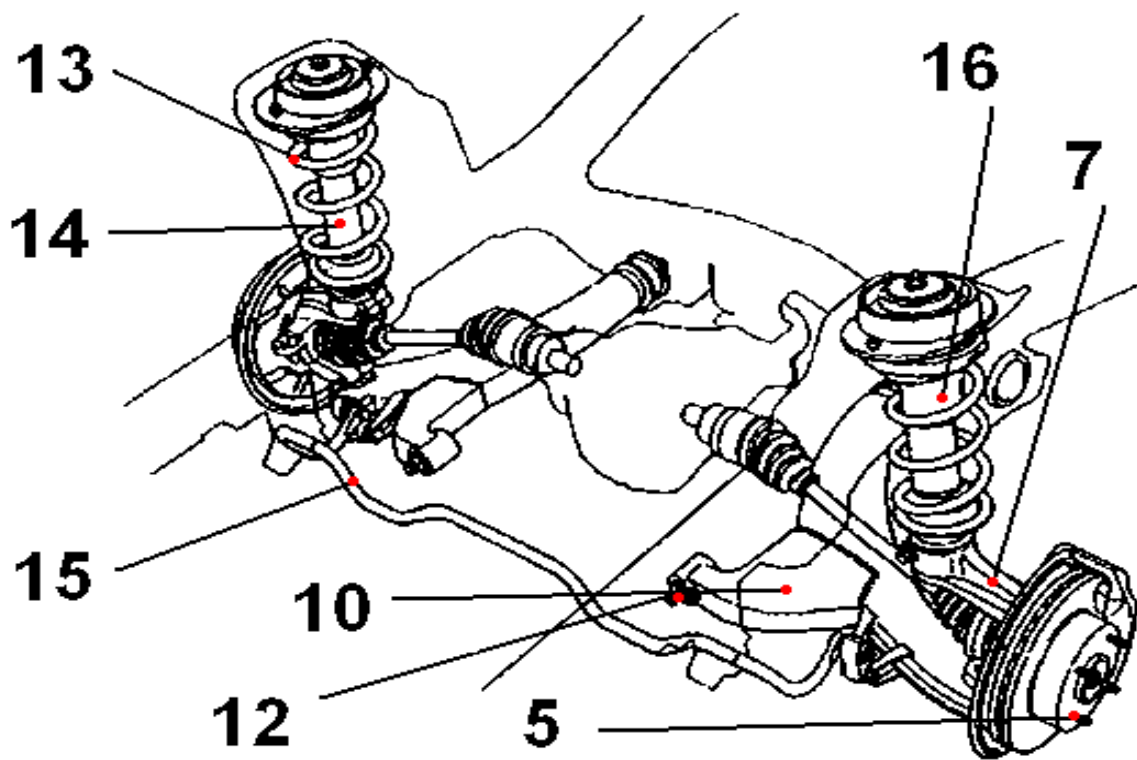
Kerékfelfüggesztés:

9. rudak;
- 10.lengőkarok;
- 11.csuklók;
- 12.gumiperselyek.

Rugózás:

- 13.rugók;
- 14.lengéscsillapítók;
- 15.stabilizátorok;
- 16.mozgáshatároló rugalmas elemek.

A futóművek elemcsoportjai és alkatrészei:



2) Futóművek általános feladatai

A futóműveknek az alábbi funkciókat, illetve feladatokat kell ellátni:

Közvetíteni az erőhatásokat az út és a jármű között

- kellő tapadási képességgel kell rendelkezni hossz - és keresztirányban
- maximális dinamikus kerék - ill. tengelyterhelést kell szolgáltatni

Megfelelő lengéskényelmet nyújtani az utasok, illetve az áruk számára

- optimális önlengési jellemzőkkel kell rendelkezni
- megfelelő lengésátviteli karakterisztikája legyen

Csökkenteni a járműalkatrészek dinamikus igénybevételét

Aktívan elősegíteni a jármű menetstabilitását

- fékezéskor kedvezően befolyásolni a jármű irányítását
- kanyarodáskor önkormányzással csökkenteni a jármű sodródását

2.1. Erőhatások az út és a jármű között:

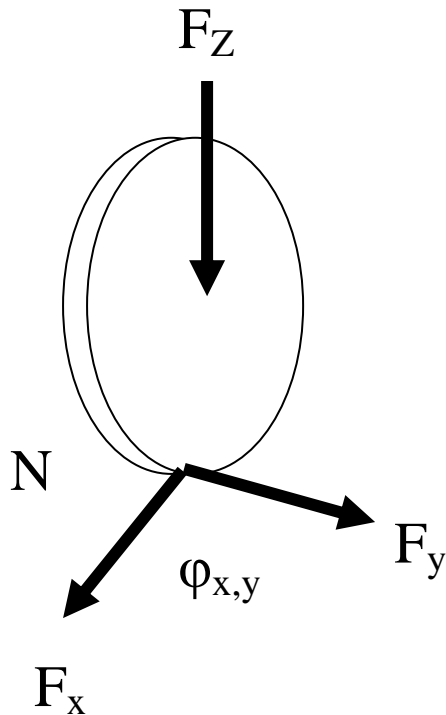
A jármű kerekeire menet közben különböző erők hatnak. Ilyenek:

- a jármű tömegéből adódó súlyerő (G_i)
- a járműre ható légellenállásból adódó függőleges leszorító vagy felhajtó erő (F_{WZ})
- a jármű lassításához, megállításához szükséges fékezőerő (F_F)
- a jármű haladásához, gyorsulásához szükséges vonóerő (F)
- a jármű kanyarodásakor fellépő oldalerő (F_S)

Ezek az erők a gumiabroncs érintkezési felületén koncentrálnak és a gumiabroncs és az útfelület közti tapadási viszonyoktól függően adódnak át az útra. Ha a tapadásból adódó erők nagyobbak a jelentkező aktív erőknél, akkor a jármű fékezhető, gyorsítható, kormányozható, vagyis a jármű menetstabilitása megfelelő.

Ellenkező esetben a kerekek megcsúsznak, blokkolnak, kipörögnek, vagyis a jármű elveszti stabilitását. Tehát a gumiabroncs és az útfelület közti tapadási erők természetes korlátai a jármű dinamikus mozgásának.

A tapadási erő meghatározható a kereket az útra szorító erő és a tapadási viszonyokat minősítő tényező ismeretében.



$$F_{x,y} = F_z \times \varphi_{x,y}$$

ahol:

F_z – a kereket leszorító tényleges erő;

F_x – a jármű menetirányába eső tapadási erő (itt hat F és F_F);

F_y – a jármű oldalirányába eső tapadási erő (itt lép fel F_s);

φ_x – a hosszirányú tapadási tényező;

φ_y – a keresztirányú tapadási tényező;

N – a kerék talppontja.

2.2. A kerekeket leszorító erő

A látszólag egyszerű egyenlet a jármű dinamikus mozgása során igen bonyolulttá válik. A kereket az út felületéhez szorító erő állandóan változik a rugózás, a felépítmény billegő, bólintó mozgása, a menet és az oldalszél következtében fellépő átterhelődések miatt:

$$F_{zi} = Z_{sti} \pm \Delta Z_R \pm \Delta Z_W \pm \Delta Z_1 \pm \Delta Z_2 \pm \Delta Z_3 \pm \Delta Z_4, \text{ ahol}$$

F_{zi} - az egy kerékre ható tényleges, dinamikus leszorító erő;

Z_{sti} - egy kerék statikus terhelése a jármű álló helyzetében;

ΔZ_R – a kerék és a felépítmény rugózásaiból adódó kerékterhelés változás;

ΔZ_W – a menet – és oldalszél hatására fellépő kerékterhelés változás;

ΔZ_1 - a járműre ható oldalerő hatására bekövetkező kerékterhelés változás:

$$\Delta Z_1 = \frac{F_y \times h}{B}$$

ΔZ_2 – a felépítmény oldalbillenése következtében fellépő súlypont eltolódás (b) hatására fellépő kerékterhelés változás: (G_k -felépítmény súlyereje)

$$\Delta Z_2 = \frac{G_k \times b}{B}$$

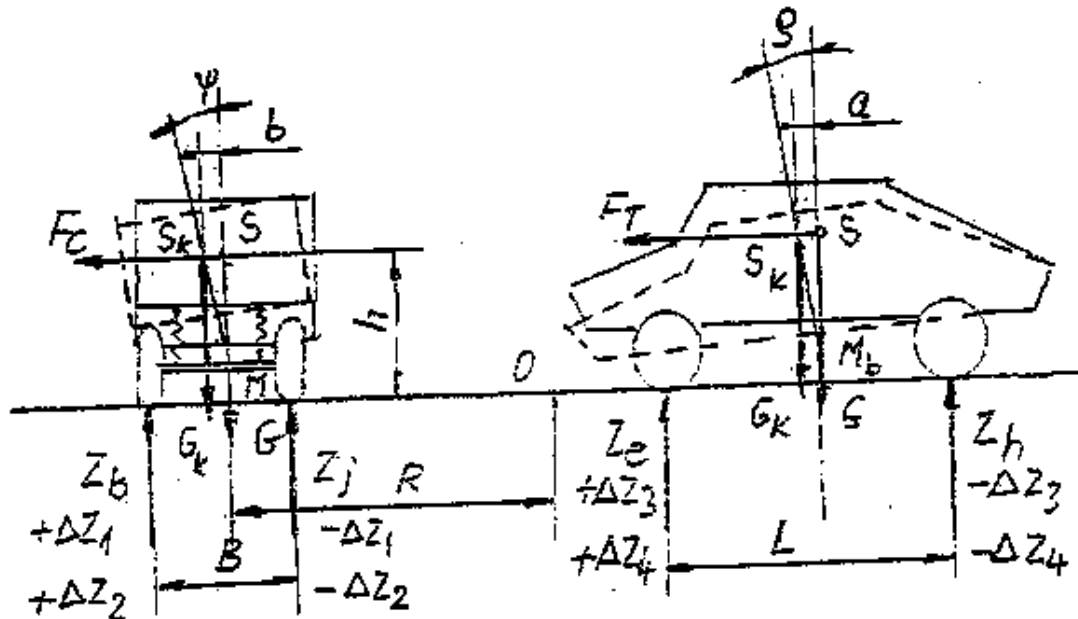
ΔZ_3 – a fékezéskor vagy gyorsuláskor fellépő hosszirányú tehetetlenségi erő hatására bekövetkező kerékterhelés változás:

$$\Delta Z_3 = \frac{F_T \times h}{L}$$

ΔZ_4 – a felépítmény bólintó mozgása következtében fellépő súlypont eltolódás (a) hatására jelentkező kerékterhelés változás:

$$\Delta Z_4 = \frac{G_k \times a}{L}$$

Az átterhelődések következtében a kereket az útfelülethez szorító erő nulla és akár ötszörös értékek között változhat.



2.3. Tapadási tényező:

A tapadási tényező a gumibroncs és az útfelület közötti tapadás minőségét fejezi ki. Nagysága nulla és egy közötti értékek között változik. Így többek közt a gumibroncs és az út közötti fajlagos csúszástól (slip), a gumibroncs mintázatától, anyagától, légnyomásától, az útfelület érdességétől, hőmérsékletétől, szennyezettségétől, vízeségétől függ. Járműdinamikai szempontból a slip alakulása alapvetően kihat a tapadási tényezőre.

A slip a kerék és az útfelület közötti csúszás mértékére utal. Értelmezése:

- fékezés esetén:

$$S_F = \frac{V_{gk} - V_k}{V_{gk}}$$

- hajtás esetén:

$$S_H = \frac{V_k - V_{gk}}{V_k}$$

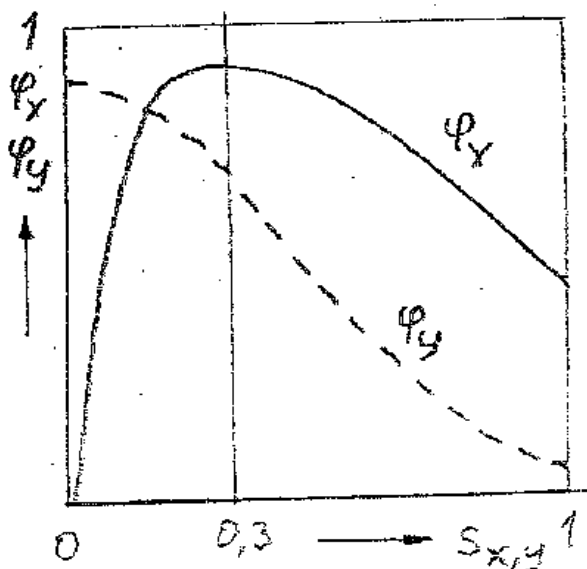
ahol

V_{gk} – a gépkocsi haladási sebessége,

V_k – a kerék kerületi sebessége.

A slip érték 0-1 között változik. Fékezéskor blokkolás esetén a kerék megáll, a jármű tovább halad, a slip értéke 1. Hajtáskor a kipörgő kerék esetén a slip értéke 1. A különböző blokkolás – vagy kipörgésgátló rendszerek éppen ezt a fajlagos sebességkülönbséget ellenőrzik és szabályozzák.

A korszerű járműdinamikai elméletek szerint a hosszirányú és a keresztirányú tapadási tényező eltérően változik a slip függvényében. A slip is tágabb értelmezést kap. Keresztirányú csúszás esetén is változik a hosszirányú tapadási tényező.



Ezzel az elmélettel megmagyarázható a jármű fékezhetőségének és gyorsíthatóságának csökkenése, amennyiben a hibás futóműgeometria vagy túl nagy oldalerő miatt a jármű kereke oldalirányba megcsúszik.

2.4. Lengéskényelem:

A közúti járművek olyan úton haladnak, amelynek makroprofilja (függőleges vonalvezetése) és mikroprofilja (felületi egyenetlenségei) is véletlenszerű (sztochasztikus) függvény szerint változik. A futómű rugózási rendszerének kell gondoskodnia arról, hogy a mozgás közben az utasok és az áruk lengései megfelelő méretűek legyenek. Ennek egzakt minősítésére szolgálnak a különböző lengéskényelmi mutatók. Ezek közül a leggyakrabban használatosak:

Önlengésszám: az álló és lengésbe kényszerített jármű percenkénti lengésszáma, melynek kedvező értéke 60 lengés/perc.

Saját frekvencia: a másodpercenkénti lengésszám, melynek kedvező értéke:
 $f_0=0,75-1,45$ Hz.

A VDI 2057. számú ajánlás szerinti lengéskényelmi mutató:

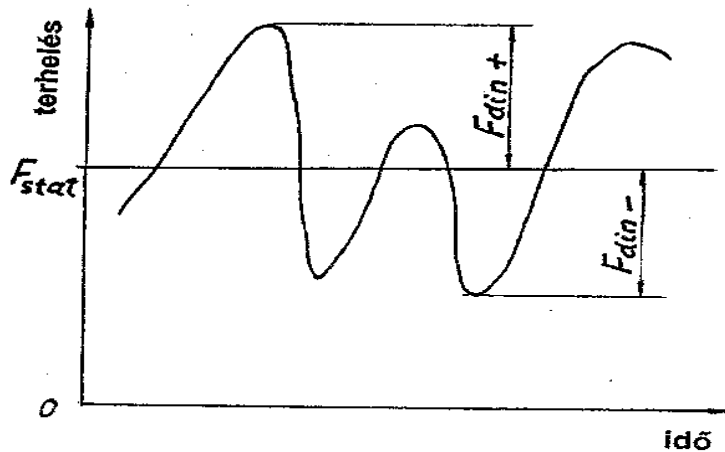
Ez a mutató már figyelembe veszi a lengés frekvenciája mellett a lengésgyorsulásokat és az emberi érzékenység különböző tartományait. A redukált mutató értéke 1-63 érték között változhat. A kényelmes érzet 1-20 értékek tartományába esik.

ISO 2631. számú szabvány szerinti lengéskényelmi mutató:

Ez a legkorszerűbb, legösszetettebb és a legpontosabb lengéskényelmi mutató. Kiszámításához országúti lengésvizsgálatot és számítógépes frekvencia analízist kell végezni., ki kell számítani a redukált lengésgyorsulás szórás értékét. A kényelmes jármű ISO mutatója $0,1-0,3$ m/s^2 értékek közé esik.

2.5. A dinamikus tényező:

A járműalkatrészek igénybevétele az álló helyzetben mért statikus terhelésen túl menet közben dinamikus többlet terheléssel megnövekszik. A növekedés mértékét az ún. dinamikus tényező (d) fejezi ki.



$$F_{\ddot{o}} = F_{st} + F_{din}$$

$$F_{\ddot{o}} = m \times g + m \times a$$

$$d = \frac{F_{\ddot{o}}}{F_{st}} = \frac{m \times g + m \times a}{m \times g} = 1 + \frac{a}{g}$$

ahol:

a – a terhelő tömeg függőleges lengésgyorsulása (m/s²)

F_ö – az összes igénybevétel (N);

F_{st} – statikus terhelés (N);

F_{din} - dinamikus többletterhelés (N);

m – terhelő tömeg (kg);

g – nehézségi gyorsulás (9,81 m/s²)

A dinamikus tényező értéke 2-3 között változik. Csökkenteni lehet megfelelő lengéscsillapítókkal, helyesen megválasztott gumibroncsokkal, gumiperselyekkel (szilentblokkokkal).

2.6. Futóművek aktivitása, önszabályozása

A gépjárművek menetstabilitását a különböző futóműparaméterek megfelelő szabályozásával lehet növelni.

A szabályozás történhet:

- számítógépes külső szabályozással;
- önszabályozással (pl. intelligens futóművek).

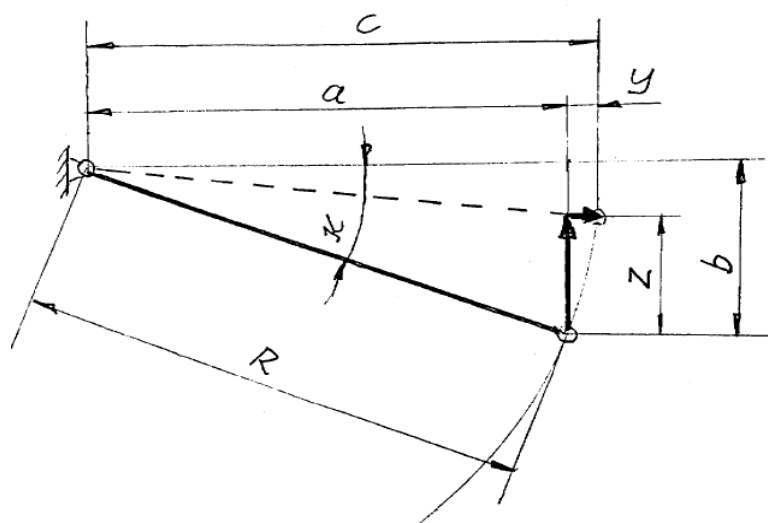
A számítógépes külső szabályozós futóművek jelenleg még fejlesztés alatt állnak, szélesebb körű alkalmazásukat egyelőre műszaki, jogi és gazdasági problémák akadályozzák.

Az intelligens futóműveknél a megfelelő paraméterek szabályozása történhet:

- elmozdulás szabályozással;
- erőszabályozással;
- integrált szabályozással.

Az önszabályozás megvalósítható különböző hosszirányú (R) és beépítési szögű (κ) lengő rudakkal, lengő karokkal és nagy térfogatú önbeálló gumiagyazásokkal (elasztométerekkel).

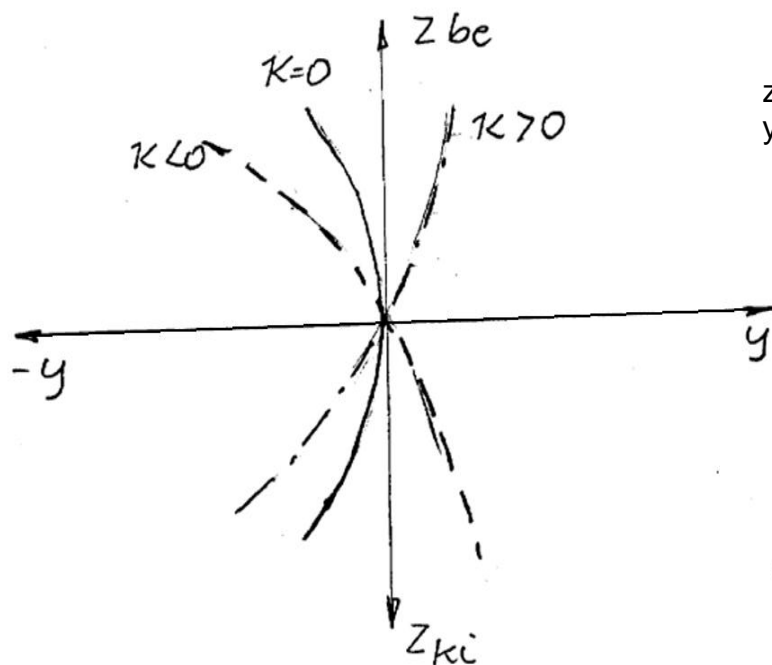
Az elmozdulás szabályozása:



$$y = c - a$$

$$y = \sqrt{R^2 - (b - z)^2} - R \times \cos \kappa$$

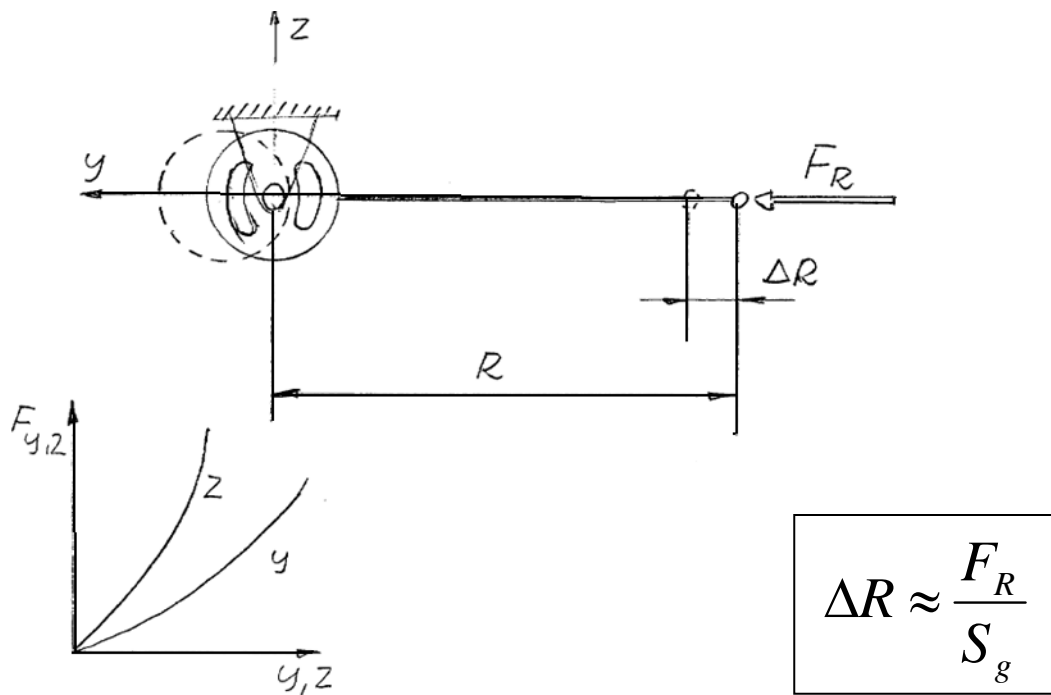
$$y = \sqrt{R^2 - (R \times \sin \kappa - z)^2} - R \times \cos \kappa$$



z - főmozgás
y - mellékmozgás

A főmozgás lehet például a tengelycsonkon lévő gömbcsukló függőleges elmozdulása, a mellékmozgás keresztirányú elmozdulása, amely a kerékdőlést vagy a kerékösszetartást változtatja meg.

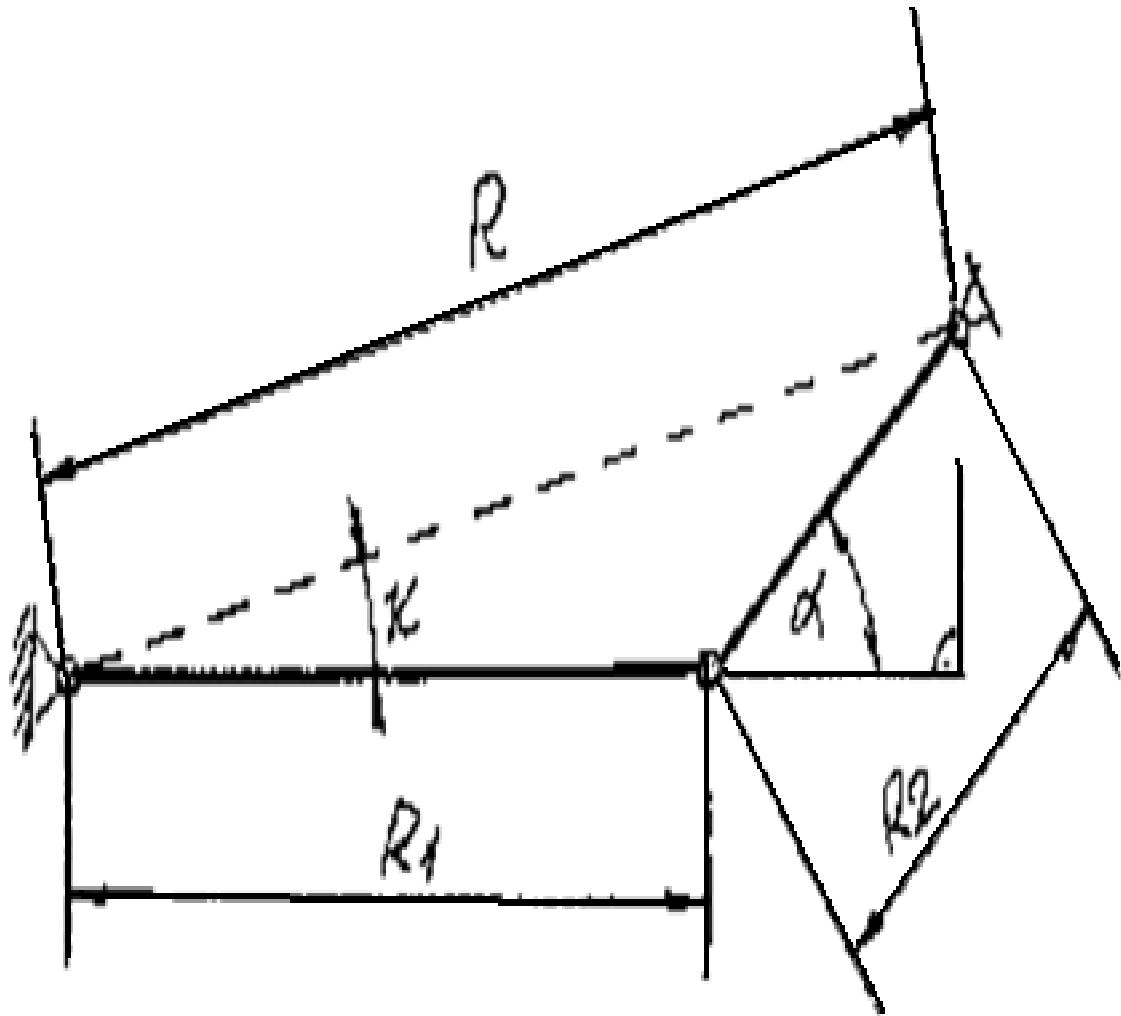
Erőszabályozás:



A tengelycsonk gömbcsuklójára ható erő deformálja a lengőrúdhoz kapcsolódó elasztómétert, a gömbcsukló elmozdul, ami a kerékdőlést vagy kerékösszetartást változtatja.

Kettős elmozdulás szabályozás:

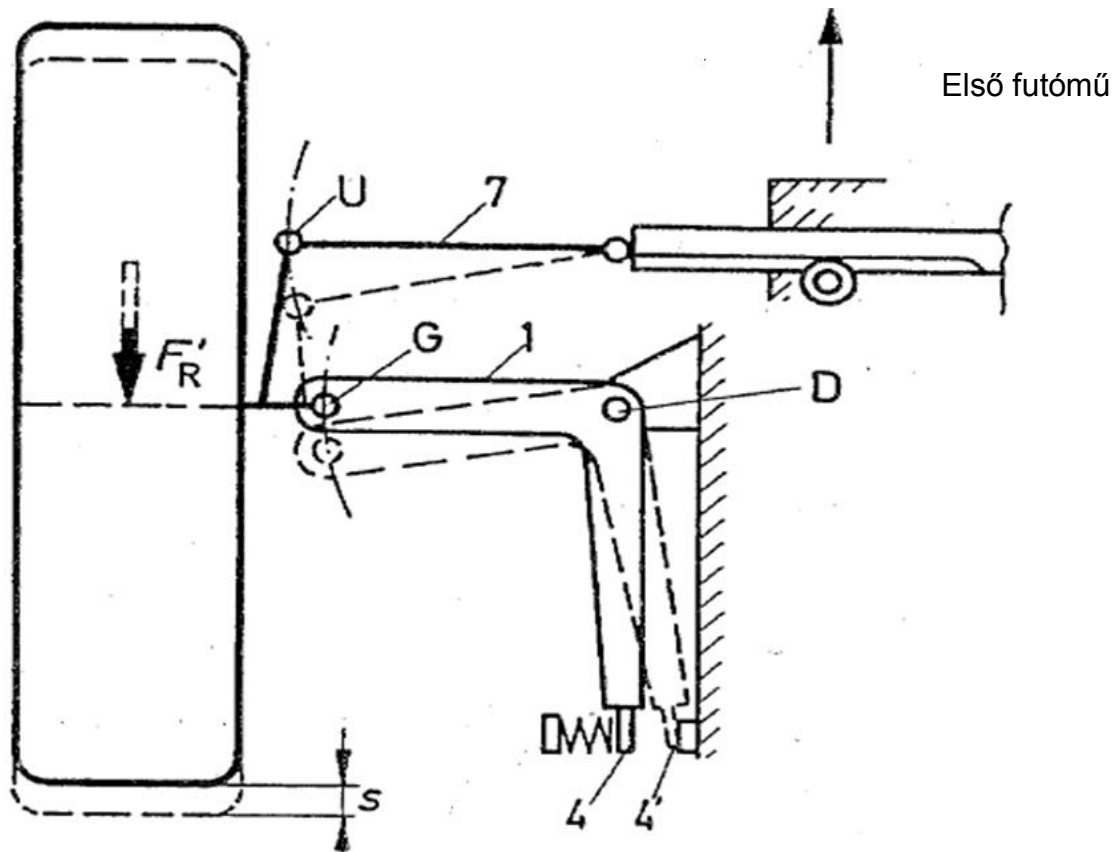
A BMW gépkocsikhoz alkalmazott megoldás. A tengelycsonkhoz rögzített gömbcsukló R sugarú köríven tud elmozdulni, de a két rúdrész által bezárt szög változtatásával az R sugár is változtatható, így a gömbcsukló keresztirányú elmozdulása degresszív vagy progresszív pályán is történhet.



$$\operatorname{tg} \kappa = \frac{R_2 \times \sin \alpha}{R_1 + R_2 \times \cos \alpha}$$

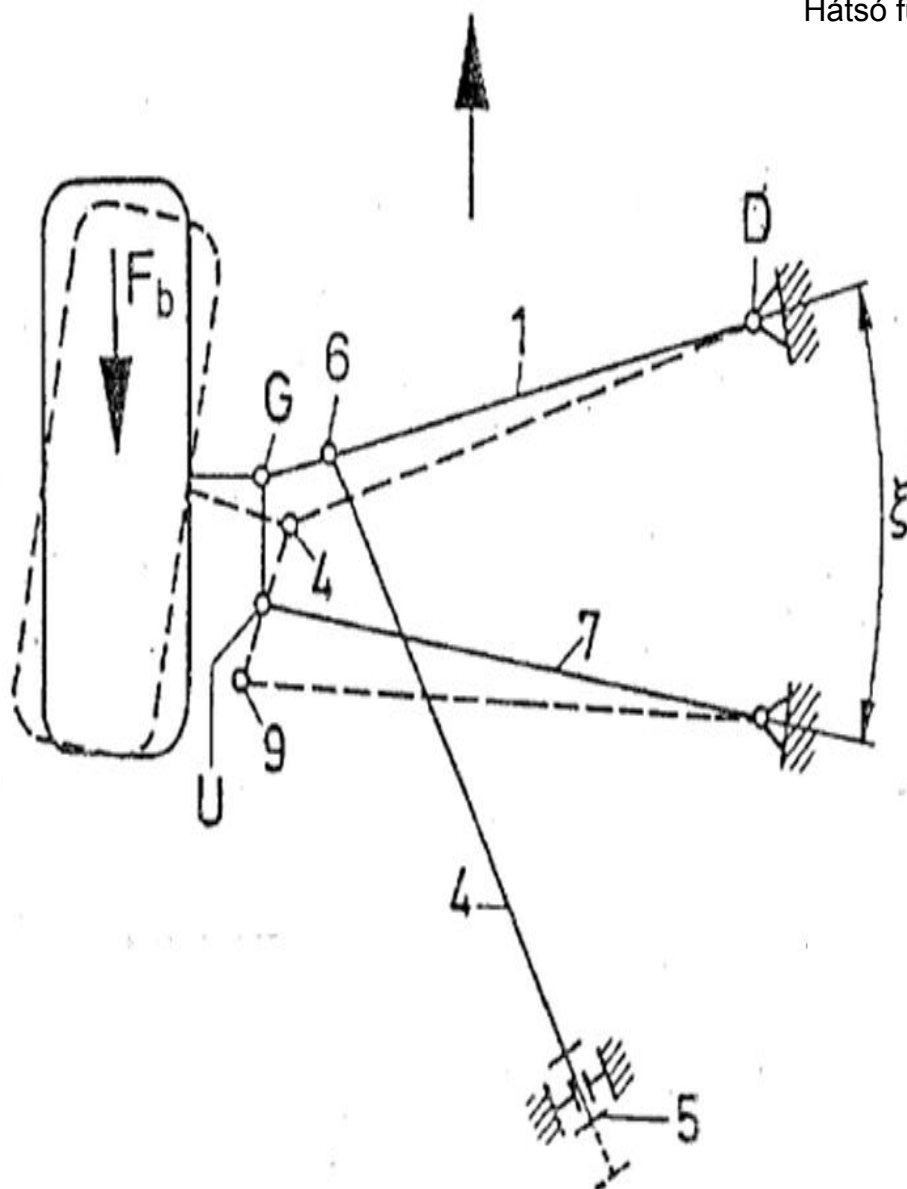
$$R = \sqrt{(R_1 + R_2 \times \cos \alpha)^2 + (R_2 \times \sin \alpha)^2}$$

Integrált szabályozás:



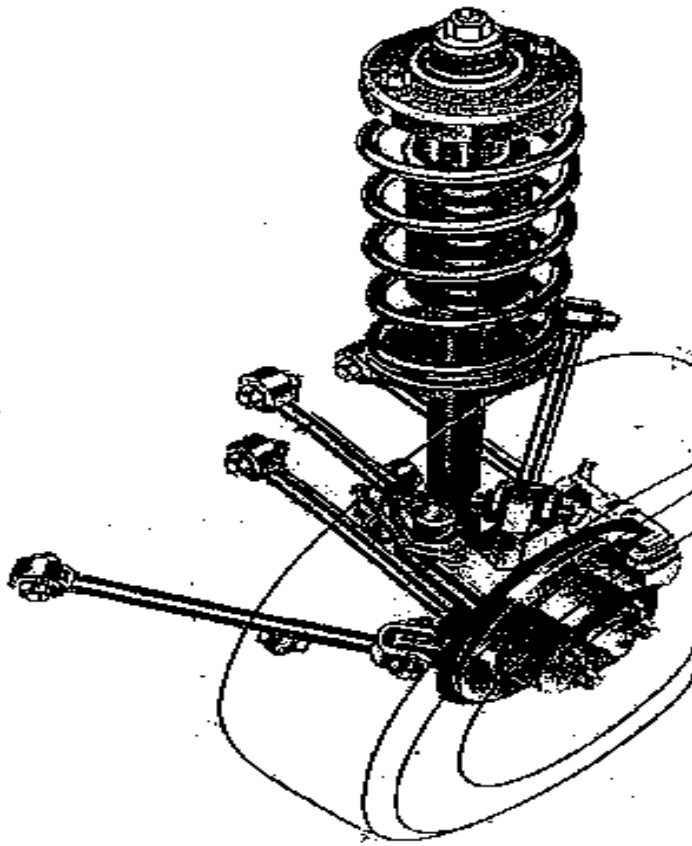
A kerékösszetartás a fékerő és a kormánymechanizmus elmozdulása hatására változik a menetstabilitás igényéből meghatározott célfüggvény szerint. A korszerű első futóműveknél arra törekednek, hogy fékezéskor az összetartás ne változzék vagy kissé a széttartás felé módosuljon.

Hátsó futómű

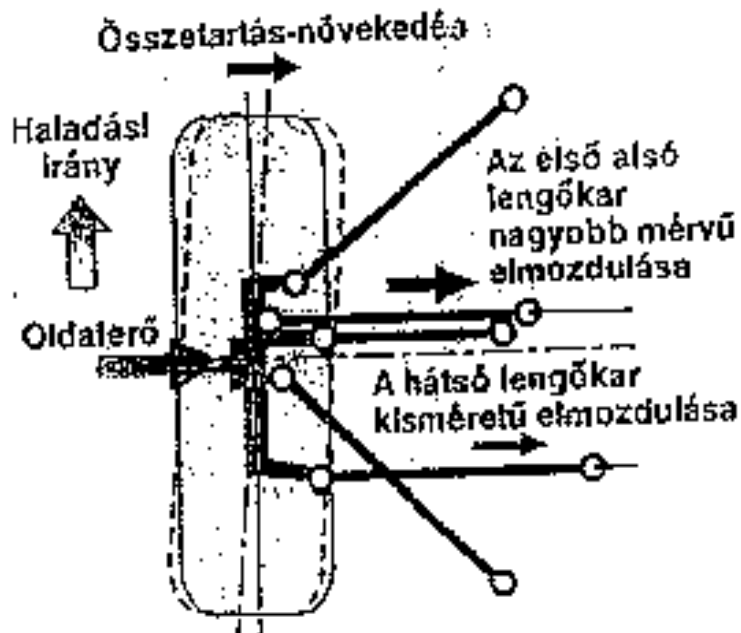


A fékerő és a rudak elmozdulása együttesen alakítja ki a kerékösszetartás megfelelő értékét. A hátsó futóműveknél leggyakrabban a változás az összetartás irányába mutat.

Integrált szabályozás több rudas (multilink) hátsó felfüggesztés esetén:



(Honda Accord)



3. A futóművek geometriai jellemzői, paraméterei

A futóművek vizsgálatakor, minősítésekor használatos geometriai jellemzők, paraméterek:

A) Alap paraméterek:

Kerékdőlés (γ),
Kerékösszetartás (v, α_v),
Csapterpesztés (δ),
Csaphátradőlés (ϵ),
Utánfutás (n_a),
Kormánylegördülési sugár (R_0),
Nyomtáv (B),
Tengelytáv (L).

B) Leszármaztatott paraméterek:

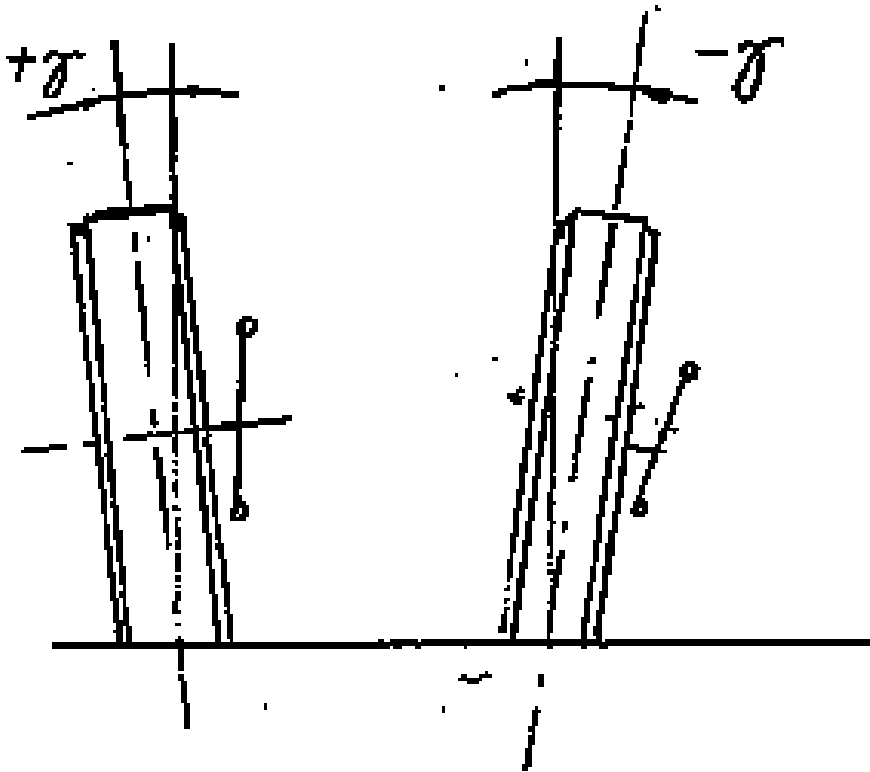
Billenési momentán centrum,
Momentán tengely,
Bólintási centrum,
Kerékdőlés változás,
Összetartásváltozás,
Nyomtávvaltozás.

Az alapparamétereket statikus paramétereknek, néha nullgeometriának is nevezik, mivel ezeket a jármű álló helyzetében lehet megmérni, beállítani.

A leszármaztatott paramétereket dinamikus paraméterként is említi a szakirodalom.

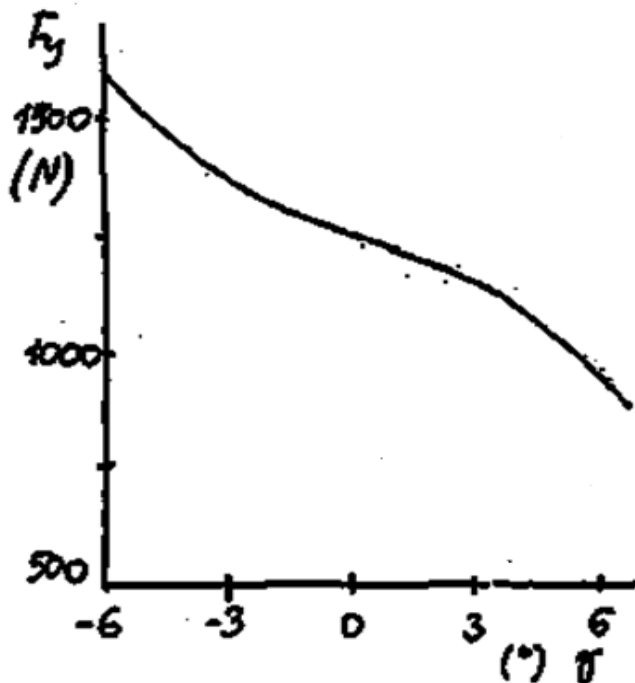
3.1. Alapparaméterek:

3.1.1. Kerékdőlés (γ):



A kerékdőlés a korszerű gépjárműveknél a legfontosabb, egyben sok vitát kiváltó paraméter. A nagyobb teljesítményű személygépkocsiknál és valamennyi versenyautónál negatív értékek jellemzőek. Más a követelmény a kerékdőléssel szemben kanyarodáskor és egyenes haladáskor. Kanyarodás közben a külső kereknek a keresztirányú átlóterhelődés következtében megnő a függőleges terhelése, vagyis dominánssá válik. A negatív dőlésszögű külső kerek így a nagyobb leszorító erő és a negatív dőlésszög miatt nagyobb oldalerőt képes felvenni, akár két - , háromszorost is. A belső oldali kerek is negatív szögű a kocsiesthez viszonyítva, de a kerek teteje kifelé dől a kanyarodás középpontjához viszonyítva, így az oldalerő felvétel szempontjából pozitív szögűnek minősül, ami kedvezőtlen a jármű kanyarstabilitására. A korszerű, intelligensnek nevezhető futóműveknél ezért elsődleges szabályozási cél a belső kerekek dőlésszögének változtatása a kocsiesthez viszonyítva pozitív irányba, vagyis a kerek tetejét a kanyar középpontja felé dönteni. A meghatározott célfüggvény szerinti kerékdőlés szabályozását a

kocsitest billenésére és az oldalerő növekedésére reagáló felfüggesztési rendszerrel lehet megvalósítani.

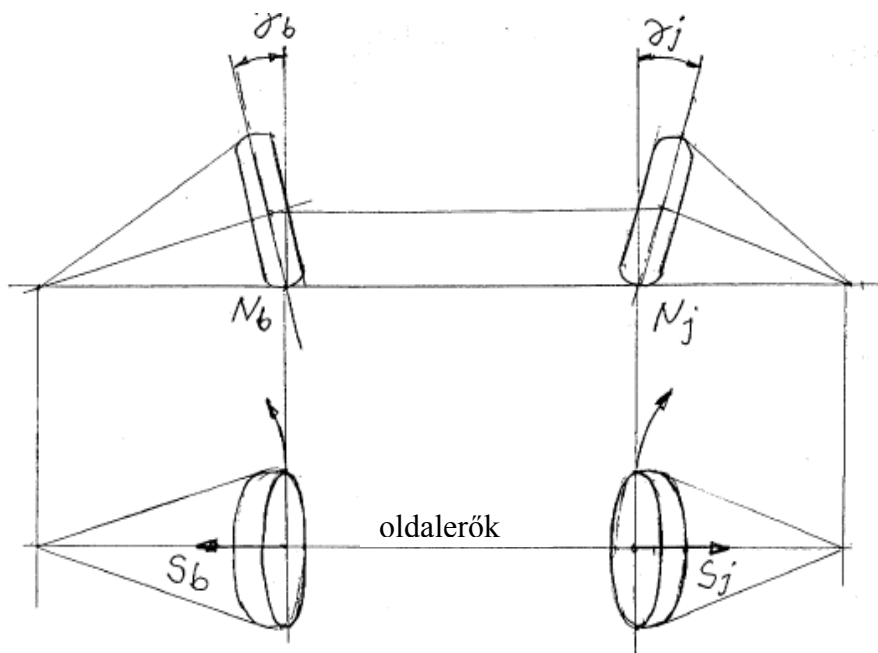


A külső kerék által felvehető oldalerő változása a kerék dőlési szögtől. A gumibroncs 165 R13 méretű, a kerékterhelés 400 kg.

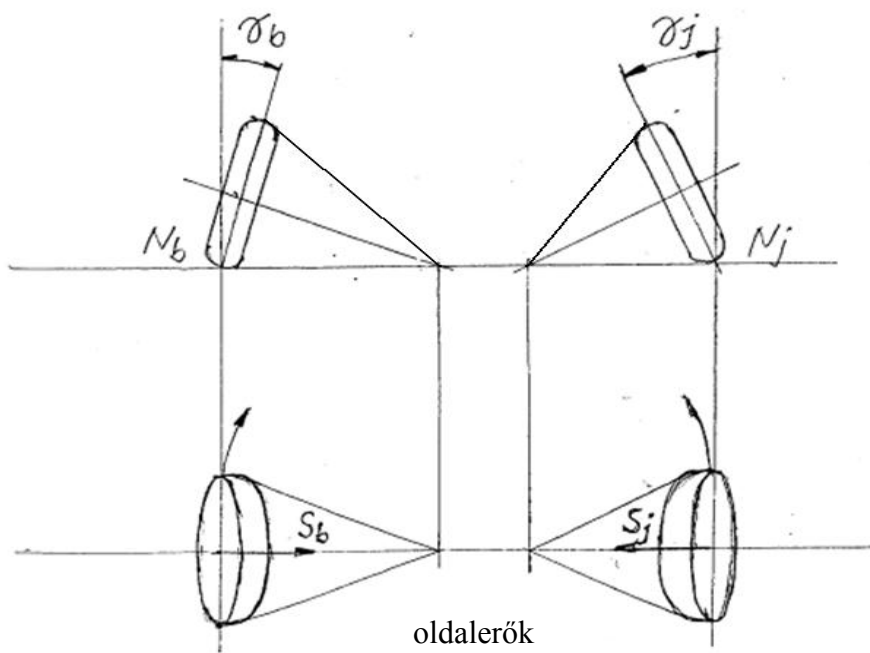
Egyenes haladáskor a döntött kerekek köríven akarnak gördülni, de a két kerék ellentétes irányba, így kénytelenek egyenesen haladni, ez a gumibroncs deformálódásához vezet. Ezt kikényszerített ferdefutásnak nevezzük. (lásd részletes ismertetését a kormányzás kiegészítés fejezetben). Ha a gumibroncs ezt a ferdefutást nem képes oldalrugalmasságából adódóan kiegyenlíteni, akkor gumikopás és a tapadási erő csökkenése következhet be. Mindezekből következően egyenes haladáskor a 0 kerékdőlés kedvező lenne, de a kanyarstabilitási igény ezzel ellentétes. Intelligens futómű igazodik az ellentétes követelményekhez, viszont a nem szabályozott futóműveknél már kompromisszumot köt a konstruktőr.

Korszerű személygépkocsiknál az első futómű kerékdőlési szöge 0° - $(-0,5^\circ)$ közötti, a hátsó futóművé (-1°) - (-2°) közti értékű. Általános követelmény, hogy egy futóművön a két keréknek azonos legyenek a kerékdőlési szöge, már $0,1 - 0,2^\circ$ eltérés esetén a jármű félrehúz.

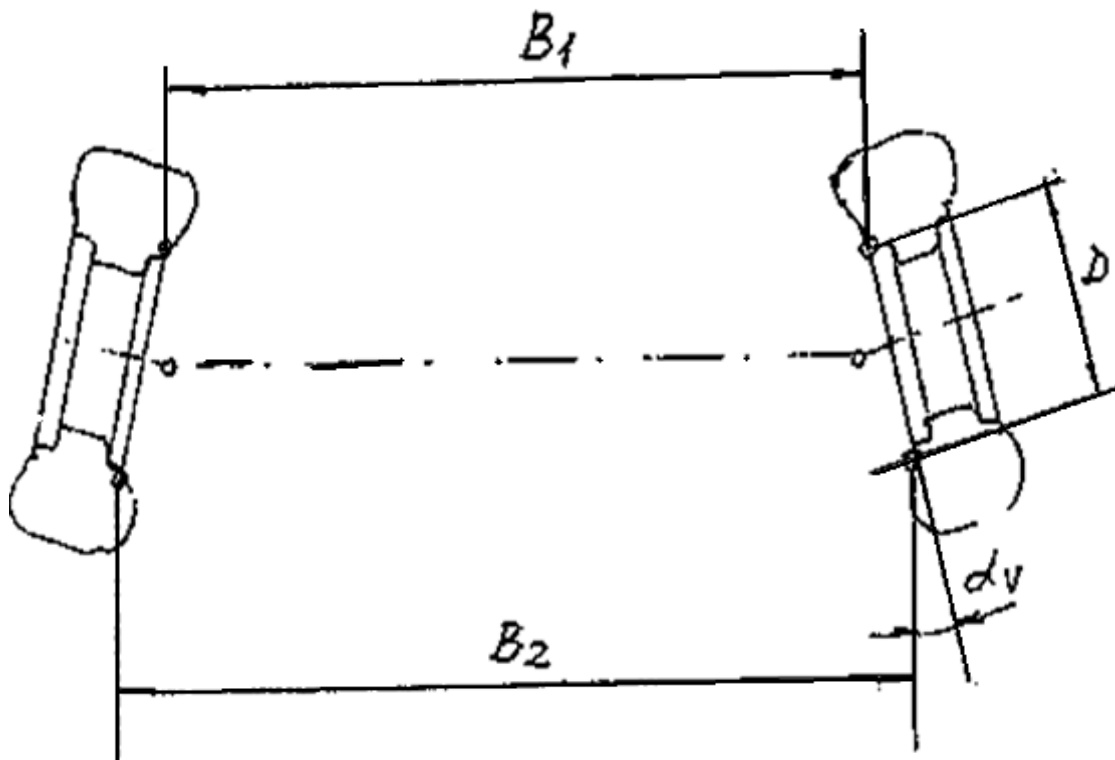
Pozitív kerékdőlés:



Negatív kerékdőlés:



3.1.2. Kerékösszetartás:



$$v = B_2 - B_1 \text{ (mm)}$$

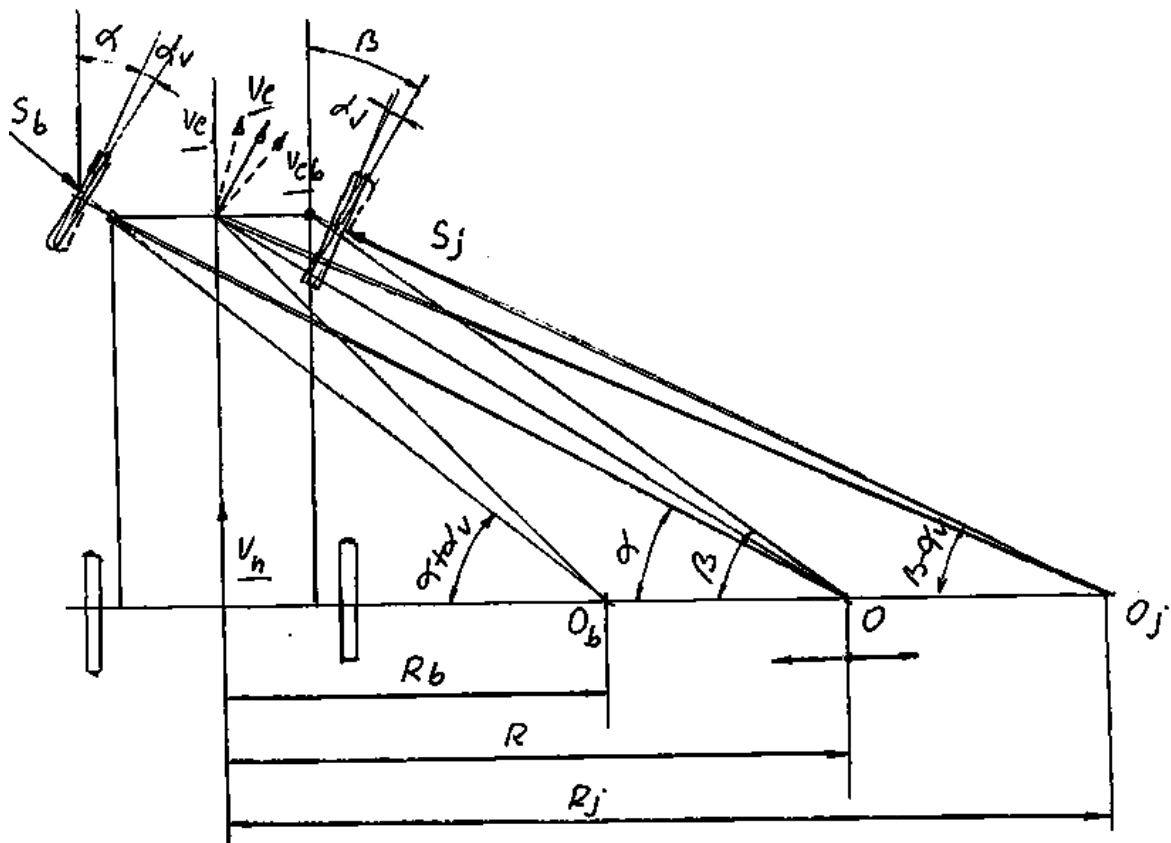
$$\alpha_v \approx \frac{B_2 - B_1}{2D} \text{ (radián)}$$

$$\alpha_v \approx \frac{v}{2D} \times \frac{180^\circ}{\pi} \text{ (fok)}$$

α_v = összetartási szög egy kerékre vonatkoztatva.

A korszerű személygépkocsinál a kerékösszetartás értékei nagy szórást mutatnak. Az első futóműnél általánosan $0^\circ - 0,5^\circ$, a hátsó futóműnél $0,5^\circ - 1^\circ$ a leggyakoribb érték. Az alapösszetartás ugyanis számos tényezőtől függ így többek között a

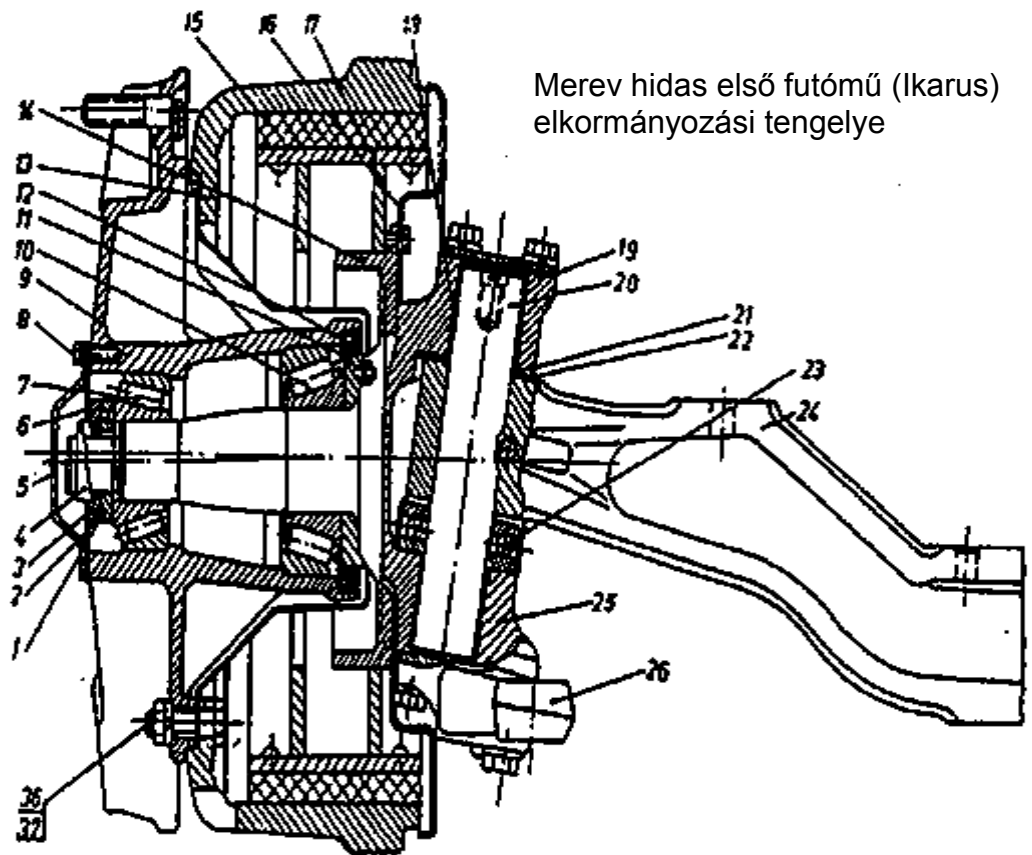
kerékdőléstől, a kerékdőlés elkormányzás közbeni változásától, a nyomtáv változásától, a hajtásrendszertől az összetartás menetközbeni változtatásától, az úgynevezett csapgeometriáról (ld. később). Az első futóműnél az összetartás a jármű sajátkormányzási tulajdonságát az oldalgyorsulástól függően a túlkormányzás felé változtatja, amíg a hátsó keréknél az alulkormányzás felé. Az ábra az első kerekek összetartásának hatását mutatja. Figyelembe véve a kerékterhelés kanyarodás közbeni változását, vagyis azt a szabályt, hogy kanyarodáskor a külső kerekek válnak dominánssá, jól látható, hogy a kanyarodás középpontja kifelé tolódik, vagyis a kanyarodási sugár csökken.



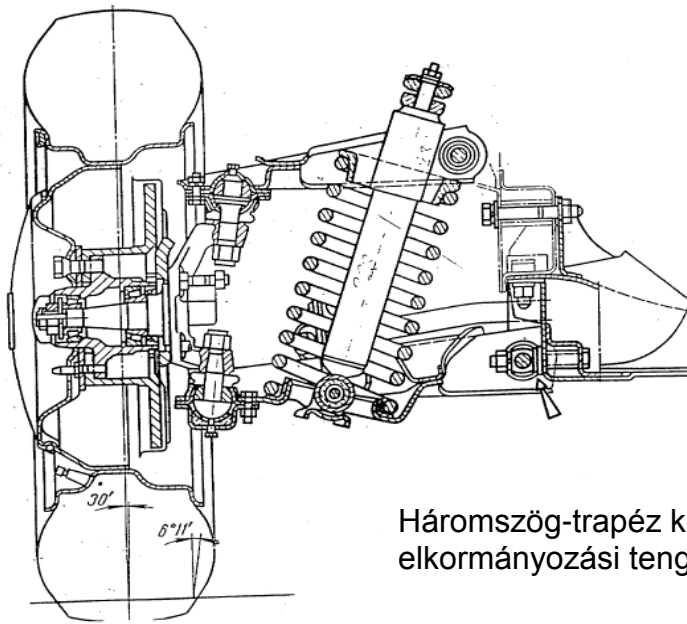
3.1.3. Csapgeometria:

A kormányzott kerekek kényszerkormányzáskor vagy önkormányzáskor a függőlegeshez közelálló tengely körül elfordulnak. Ezt a tengelyt nevezzük elkormányzási tengelynek. Ez lehet valós, mint például a merev hidas futóművek függőcsapszegének középvonala (innen ered a csapgeometria, csapterpesztés, csaphátradőlés elnevezés) vagy lehet vizuális, látszólagos. Az alsó – felső gömbcsuklós tengelycsuklás esetén a gömbcsuklók középpontját összekötő egyenes az elkormányzás tengelye. A McPherson futóműveknél az alsó gömbcsukló közepét és a támcsapágy deformációs középpontját összekötő egyenes körül fordul el a tengelycsuklás. A dupla csuklós futóműveknél (ld. Audi 4-6-8) a tengelycsuklás alsó és felső nyúlványai a lengőrudak által meghatározott pillanatnyi középpontok (momentán centrumok) körül fordulnak el. Miután a kerék ki – berugózása és a rudakra ható oldalerők következtében a momentán centrumok állandóan változnak, így az elkormányzás tengelye is állandóan változik, vagyis ez a tengely virtuális és momentán.

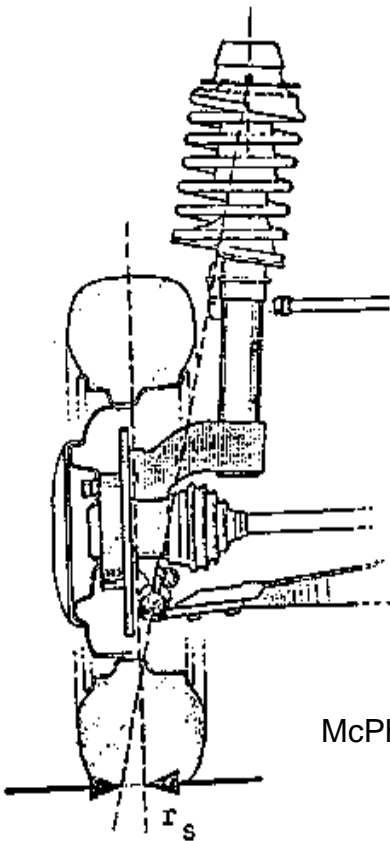
Az elkormányzási tengely dőlésszögei és a keréktalppont (N) és az elkormányzási tengelynek az útfelülettel alkotott dőléspontja (D) közti távolságok alkotják a csapgeometriát.



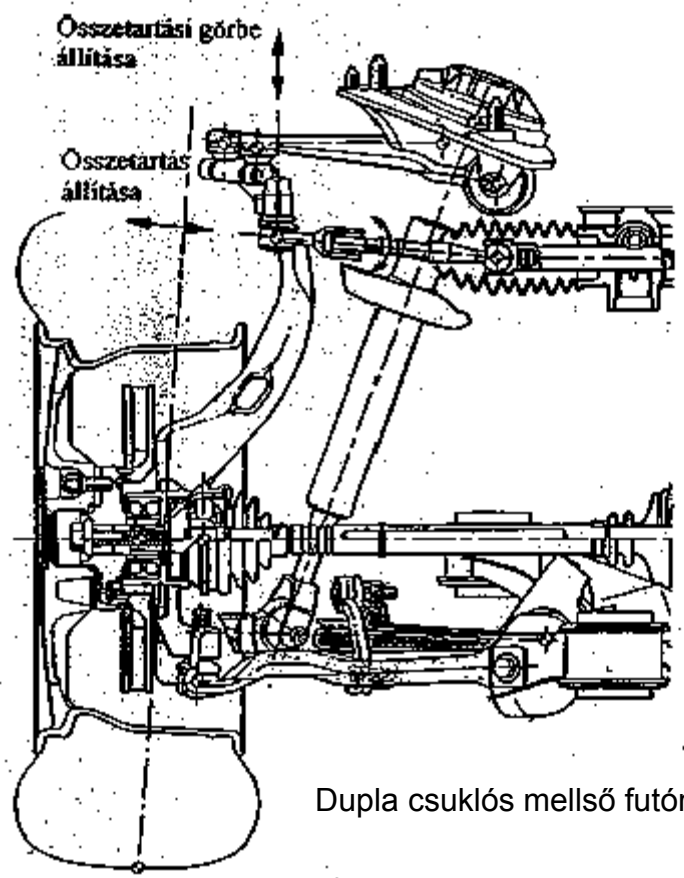
| | | |
|--------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 – csapágyanya | 11 – támgyűrű | 21 – szabályozó tárcsa |
| 2 – zárógyűrű | 12 – tömítőgyűrű | 22 – tárcsa |
| 3 – zárótárcsa | 13 – fékdob | 23 – tengelycsonk csapágy |
| 4 – anya | 14 – féktartó | 24 – tengely |
| 5 – kerékagy sapka | 15 – fékbetét | 25 – tengelycsonk |
| 6 – tömítés | 16 – féktartó lemez | 26 – nyomtávkar, bal |
| 7 – külső csapágy | 17 – fékpofa | |
| 8 – csavar | 18 – tengelycsonk persely | |
| 9 – kerékagy | 19 – tömítés | |
| 10 – belső csapágy | 20 – tengelycsonk csapszeg | |



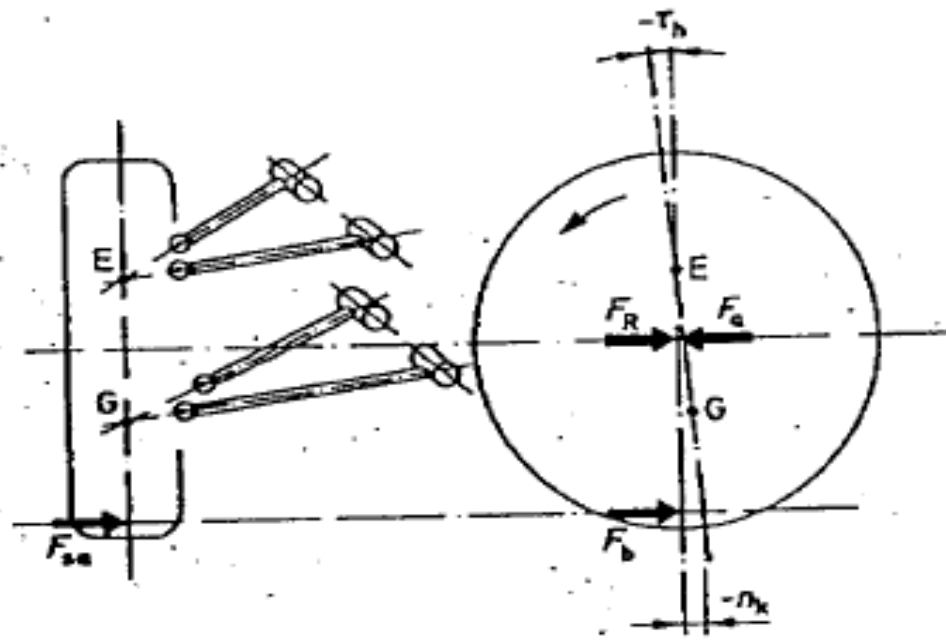
Háromszög-trapéz keresztlengőkaros futómű (Lada) -
elkormányozási tengelye

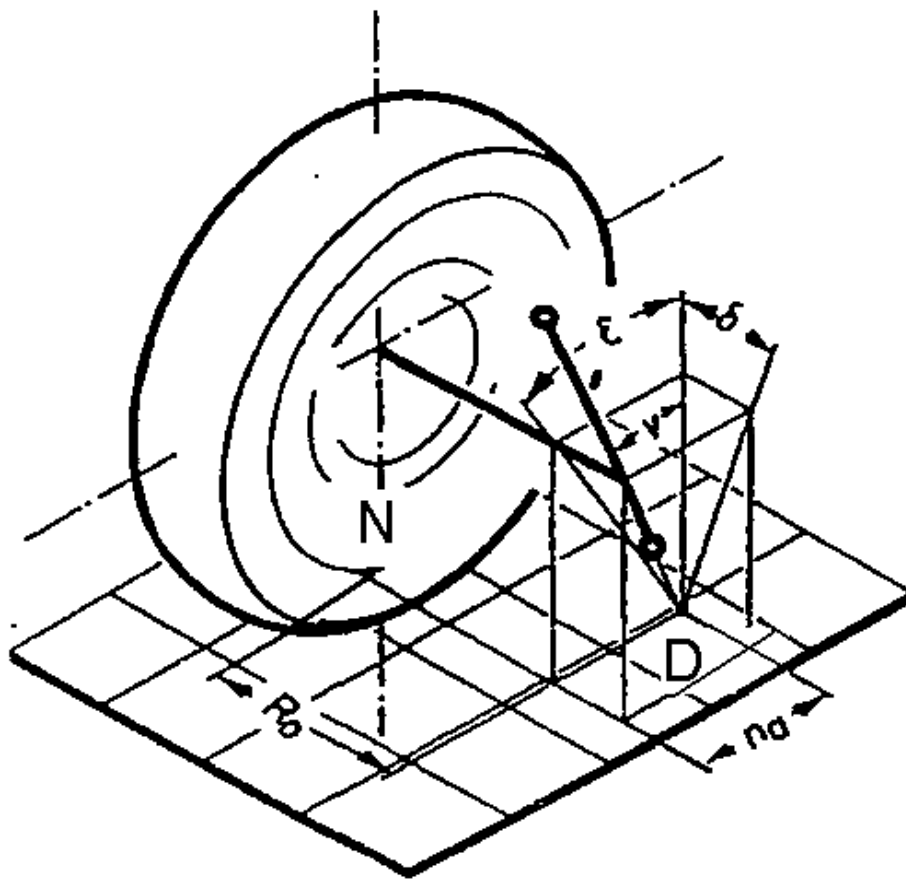


McPherson-típusú első futómű (Audi 80) - elkormányozási tengelye



Dupla csuklós mellső futómű (Audi A4) - elkormányozási tengelye





csapterpesztés (δ)

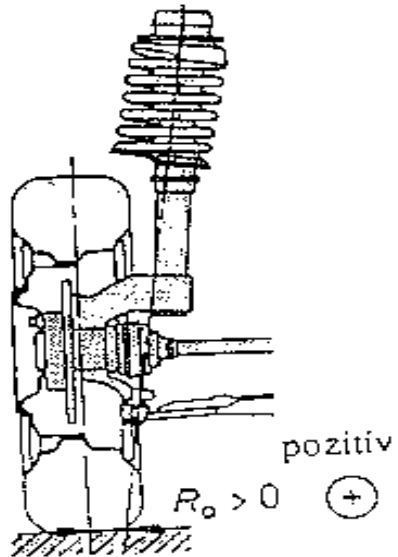
csaphátradőlés (ϵ)

kormánylegördülési sugár (R_0) (elkormányzási sugár)

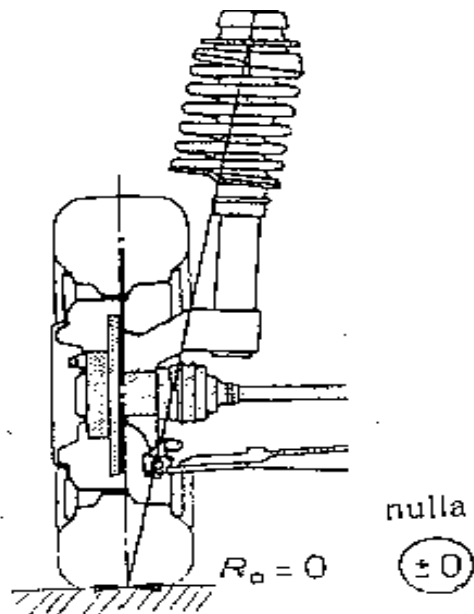
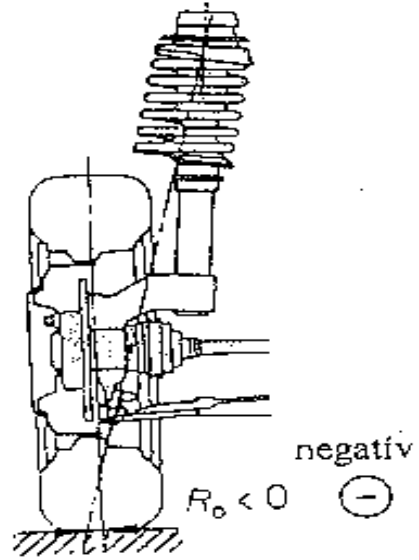
utánfutás (n_a)

Csapterpesztés, kormánylegördülési sugár (elkormányzási sugár)

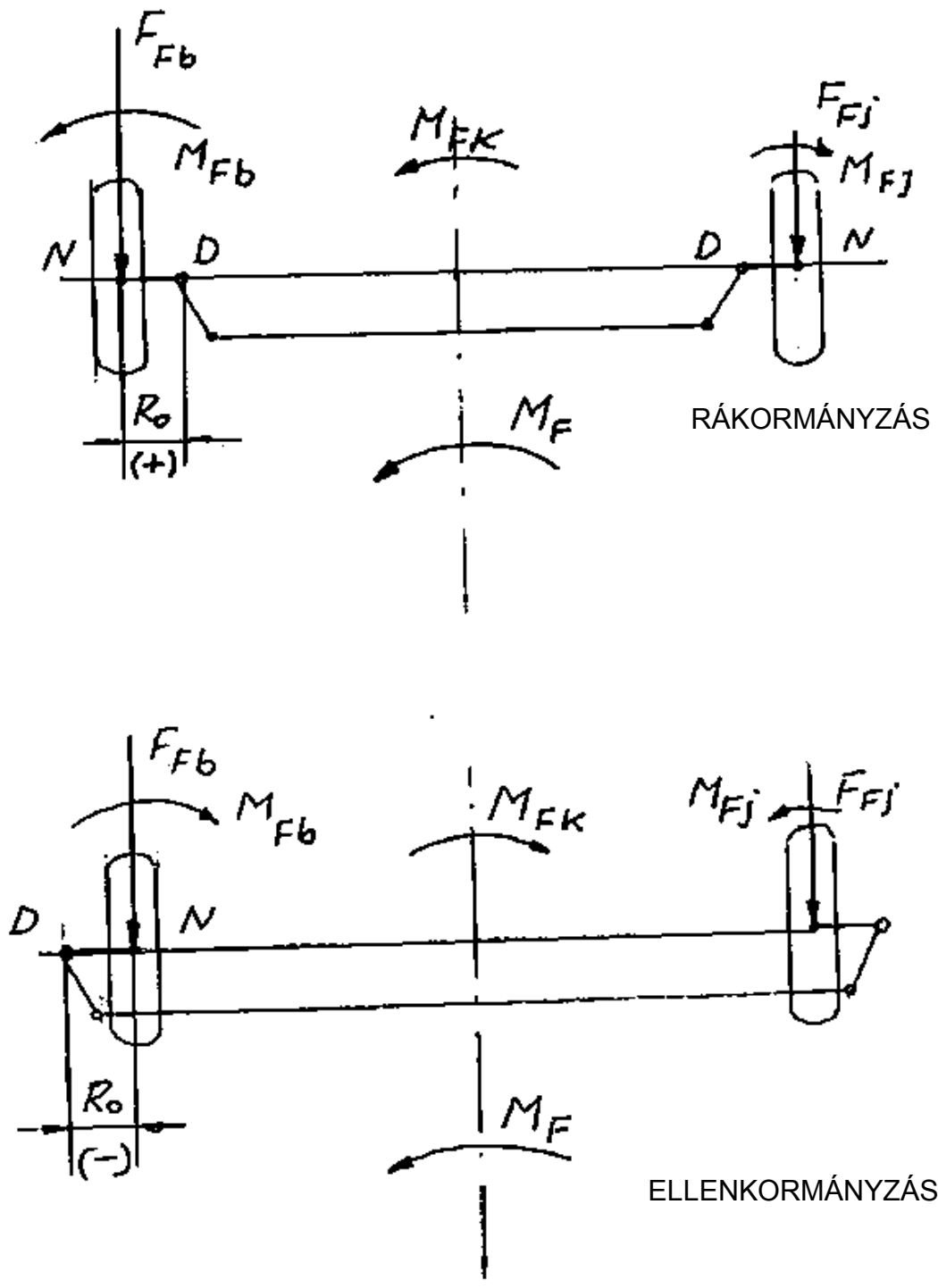
HAGYOMÁNYOS



KORSZERŰ



Az elkormányzási sugár hatása a jármű menetstabilitására egyenlőtlen fékerők vagy gördülési ellenállások esetén.

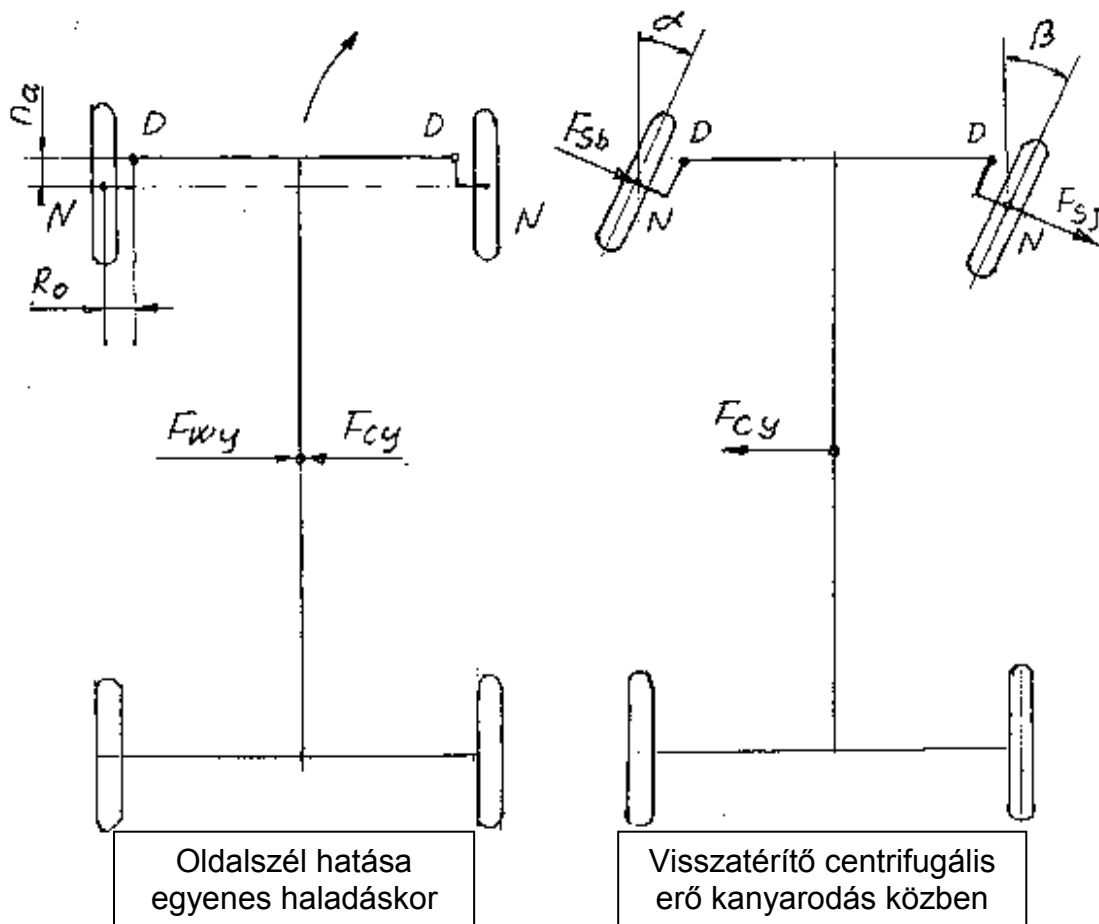
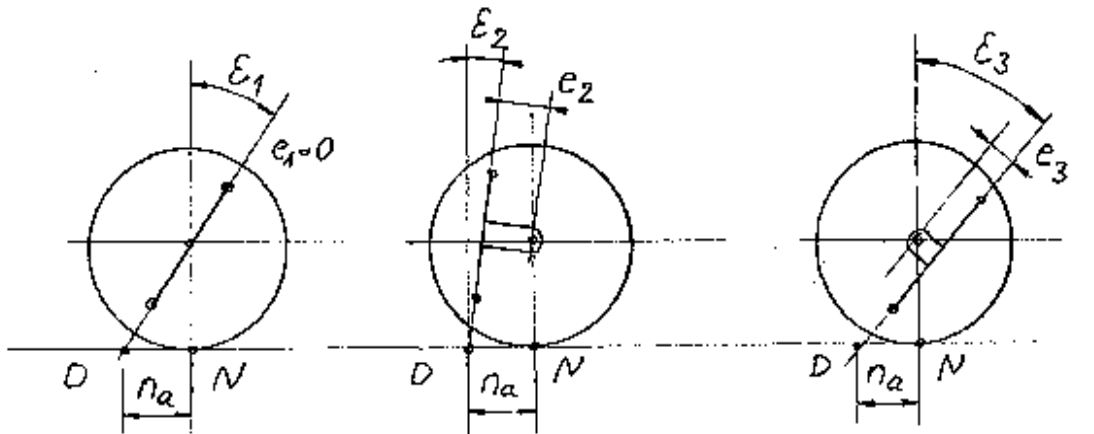


M_F – a járműre ható elfordító nyomaték,

M_{FK} – az egyenlőtlen kerékerőkből adódó elkormányzási nyomaték

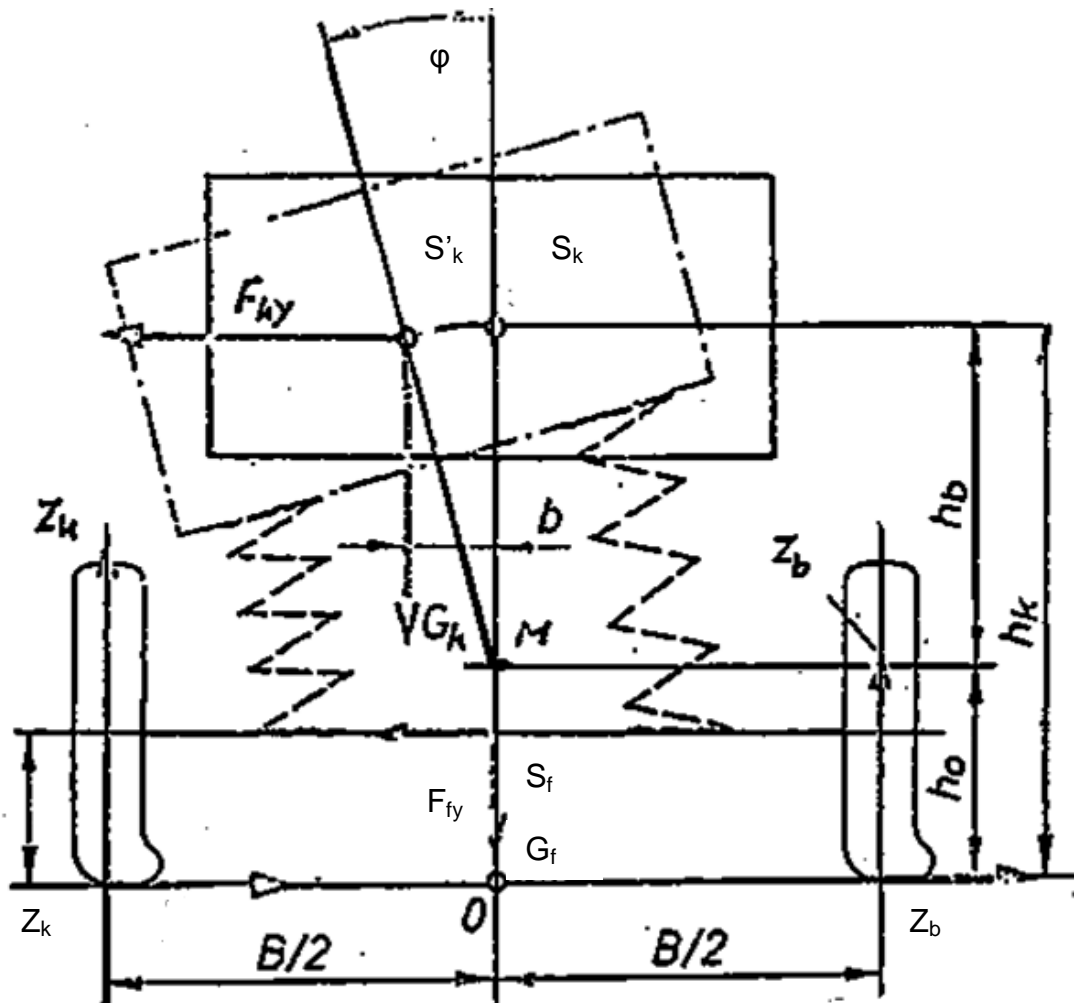
Csaphátradőlés és utánfutás:

A csaphátradőlés hatására elkormányzáskor a külső kerék teteje befele, a belsője kifelé dől, ez javítja a kanyarstabilitást. Az utánfutás következtében a kerekek a menetirányba igyekeznek beállni.



3.2. Leszármaztatott paraméterek

3.2.1 Billenési momentán centrum:



Az ábra jelölései:

S_k – a kocsitest súlypontja;

Z_k – a külső kerék terhelése;

S_f – a futómű súlypontja;

Z_b – a belső kerék terhelése;

G_k – a kocsitest súlya;

F_{ky} – a kocsiestre ható oldalerő;

G_f – a futómű súlya;

F_{fy} – a futóműre ható oldalerő.

M – a billenési momentán centrum;

A kocsitestre ható oldalerő (ez lehet kanyarodás közbeni centrifugális erő, oldalszél, oldallejtő) következtében a kocsitest megbillen φ szöggel a pillanatnyi középpont

(momentán centrum) körül. A billenés következtében a kocsitest súlypontja oldalra, b távolságra eltolódik. Ennek hatására megváltozik mindkét kerék függőleges terhelése, bekövetkezik a már bemutatott első és második átterhelődés:

$$Z_k = Z_{stk} + \frac{F_{ky} \times h_k}{B} + \frac{F_{fy} \times R}{B} + \frac{G_k \times b}{B}$$

$$Z_b = Z_{stb} - \frac{F_{ky} \times h_k}{B} - \frac{F_{fy} \times R}{B} - \frac{G_k \times b}{B}$$

Az egyenletek azt mutatják, hogy amennyivel csökken a belső kerék függőleges terhelése ugyanannyival növekszik a külső kerék terhelése. A kerék függőleges terhelése és az általa felvehető oldalerő közt viszont nem lineáris, hanem degresszív az összefüggés. Például ha a külső kerék függőleges terhelése kétszeresére nő, akkor az általa felvehető oldalerő nem kétszeresére, hanem másfélszeresére növekszik. Vagyis az átterhelődés következtében oldalerő veszteség lép fel, ami a jármű kanyarodás stabilitását csökkenti. Tehát a felépítmény oldalbillenése kedvezőtlen jelenség, azt mérsékelni kell.

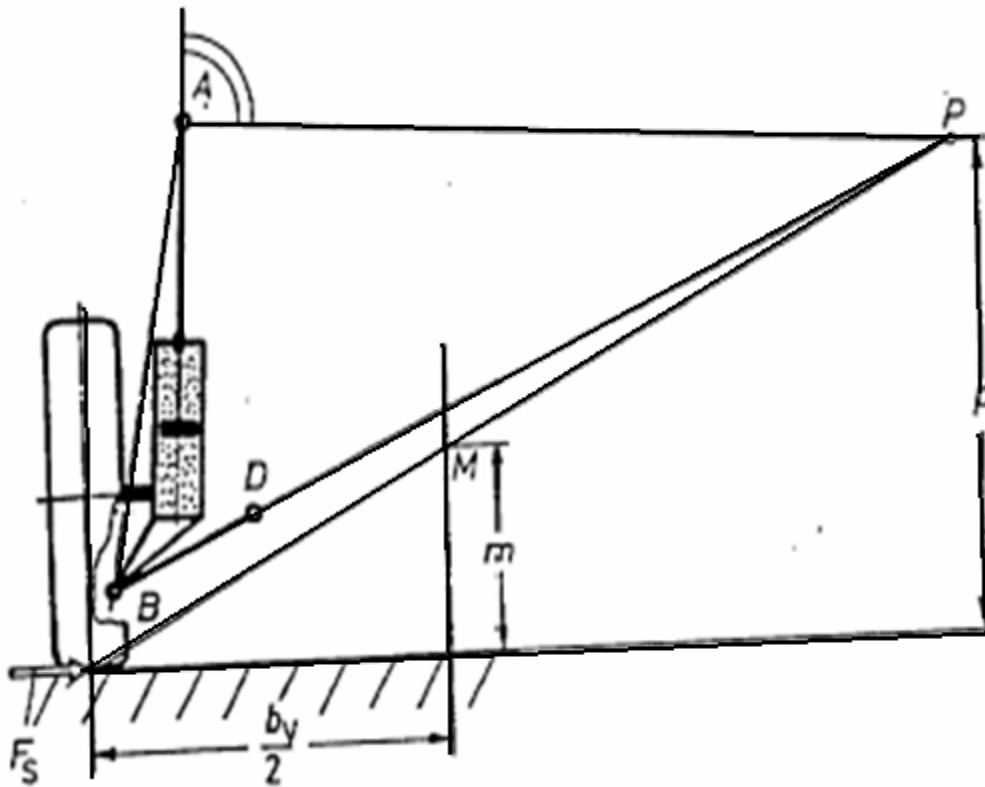
Az oldaldőlés csökkenthető:

- rugók merevítésével (de a lengéskényelmi követelmények korlátozzák);
- a rugóbázis növelésével;
- a kocsitest súlypontjának csökkentésével;
- a momentán centrum emelésével;
- keresztstabilizátor beépítésével;
- számítógépes felépítmény szabályozással (ABC, Active Body Control – rendszer).

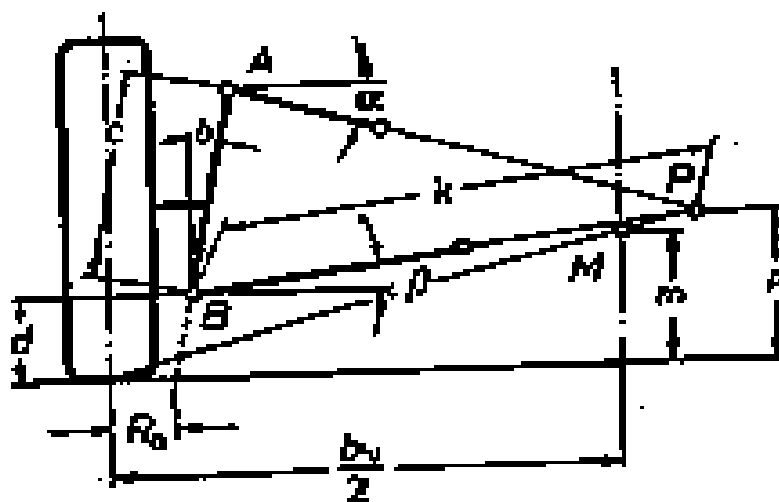
A billenési momentán centrum magassága függ a futómű típusától és a felfüggesztés geometriai kialakításától. A momentán centrum meghatározható szerkesztéssel és számítással. A szerkesztés lényege, hogy először meghatározzuk a kerék talppontjának mozgásirányát a felépítmény billenése közben, majd a mozgásirányra merőleges egyenest húzva az kimetszi a futómű függőleges szimmetria tengelyén a

momentán centrumot. A legjellemzőbb futóműtípusok momentán centrumainak szerkesztése:

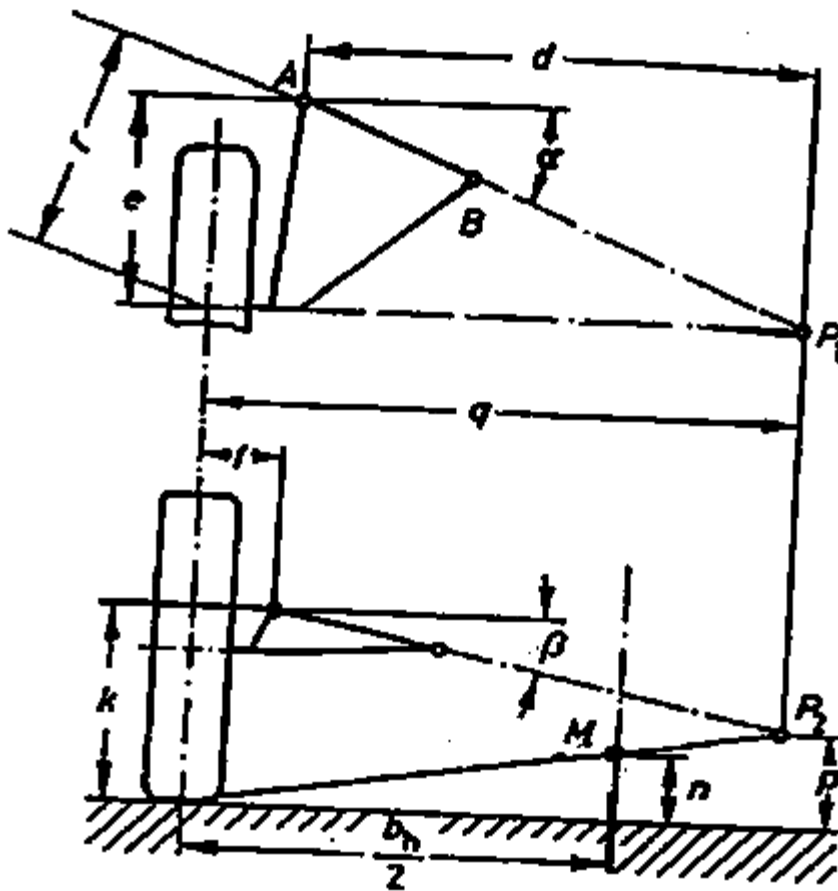
1) McPherson futómű momentán centruma:



2) Háromszög - trapéz keresztlengőkaros futómű momentán centruma:

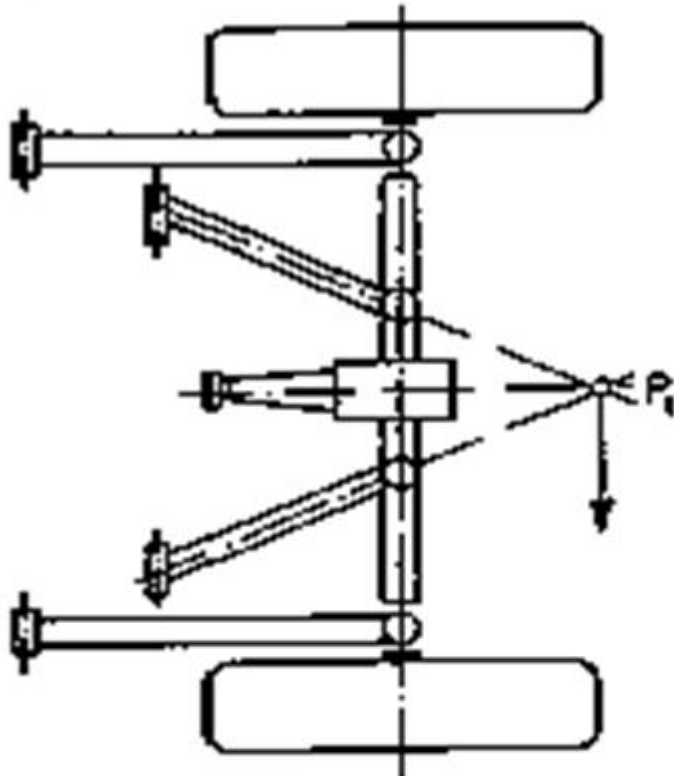


3) Ferde tengelyű hosszlegrőkarú futómű momentán centruma:

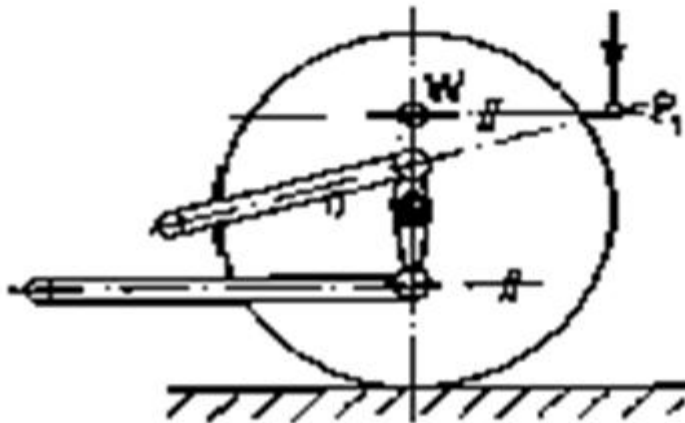


4) Négy lengőrudas merev tengelyes futómű momentán centruma:

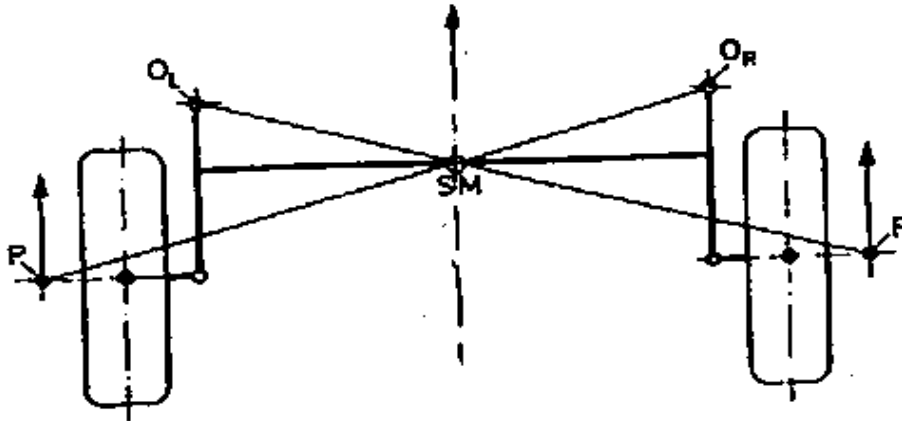
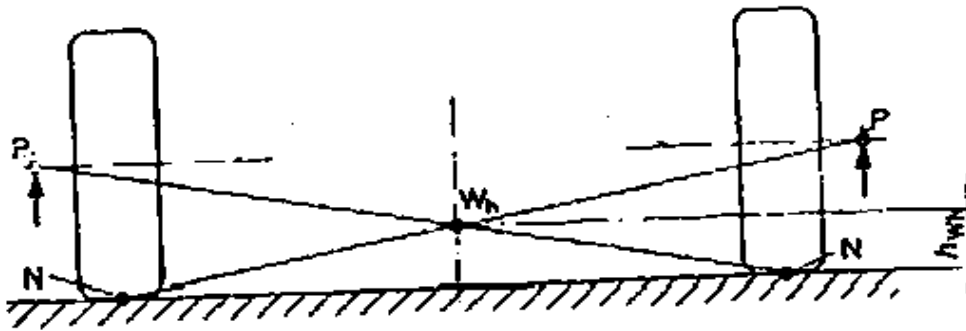
Felülnézet



Oldalnézet



5) Csatolt hosszlengőkaros futómű momentán centruma:



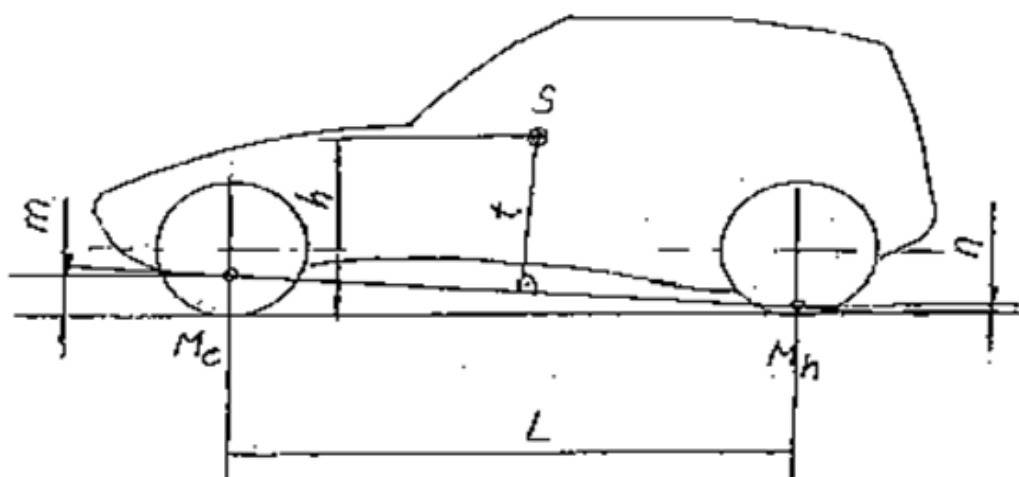
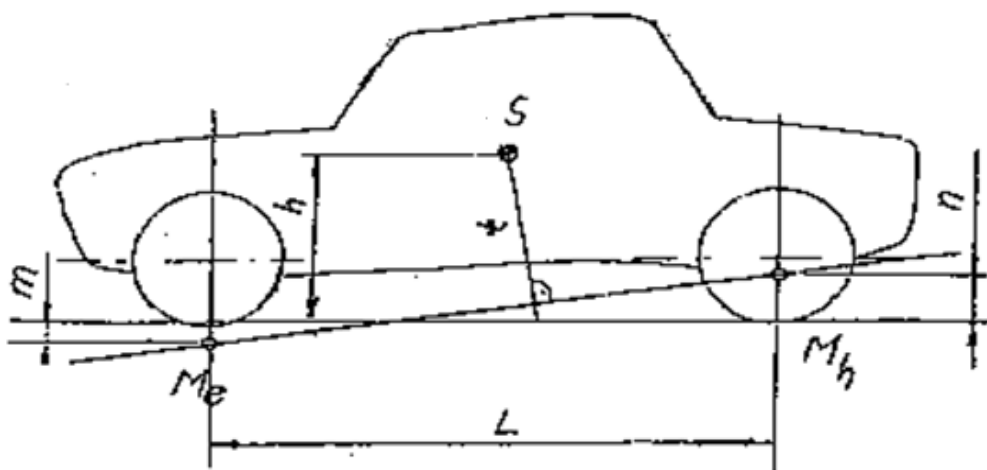
3.2.2. Billenési momentán tengely

Az első és a hátsó futómű billenési momentán centrumát összekötve kapjuk a jármű billenési momentán tengelyét. A momentán tengely helyzete lehet:

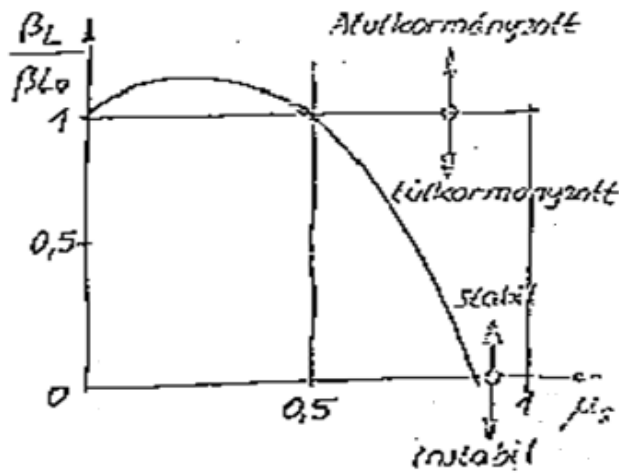
- 1) előre lejt, az első futómű billenési merevsége kisebb, mint a hátsó;
- 2) hátrafelé lejt, az első futómű billenési merevsége nagyobb, mint a hátsóé;
- 3) vízszintes, a futóművek billenési merevsége azonos.

Az első és hátsó futómű oldalbillenési merevségének aránya befolyásolja a jármű saját kormányzási tulajdonágainak változását az oldalgyorsulás függvényében. Ha a billenési momentán tengely előre lejt, akkor a jármű saját kormányzása az

alulkormányzottság felé változik, ha hátrafelé lejt a változás a túlkormányzottság felé mutat.



A sebesség ill. az oldalgyorsulás növekedésének hatása a kormányzásra



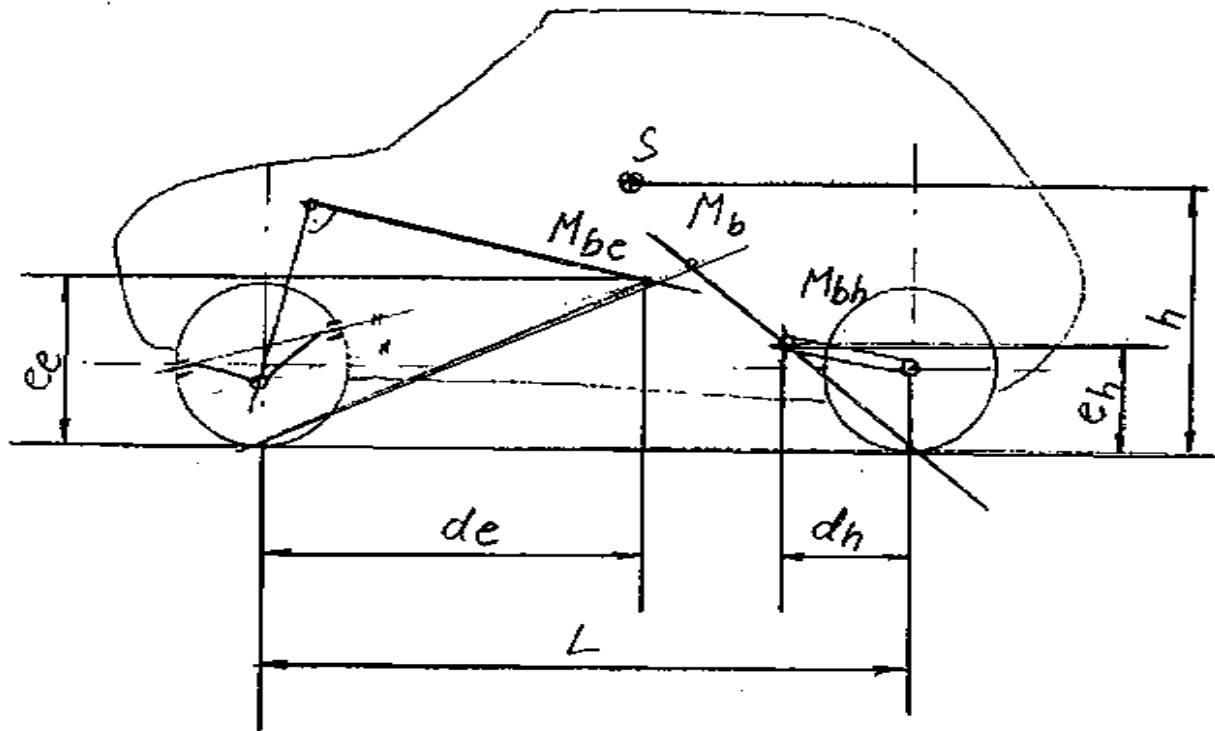
$$\mu_s = \frac{V^2}{R \times g}$$

Mitschke-féle diagram

A jármű sajátkormányzási tulajdonságának változását legszemléletesebben a Mitschke-féle diagramon lehet bemutatni. Ezt a diagramot az úgynevezett körteszt eredményei alapján lehet megszerkeszteni. A jármű 100 m átmérőjű körpályán halad, 5 km/h sebességlépcsőben növekvő, de egy lépcsőn belül körönként állandó sebességgel. Mérték kell a sebességet és a kormánykerék elfordítási szögét. A kiindulási értéket lépésben haladva (2-3km/h) kell felvenni. A diagram vízszintes tengelye a fajlagos oldalgyorsulást mutatja, a függőleges tengely a tényleges és a lépésben felvett kormánykerék elfordítási szög hányadosát. Számos teszt és országúti vizsgálat azt mutatja, hogy a legbiztonságosabb a jármű, ha alulkormányzott és ez a tulajdonsága 0,5 g fajlagos oldalgyorsulás alatt nem változik.

3.2.3. Bólintási centrum:

A jármű felépítménye fékezéskor vagy gyorsuláskor a tehetetlenségi erő hatására a bólintási centrum körül elfordul. Ennek következtében a felépítmény súlypontja elmozdul előre, illetve hátra, aminek következtében megváltoznak a függőleges tengelyterhelések.



$$Z_e = Z_{est} + \frac{F_T \times h}{L} + \frac{G_k \times a}{L}$$

$$Z_h = Z_{hst} - \frac{F_t \times h}{L} - \frac{G_k \times a}{L}$$

Ahol

Z_e – az első tengelyterhelés;

Z_h – a hátsó tengelyterhelés;

Z_{est} – az első tengely statikus terhelése;

Z_{hst} – a hátsó tengely statikus terhelése;

F_T – tömegelő;

h – a súlypont magassága;

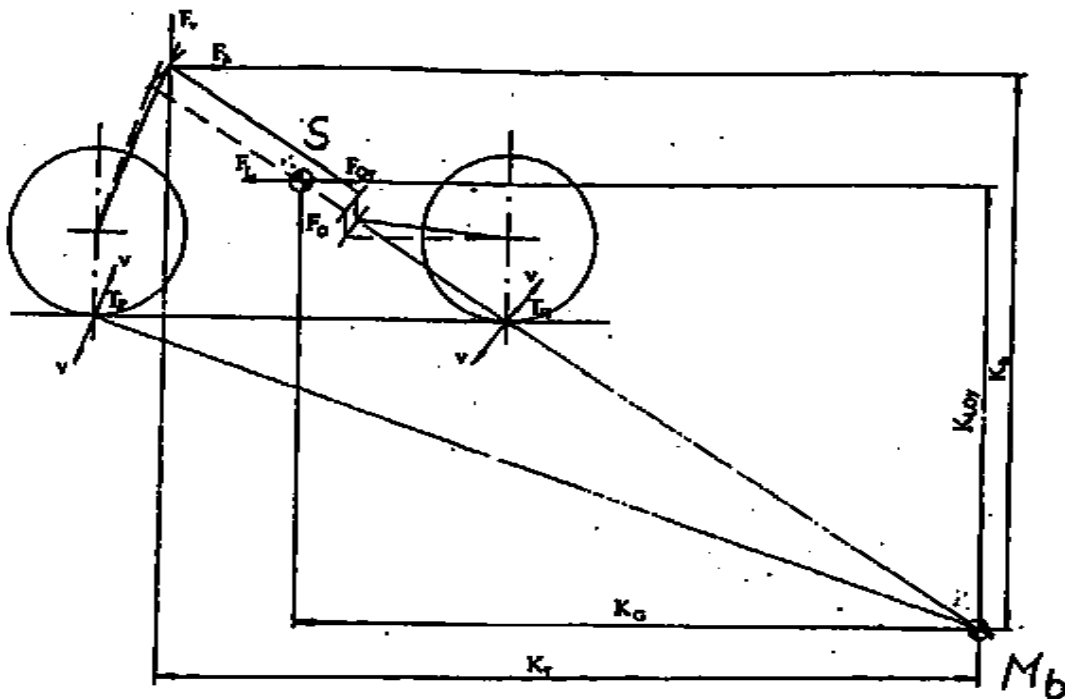
L – a tengelytáv;

G_h – a kocsi súlyja (N);

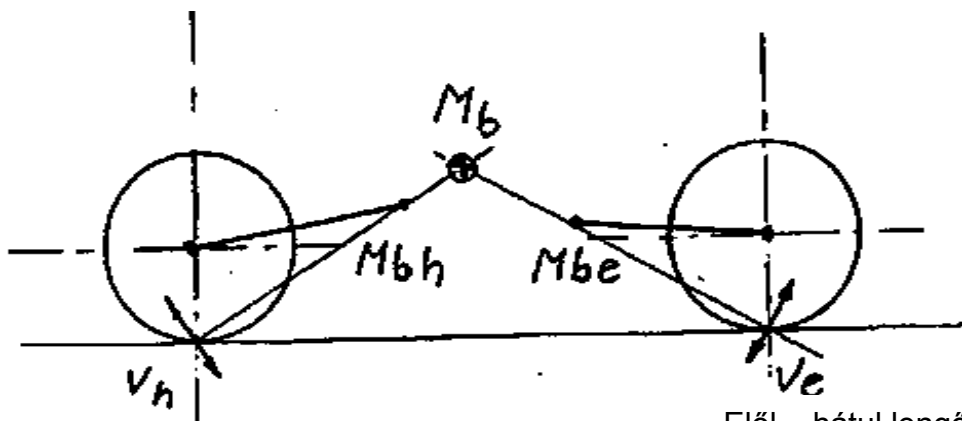
a – a súlypont hosszirányú elmozdulása.

A hosszirányú átterhelődés is káros hatású, a tapadási erő csökkenéséhez vezet, aminek következtében romlik a jármű menetstabilitása. Az átterhelődés a bólintási centrum emelésével csökkenthető. A bólintási centrum magassága a futóművek típusától, a felfüggesztés geometriájától függ.

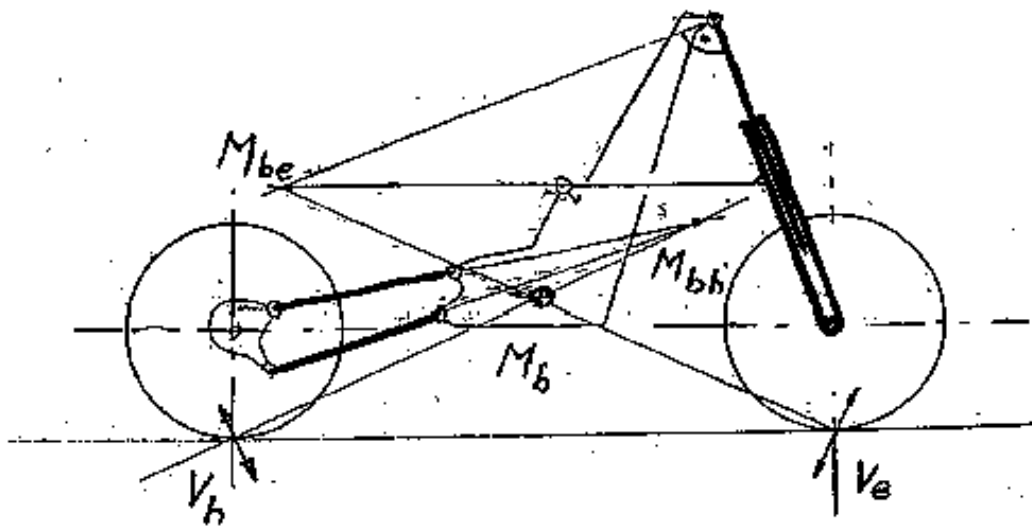
A bólintás csökkenthető a rugók merevségének növelésével természetesen a rugózási kényelem megszabta keretek közt. Az ABC szabályozó rendszer a bólintó mozgást is figyeli és akadályozza. A bólintás különösen a motorkerékpár stabilitását befolyásolja. A különböző típusú motorkerékpár felfüggesztéseket elsősorban a bólintási centrum emelésének céljával fejlesztették.



Előli teleszkópos – hátul lengővillás motorkerékpár bólintási centruma



Elöl – hátul lengővillás motorkerékpár
bólintási centruma

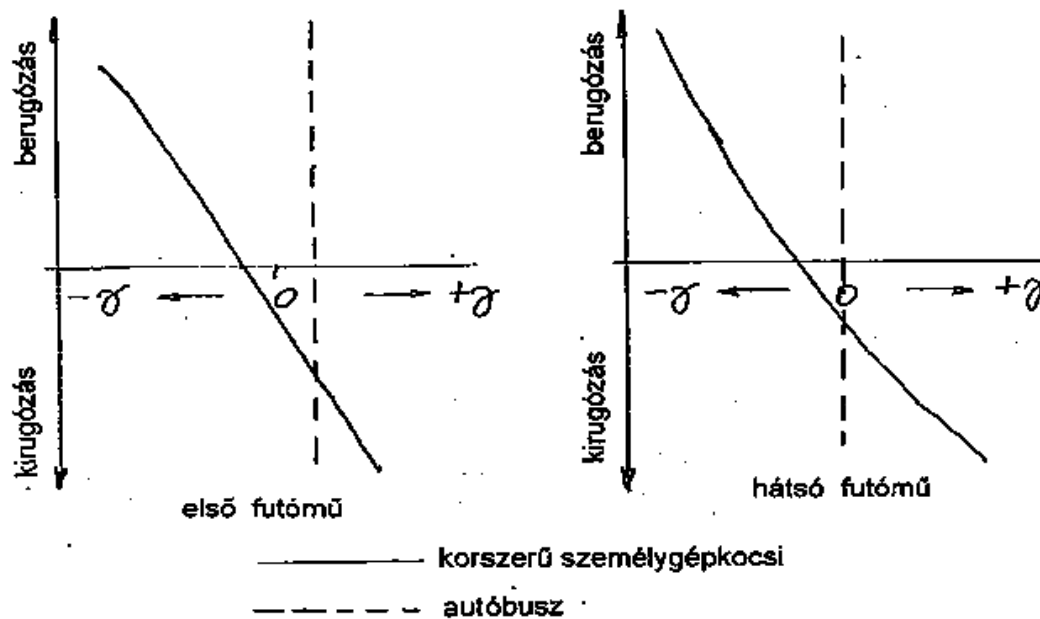


BMW R 1100 motorkerékpár
bólintási centruma

3.2.4. A kerékdőlés változás:

A korszerű járművek futóműveinek kerékdőlése vagy külső számítógépes szabályozással vagy önszabályozással változtatható a jármű stabilitásának megtartása vagy növelése érdekében. A szabályozás célfüggvényének kimenő paramétere azonos: a kanyar külső oldalán a kerékdőlést negatív, a belső oldalán pozitív irányba kell változtatni. Számítógépes külső szabályozáskor ezt a változtatást

a jármű stabilitását meghatározó több paraméter függvényében lehet megadni, mint például a jármű sebessége, a különböző irányú gyorsulásai, a tapadási tényező változásai, stb. Az önszabályozós intelligens futóműveknél a kerékdőlés leggyakoribb esetben a kerék és a felépítmény közti elmozdulás, vagyis a kerék ki-, berugózása függvényében változik. A felépítmény kanyarodás közbeni billenése következtében a külső kerék berugózik, a belső kirugózik, ennek megfelelően határozható meg az önszabályozás célfüggvénye.

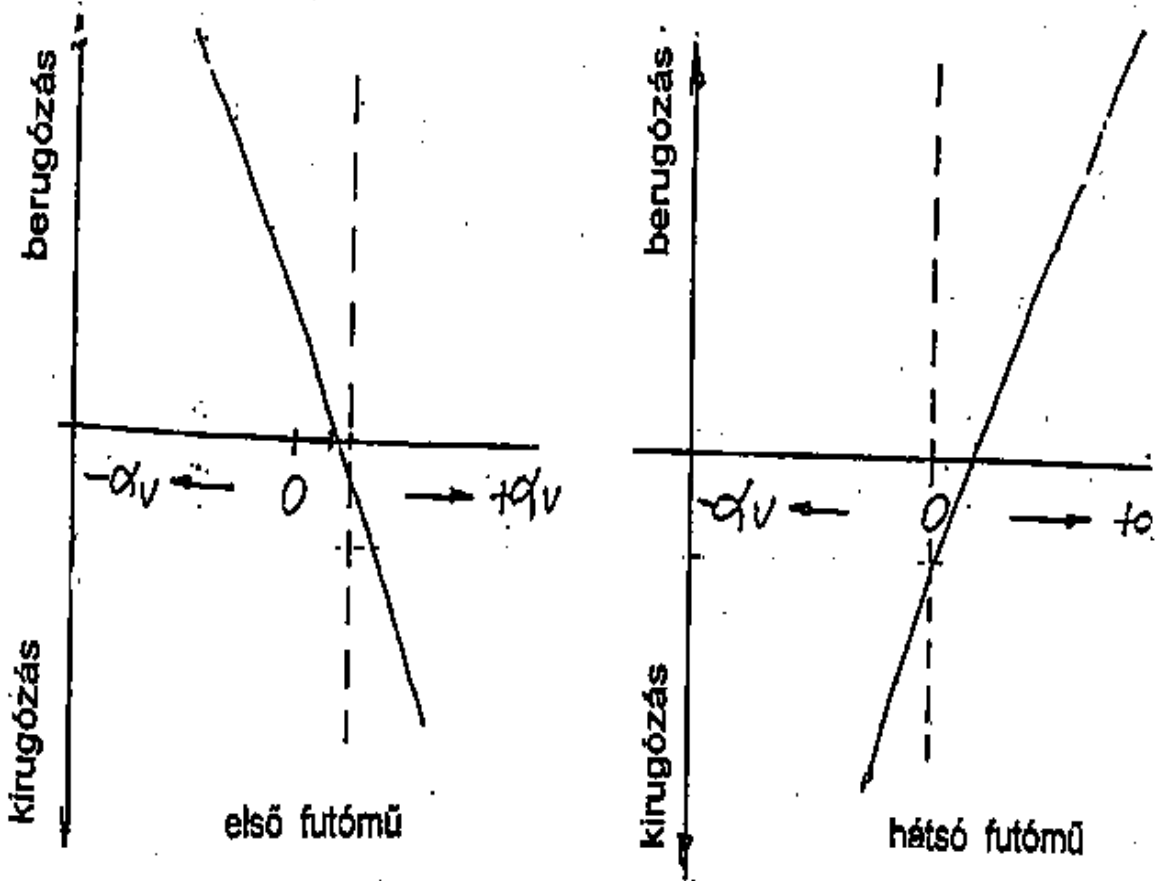


A kerék ki-, berugózásával szabályozott kerékdőlés változás jól megvalósítható a háromszög trapéz kerszetlengőkaros felfüggesztésű futóműveknél, viszont egyáltalán nem a merev hidas futóműveknél. A McPheson futóműveknél csak a nyomtáv változásával érhető el kedvező kerékdőlés változás.

3.2.5. Összetartás változás:

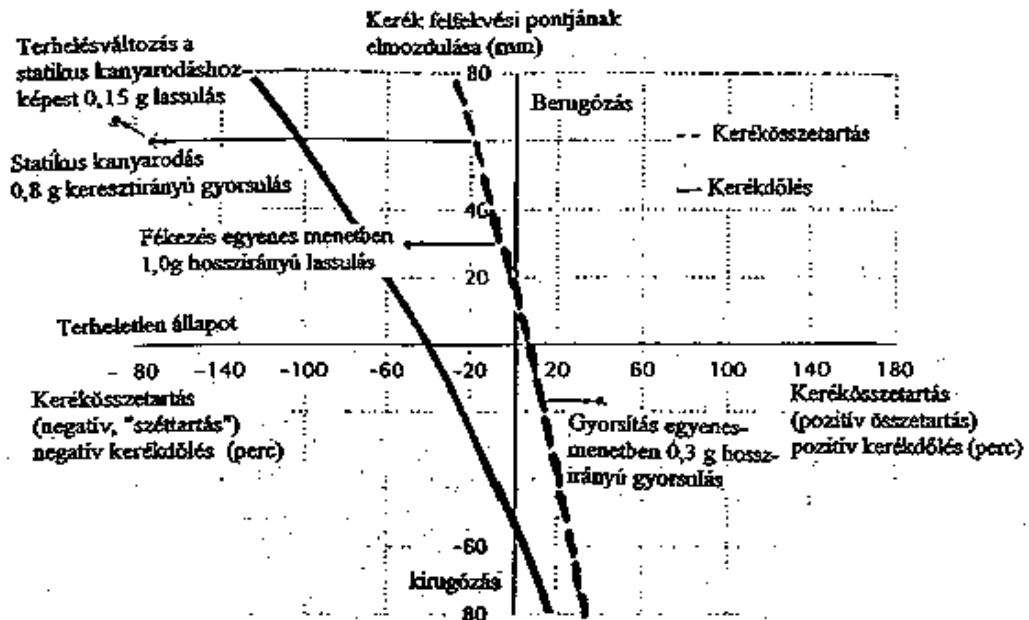
Az összetartás menetközbeni szabályozása is a jármű stabilitásának megtartását, növelését szolgálja elsősorban a jármű saját kormányzási viselkedésének ellenőrzése, befolyásolása révén. Nevezetesen a jármű túlkormányzottá válását kell megakadályozni. Ennek megfelelően a kanyarodás közben a hátsó futóműnél a külső kereket befelé, az összetartás irányába kell kormányozni. Az első futóműnél a

túlkormányzás elkerülése érdekében éppen fordított a korrekció iránya. Az önkormányzott intelligens futóműveknél ez a szabályozás a kerekek ki-berugózásával valósítható meg.

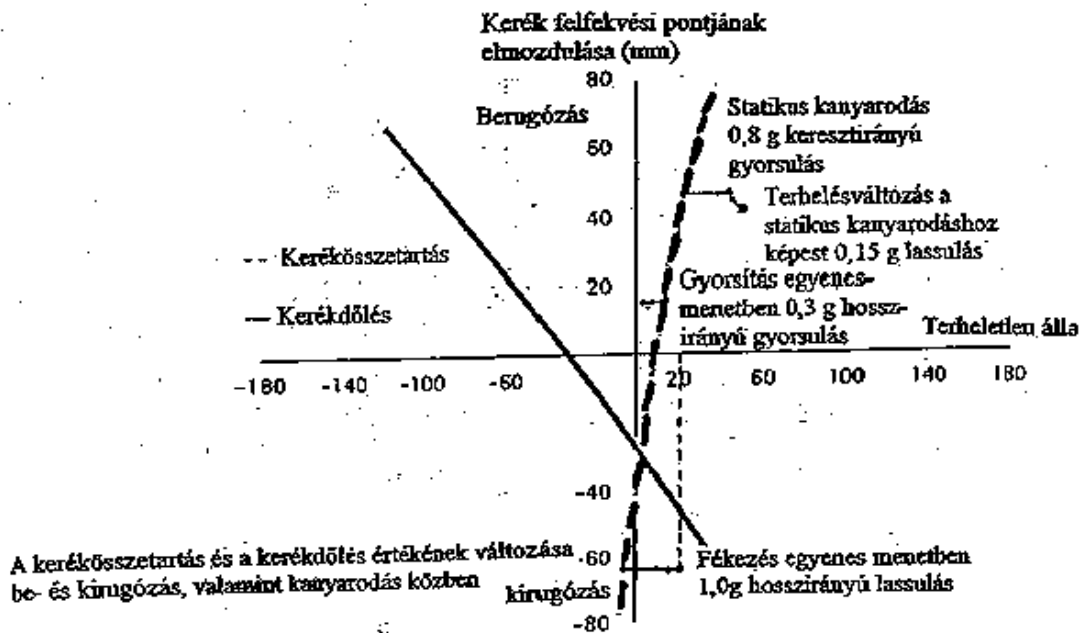


- korszzerű személygépkocsi
- - - autóbusz

Az Audi A4 személygépkocsi kerékdőlés és összetartás változási karakterisztikái



Az első futómű kinematikai jelleggörbéi és menetdinamikai szempontból fontos pontjai



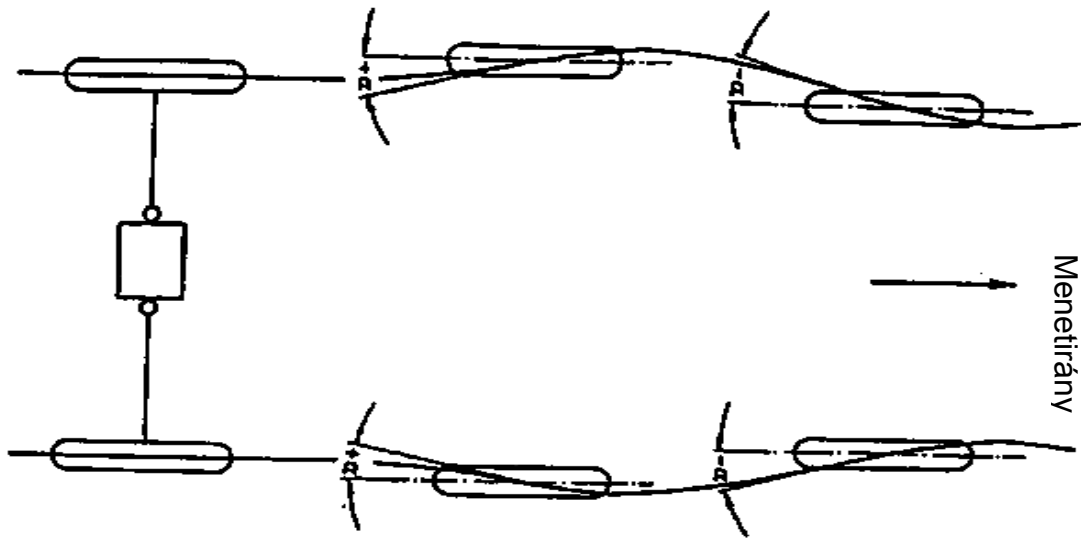
A hátsó tengely kinematikája

3.2.6. Nyomtávváltozás:

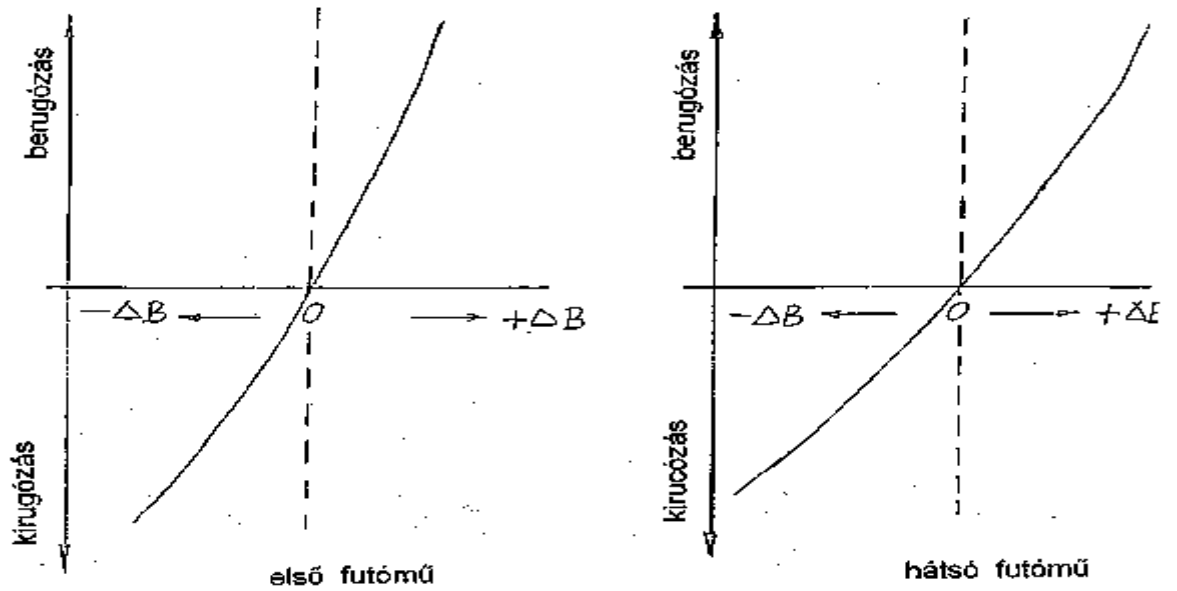
A nyomtáv az egy futómű két kerékének talppontjai közti távolság. A nyomtáv változását ebből következően a talppontok keresztirányú elmozdulása idézi elő. A nyomtáv változását egyenes irányú haladás esetén vizsgálják, miközben a felépítmény változó bólintó mozgást végez, amit a váltakozó lassítás – gyorsítás idéz elő. A nyomtávváltozás általában káros jelenség, miután a keresztben elmozduló kerekek megcsúszhatnak, melynek következtében csökken a kerék tapadása, a jármű elvesztheti a stabilitását. A merev hidas futóműveknél nincs nyomtávváltozás, míg független felfüggesztési futóműveknél a kerék ki-berugózása, a kerékdőlés, az összetartás változása a nyomtáv jelentős változását idézheti elő.

A már említett vizsgálati eljárás során a kerekek talppontjai sinusos pályát írhatnak le. A kerék haladási irányát minden pontban a pálya érintője adja meg, amely α szöget zár be a kerék síkjával. Ez azt jelenti, hogy a csúszásmentes gördülés érdekében a kerék síkjának ebben a változó irányába kellene fordulnia, ha viszont ezt a felfüggesztés rendszere nem teszi lehetővé, akkor a kerék ilyen szögbe ferde futást végez. Ez az úgynevezett kikényszerített ferde futás. Ha a kerék teljesen merev, akkor a ferde futás a kerék megcsúszásával jár. Ha a kerék oldalirányban rugalmas, akkor képes ezt a kikényszerített ferdefutást oldalcsúszás nélkül teljesíteni. Ennek az a feltétele, hogy az adott keréknek az adott jellemzők mellett meghatározható saját ferdefutási szöge (vagyis az a szög amelynél a kerék oldalcsúszás nélkül képes a saját síkjával ferdén futni), melyet δ - val jellemezhetünk, nagyobb legyen a nyomtávváltozásra kikényszerített ferdefutási szögnél. Ilyen esetben a futóművet nyomtávváltozása korigáltként nevezzük. Ha viszont a kikényszerített ferdefutási szög nagyobb a kerék saját ferdefutási szögénél a kerék oldalra megcsúszhat. Számos vizsgálat azt mutatja, hogy személygépkocsiknál, ha a nyomtávváltozás a kerék ± 40 mm-s ki – berugózási tartományában kisebb 25 mm-nél, akkor a gumiabroncs rugalmassága következtében nincs oldalcsúszás.

A kerekek haladása ki- berugózaskor



A nyomtávvaltozási karakterisztikák jellemző formái



————— korszerű személygépkocsi
 - - - - - autóbusz

4. Korszerű futóművek jellemző konstrukciói

A jelenleg is gyártott futóműveket konstrukciójuk alapján az alábbiak szerint lehet csoportosítani:

I. Merevhidas futóművek

- laprugós merevhidas futóművek;
- tekercsrugós merevhidas futóművek;
- légrugós merevhidas futóművek;
- kombinált lap – és légrugós futóművek.

II. Csatolt hosszlengőkaros futóművek:

- rugóstagos csatolt kerekes futóművek;
- különálló tekercsrugós csatolt kerekes futóművek

III. Független kerék-felfüggesztésű futóművek:

- egy keresztlengőkaros futóművek,
- hosszlengőkaros futóművek,
- ferde tengelyű hosszlengőkaros futóművek,
- háromszög-trapéz keresztlengőkaros futóművek,
- Mc Pherson típusú futóművek
- elosztokinematikai futóművek

a) kettős csuklós elven felépülő futóművek;

b) soklengőkaros (Multilink, Mehrlenker, Raumlénker) futóművek.

A három főcsoportba sorolás azon alapul, hogy egy futóművön belül a két kerék egymáshoz képest milyen mozgásokat végezhet. A térben hatféle mozgást különböztetünk meg:

1. x – tengely irányú mozgás;
2. y irányú mozgás;
3. z irányú mozgás;
4. x – tengely körüli elfordulás;
5. y – tengely körüli elfordulás;
6. z – tengely körüli elfordulás.

A kinematika meghatározása szerint a térben való mozgásnak 6 szabadságfoka van.

| Mozgási lehetőség Futómű típusa | Tengely mozgás irányú | | | Tengely elfordulás körüli | | |
|--|-----------------------------|---|---|---------------------------------|---|---|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Merevhidas futómű | - | - | - | - | - | - |
| Csatolt lengőkarú futómű | - | - | + | - | + | - |
| Független felfüggesztésű futómű | + | + | + | + | + | + |

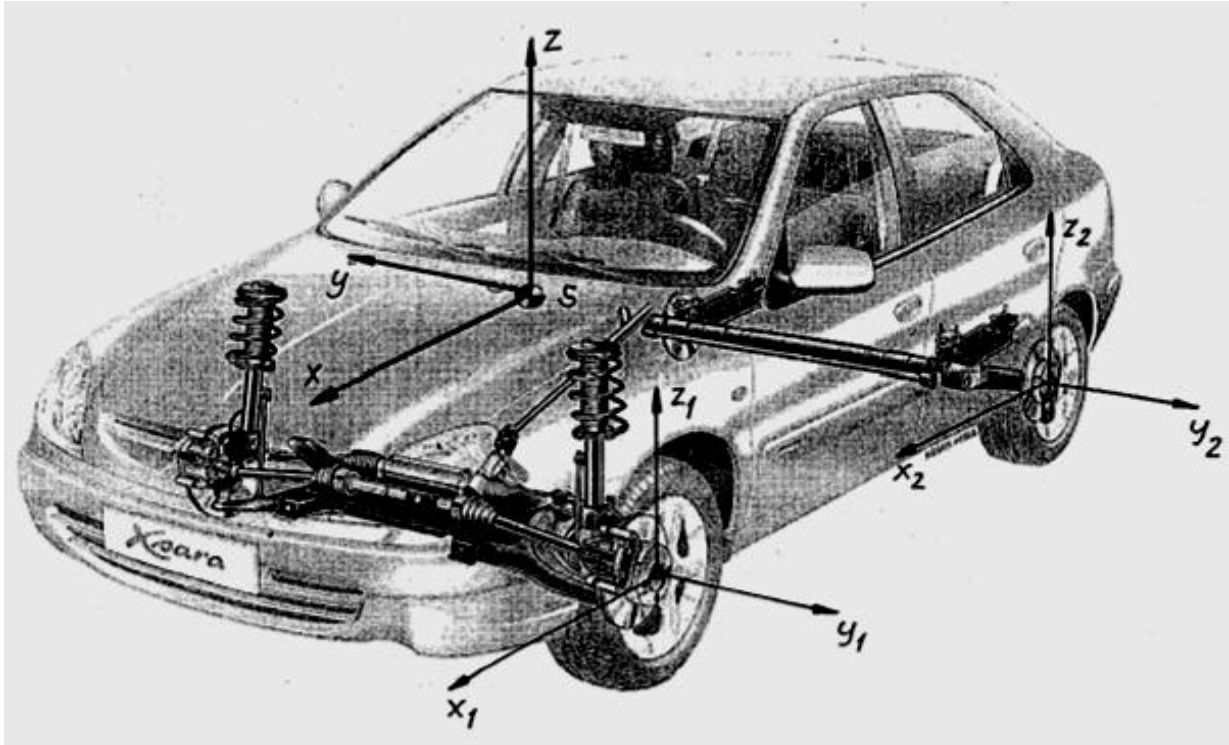
A táblázat adatait szabadságfokokban kifejezve:

- merev hidas futómű szabadságfok: 0;
- csatolt hosszlengőkaros futómű szabadságfoka: 2;
- független kerékfelfüggesztésű futómű szabadságfoka: 6.

A különböző futóműtípusok esetén az ismertett alap (statikus) és leszármaztatott (dinamikus) paraméterek jellemző módon és értékben fordulnak elő. A futóműtípusok az alábbiak szerint minősíthetők:

- kinematikai paraméterek,
- konstrukció bonyolultsága,
- gyárthatóság,
- tömeg,
- karbantartási igény,
- beépítési helyszükséglet.

A futómű vizsgálat koordináta rendszerei



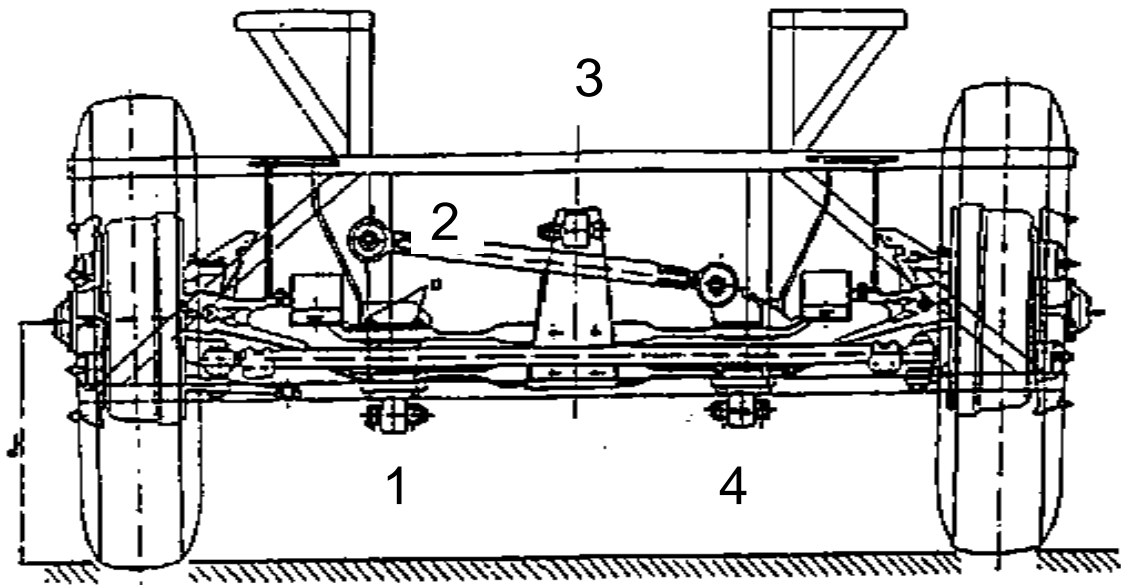
Az egyes kerékfelfüggesztési rendszerek kinematikai vizsgálatát a felépítmény súlypontjához kötött x-y-z koordináta rendszerben végezzük, vagyis azt elemezzük, hogy a felépítményhez képest az egyes kerék milyen fő – és melléktípusokat folytat. A dinamikus paramétereket ilyen vizsgálat keretében lehet minősíteni.

4.1. Merevhidas futóművek:

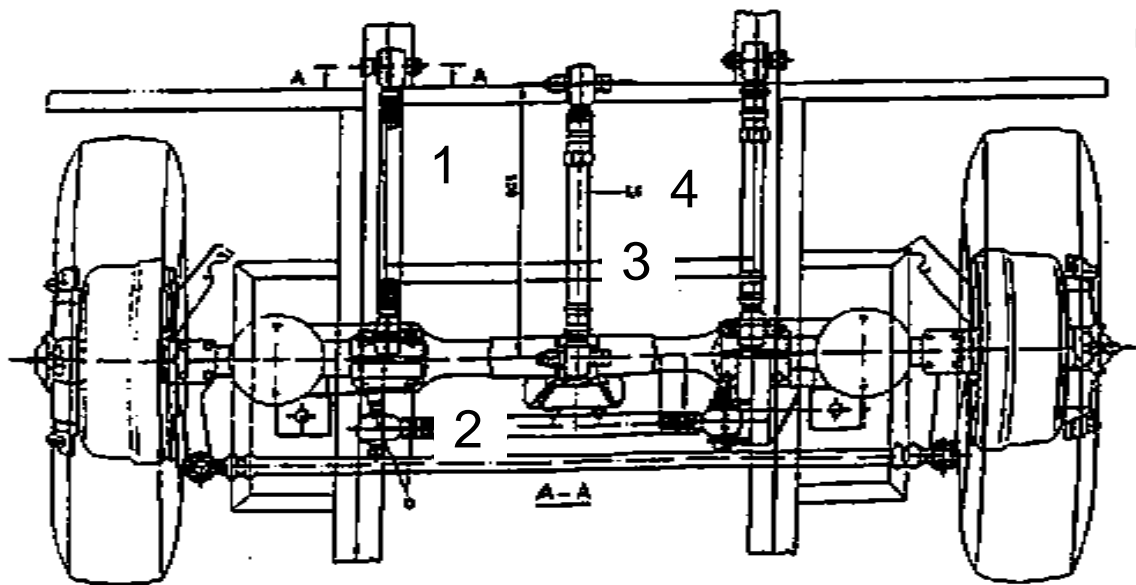
A merev hidas futóműveknél a két kerék egymáshoz viszonyítva nem végezhet semmiféle mozgást, vagyis a futómű szabadságfoka nulla. A két kereket szilárdságilag merev tengelytest vagy híd kapcsol össze. A kerekek a felépítményhez a tengelytest felfüggesztésén keresztül kapcsolódnak. A kerékfelfüggesztés szabadságfokát a felépítményhez viszonyított mozgásokból vezethetjük le. A tengelytest és így a két kerék x és y irányban nem mozoghat. Ezt kényszerekkel lehet megakadályozni. A kényszer lehet:

- lengőrúd, mely egyszeres kényszer;
- lengőkar, mely kétirányú kényszer;
- laprugó, mely mozgást és forgást is képes megakadályozni.

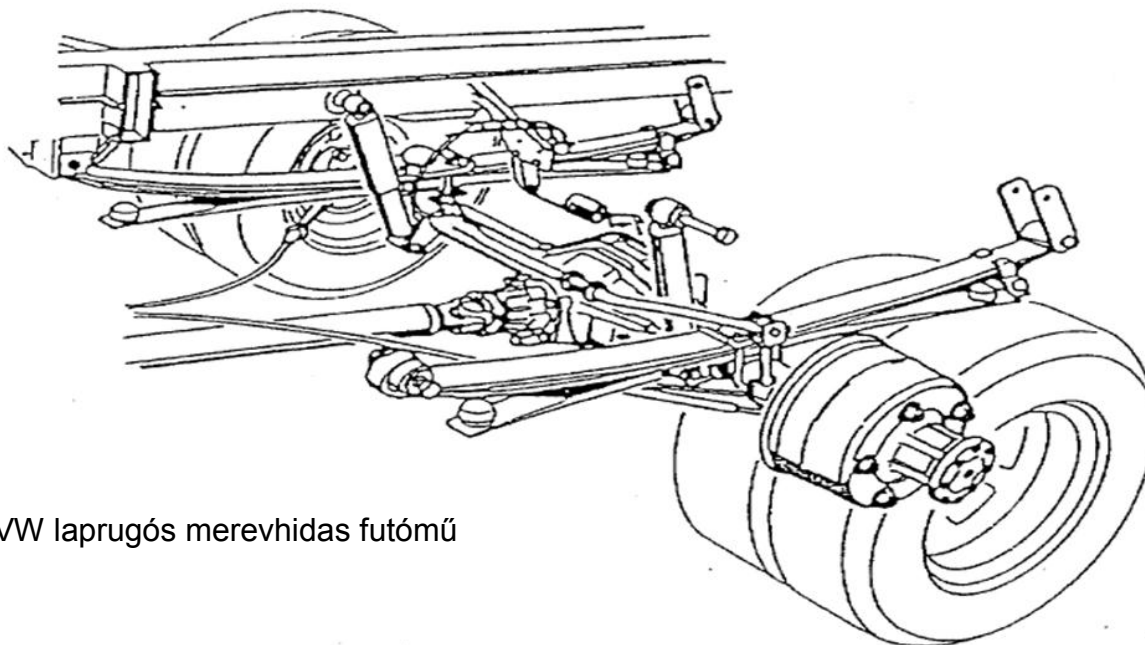
Tehát az Ikarus 200 típusú autóbusz első merev hídjának a mozgását az egyes és a kettős számú rudakkal lehet megakadályozni. A z – irányú mozgás a lengés iránya. Ezt a mozgást a rugó és lengéscsillapító által szabályozva megengedjük. A tengelytest az x – tengely körül elfordulhat, de az y – és a z - tengely körüli elfordulását a harmadik és a negyedik számú rudakkal megakadályozzuk. Tehát a kerékfelfüggesztés rendszere két szabadságfokú, a többi négy szabadságfokot négy elemi (koordináta tengely irányú) rudakkal megakadályozzuk. A különböző merevhidas futóműveknél a rudak, laprugók, lengőkarok variációival alakítják ki a szükséges kényszereket.



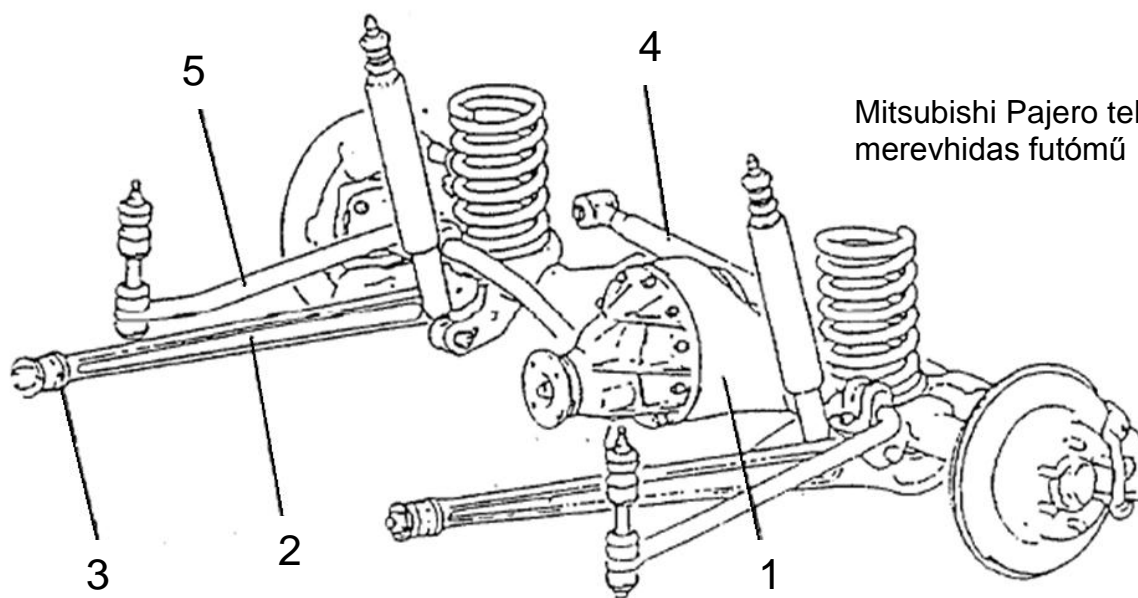
Ikarus 200 típusú autóbusz merevhidas első futóműve



Ikarus 200 típusú autóbusz merevhidas első futóműve



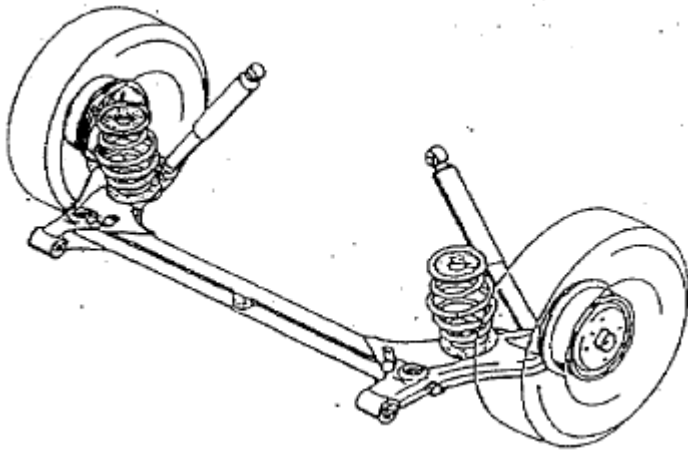
VW laprugós merevhidas futómű



Mitsubishi Pajero tekercsrugós merevhidas futómű

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1) hídtest; | 4) Panhard-rúd; |
| 2) hosszlengőkar; | 5) Kerszetstabilizátor. |
| 3) gumipersely; | |

4.2. Csatolt hosszlengőkaros futóművek:



Opel Astra hátsó futóműve

A csatolt hosszlengőkaros futóműveket félig független futóműveknek is nevezik, miután az egy futómű két kereke egymáshoz viszonyítva két szabadságfokú mozgást végezhet: elmozdulhat z – tengely irányába és a tengelycsomók elfordulhatnak részlegesen az y - tengely körül. Egy kerék felfüggesztése viszont csak egy szabadságfokú: az

x - irányú mozgást és az y - tengely körüli elfordulást a hosszirányú lengőkar megakadályozza, az y - irányú mozgást és az x - és a z – tengelyek körüli elfordulást a csatló rúd meggátolja. A csatlórúd keresztmetszete nyílt, T,U, V alakú, ezáltal hajlításra, nyomásra merev, de csavarásra lágy, rugalmasan deformálódik.

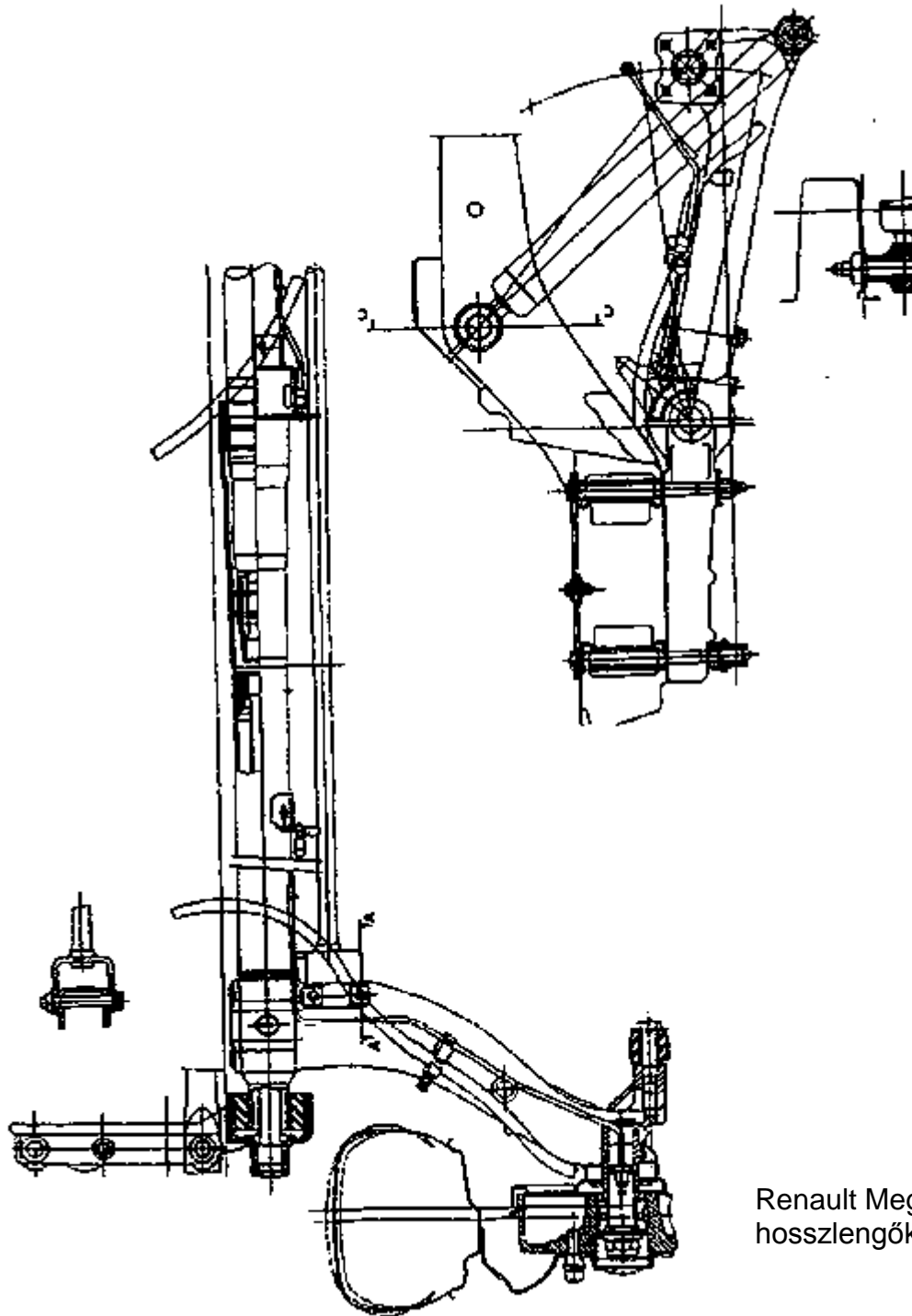
A csatolt hosszlengőkaros futóművek dinamikus paraméterei általában kedvezőtlenek, a kerékdőlés változásuk, az összetartás változásuk csekély, momentán centrumuk alacsony, viszont nyomtávváltozásuk kedvező. Ezek a futóművek igen széles körben elterjedtek a kis és közepes kategóriájú autókánál, szerkezetük egyszerű, kis tömegűek, könnyen gyárthatóak, karbantartást szinte nem igényelnek, kicsi a helyszükségletük, ami nagyobb csomagteret, rakfelületet eredményez. Nagyobb kategóriájú dinamikus járműveknél, versenyautóknál nem alkalmazzák.

4.3. Független kerékfelfüggesztésű futóművek:

A független kerékfelfüggesztésű futóműveknél az egy futóművön lévő két kerék egymástól függetlenül mozoghat, vagyis a futómű szabadságfoka hat. Viszont egy keréknek a felépítményhez képest csak egy szabadságfoka van, csak z – irányba., a lengés irányába mozoghat, de a rugók, lengéscsillapítók korlátozása mellett. Az ilyen futóművek kerekének tengelycsonkján általában három kapcsolópontot alakítanak ki. Ennyi elegendő a tengelycsonk határozott megfogásához. A speciális, önszabályozott, elasztókinematikus futóműveken négy – öt kapcsolópontot is találunk. Ha a kerékfelfüggesztést csak lengőrudak alkotják, akkor kerekenként ötre van szükség. Ilyenek a multilink futóművek (pl. Mercedes, Honda Accord stb).

A független felfüggesztésű futóművekben a lengőkarok, lengőrudak különböző variációkban fordulnak elő. A lengőkarok, lengőrudak hosszainak, bekötési szögeinek célszerű megválasztásával, rugalmas, önbeálló csuklókkal (úgynevezett elasztométerekkel) különféle önszabályozó konstrukciókat lehet kialakítani.

4.3.1. Hosszlengőkaros futóművek:



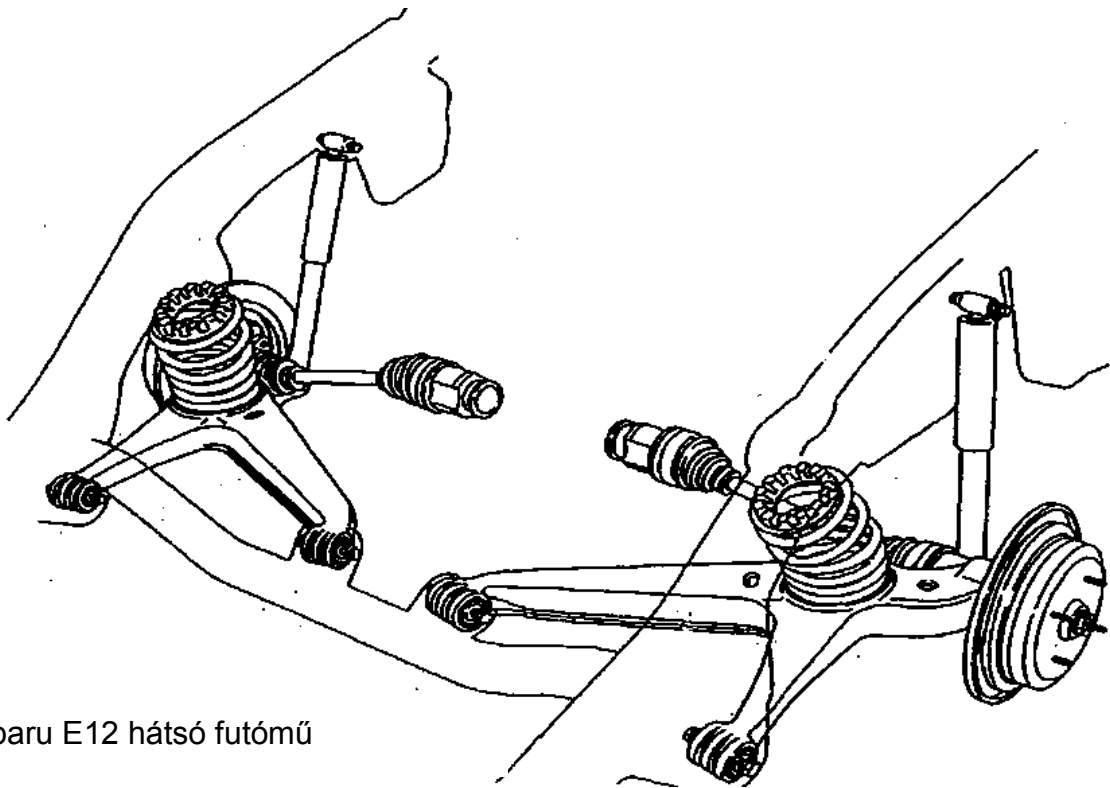
Renault Megane
hosszlengőkaros futóműve

A hosszlengőkaros futóművek lengési tengelye merőleges a jármű hosszirányú szimmetria síkjára. Ebből adódóan a momentán centruma a talajon van, kerékdőlés változásra nem képes, viszont nincs nyomtávvaltozása. Dinamikusabb járműveken

igényesebb keresztstabilizálással és rugózással együtt alkalmazzák (pl. Renault, Citroen stb).

4.3.2. Ferde tengelyű hosszlengetőkaros futóművek

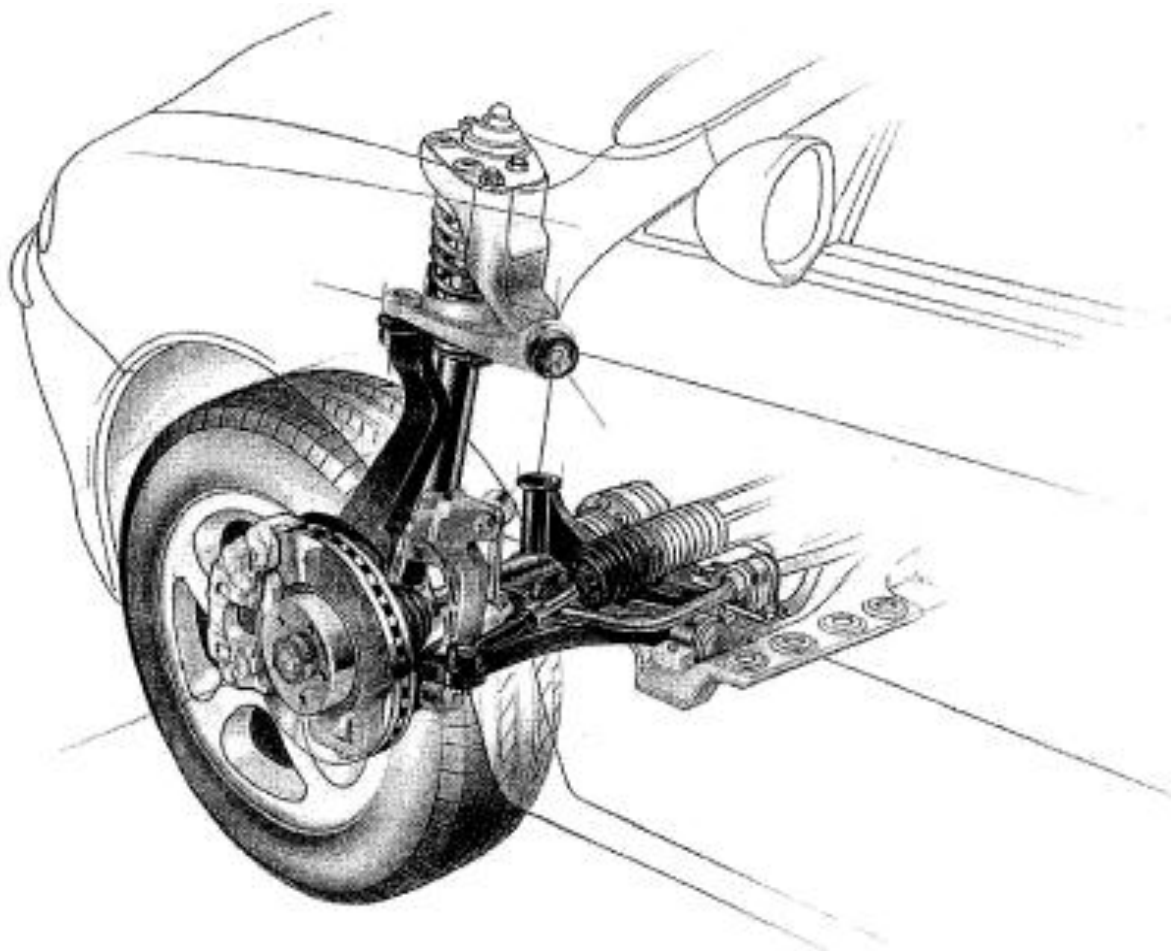
A hosszirányú lengőkar tengelye szöget zár be a jármű hossz és kereszt tengelyével egyaránt. Kedvező a momentán centruma, a kerékdőlés változása, kedvezőtlen az összetartás változása és a nyomtávvaltozása. Előnye az egyszerű szerkezet, könnyű gyárthatóság, kis karbantartási igény, nagy szilárdság. Évtizedekig a közepes és nagy kategóriájú gépkocsik jellemző futóműve volt. Ma már alig alkalmazzák.



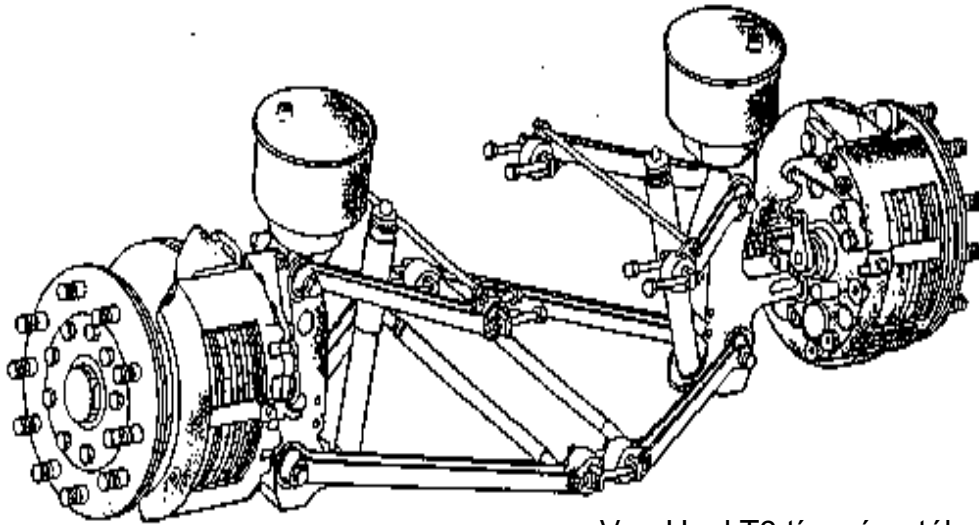
Subaru E12 hátsó futómű

4.3.3. Háromszög – trapéz keresztlengőkaros futóművek:

Háromszög – trapéz keresztlengőkaros futóműveknél a tengelycsonkon három csukló található. Az alsó és felső csuklóhoz kapcsolódnak a hárompontos keresztirányú felfüggesztő elemek, míg a középső csuklóhoz első futóműnél a nyomtávrúd, hátsó futóműveknél az önkormányzást szabályozó rúd vagy az összkerekkormányzású rendszer esetén a hátsó nyomtávrúd. A korszerű típusoknál a tengelycsonk felső nyúlványa egészen a gumiabroncs fölé emelkedik. A leggyakrabban alkalmazott futóműtípus. A kis és közepes kategóriájú autóknál a McPherson típusú futómű versenytársa, a nagyobb kategóriájú gépkocsiknál, versenyautóknál, autóbuszoknál egyre szélesebb körben alkalmazzák. A felfüggesztés geometriai méreteinek helyes megválasztásával szinte valamennyi dinamikus paraméter kedvezően alakítható.



Alfa Romeo 147. első futóműve

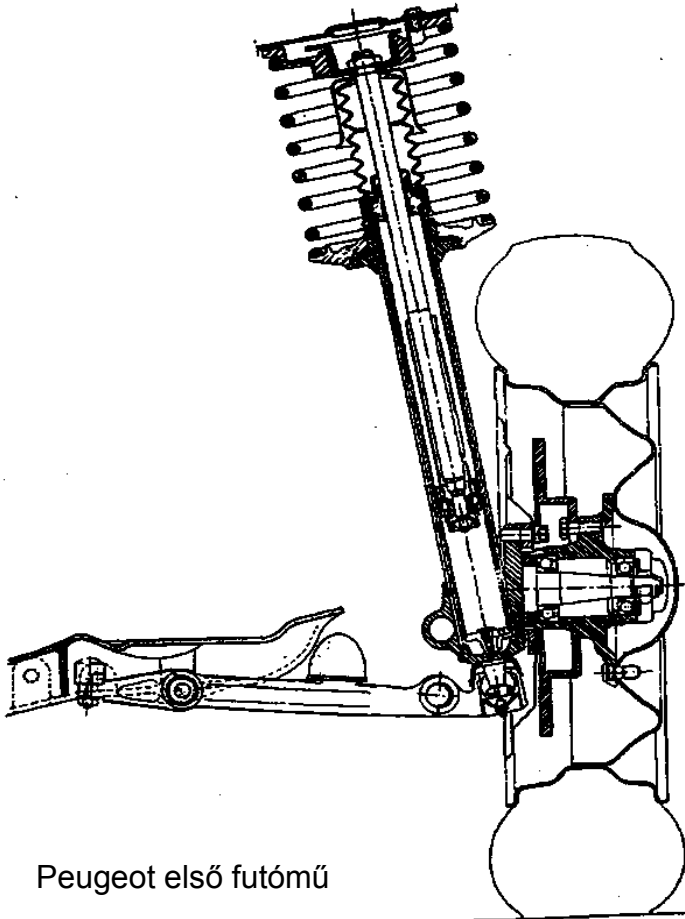


Van Hool T9 típusú autóbusz első futóműve

Az autóbuszoknál a tengelycsonk kettős kialakítású, a keresztlengőkarok az álló tengelycsonk részhez kapcsolódnak. Az itt alkalmazott csuklók csak egy szabadságfokúak, aminek a következtében nem azok alkotják az elkormányzás tengelyét, hanem a két tengelycsonk részt összekapcsoló függőcsapszeg.

4.3.4. McPherson típusú futóművek:

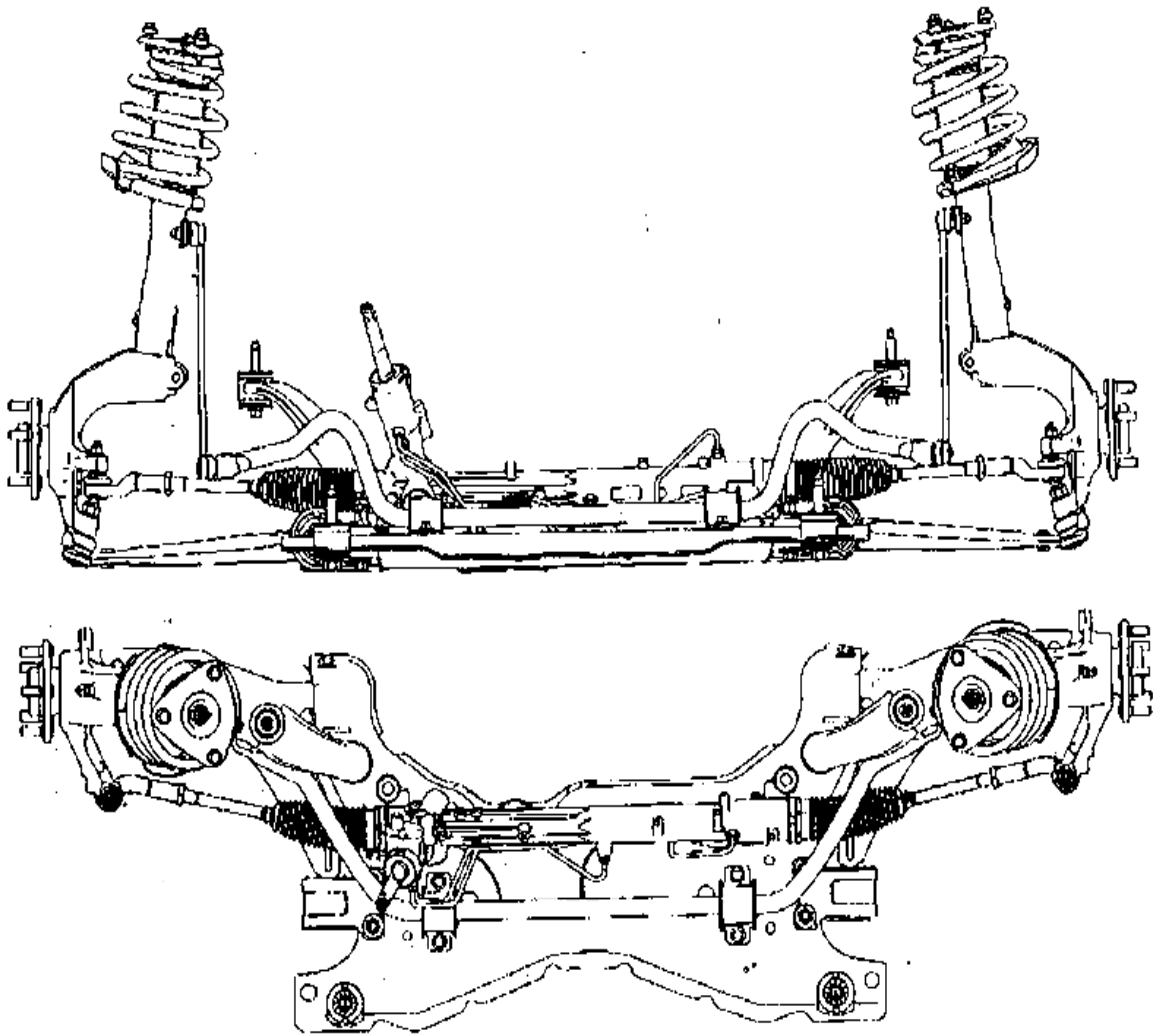
Az első generációs, úgynevezett koncentrikus McPherson futómű.



Peugeot első futómű

A McPherson – típusú futóművek fél évszázada a kis és közepes autók egyik leggyakoribb futóműve. A kerék tengelycsonkját alul gömbcsuklós hárompontos keresztirányú felfüggesztés, a tengelycsonk felső részét pedig a teleszkópos lengéscsillapító vezeti meg. A lengéscsillapító akkor tölti be ezt a szerepét, ha a csillapító hengere mereven kapcsolódik a tengelycsonkhoz (pl. két csavarral rögzítve vagy besajtolva) és a csillapító rúdját a támcsapágy révén a felépítményhez rögzítik. A McPherson – típusú futóművek paraméterei ma már egyre kevésbé felelnek meg a korszerű követelményeknek. A kerékdőlés változás az első futóműnél a nagyobb csaphátradőléssel és nyomtávváltoztatással valósítható meg, hátul csak nagyobb nyomtávváltoztatás árán. Nagyarányú elterjedésének az oka egyszerű szerkezete,

kis helyfoglalása, mely elsősorban az elöl keresztben elhelyezett motorok számára előnyös. A korszerű McPherson futóművek excentrikus kialakításúak, ezeknél az alsó gömbcsukló nem a lengéscsillapító középvonalába esik, ezáltal az elkormányzási tengely terpesztése $15 - 18^\circ$ is lehet, ami az R_0 elkormányzási sugár negatív értékét eredményezi. Ez javítja a jármű iránytartását.

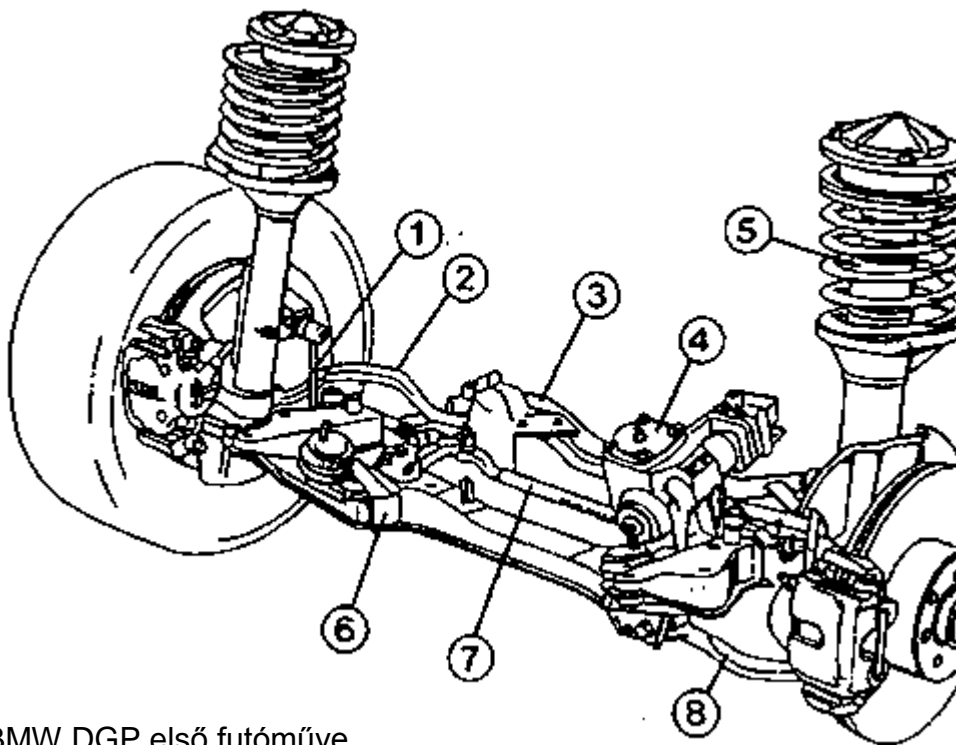


Ford Focus C-MAX első futóműve

4.3.5. Dupla csuklós futóművek:

A korszerű intelligens futóművek elmozdulás és erő hatására egyaránt változtatják a jármű stabilitására leginkább kiható paramétereiket. Az erőszabályozást elasztóméterek végzik, ezek általában nagytérfogatú önbeálló gumiágyazások, de már megjelentek az acélrugóval kombinált elasztóméterek (ld. Ford Focus C-MAX hátsó futómű).

Az elasztókinematikus önszabályozó futóművek egyik tipikusa a duplacsuklós elven (dual gelen prinzip, DGP) felépülő konstrukciók. Ilyen futómű elsőként a BMW 5. szériájánál jelent meg 1984-ben.

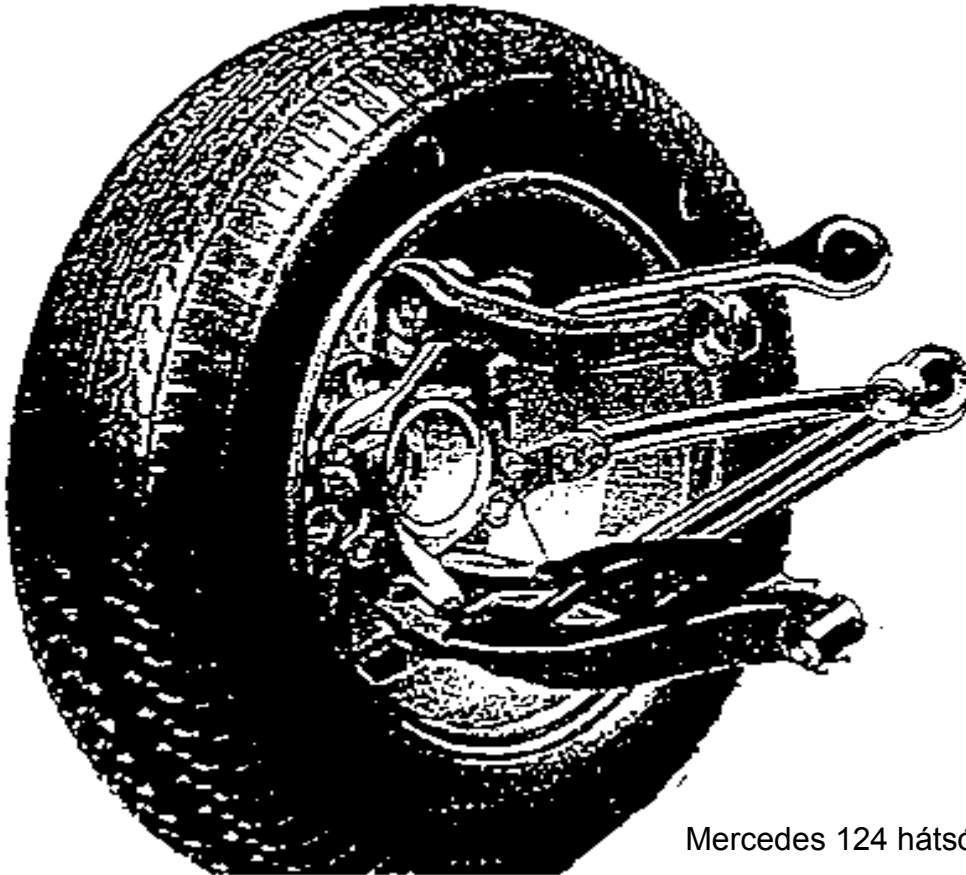


BMW DGP első futóműve

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1) stabilizátor kapcsoló rúd; | 5) rugós tag; |
| 2) hátsó kereszt lengőrúd; | 6) futómű test; |
| 3) stabilizátor; | 7) középső összekötő rúd; |
| 4) kormánygép; | 8) első kereszt lengőrúd. |

A duplacsuklós konstrukciót az első futóműveknél alkalmazzák az elkormányzási tengely paramétereinek dinamikus változása céljából.

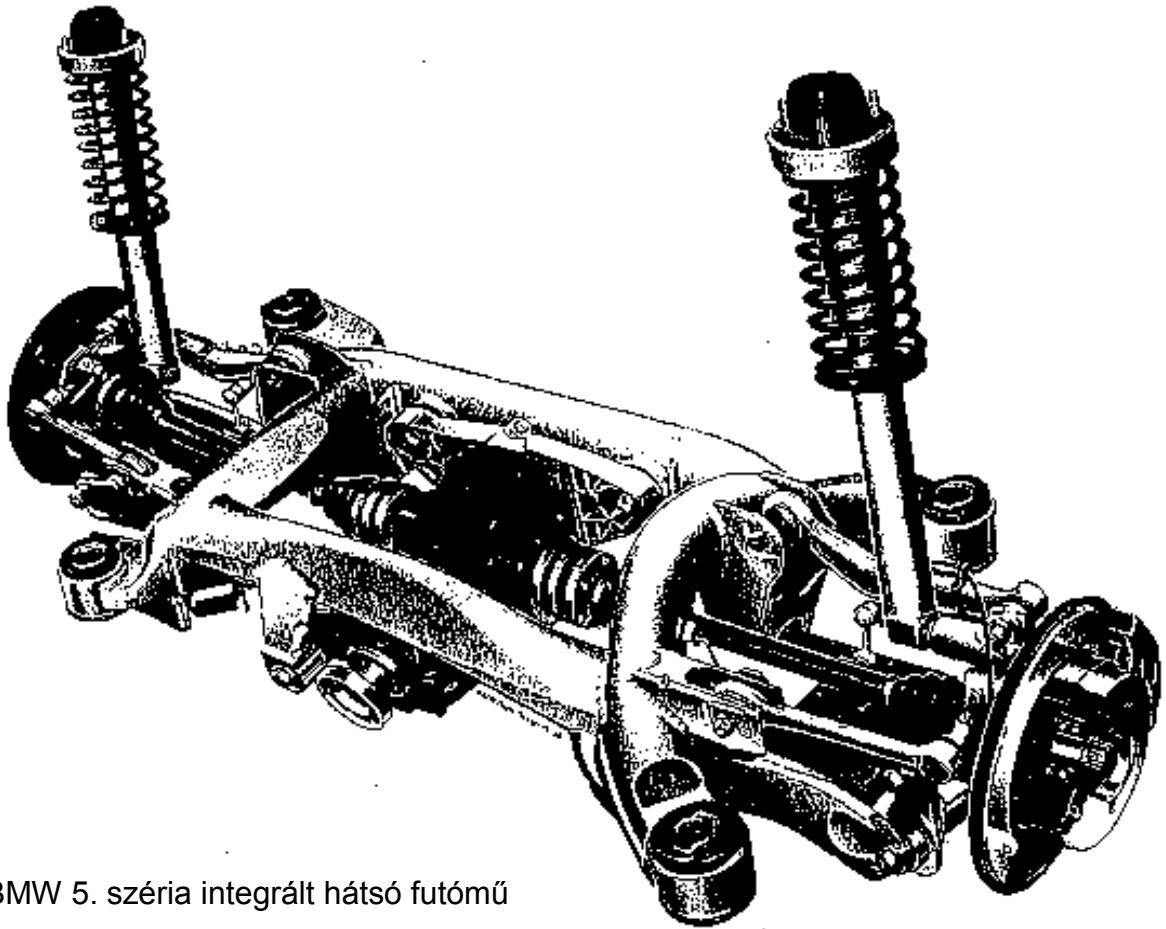
4.3.6. Soklengőrudas (multilink) futóművek:



Mercedes 124 hátsó futóműve

A Mercedes soklengőrudas (multilink, mehlenker, raumlenker) Zomotor Ádám magyar mérnök tervezte 1983 – ban. A hátsó futómű tengelycsonkján a szokásos három helyett öt tengelycsonk nyúlvány található, a hozzájuk csatlakozó lengőrúdak nagytérfogatú gumiszilentblokkok révén kapcsolódnak a jármű hátsó segédvázához. Az öt lengőrúd alaphelyzetben a tengelycsonk öt szabadságfokával szemben kényszerített képez, de a kerékre ható erők és a kerék ki-, berugózása következtében különbözőképpen elmozdul és a futómű paraméterek változását idézi elő. Dinamikusan változik a kerékdőlés, a kerékösszetartás, az elkormányzási tengely pozíciója, miközben a futómű nyomtávja alig változik. A felépítmény billenési

momentum centruma magasan helyezkedik el. Ez a futómű indokoltan nevezhető interaktívan szabályozott rendszerűnek (IDS).

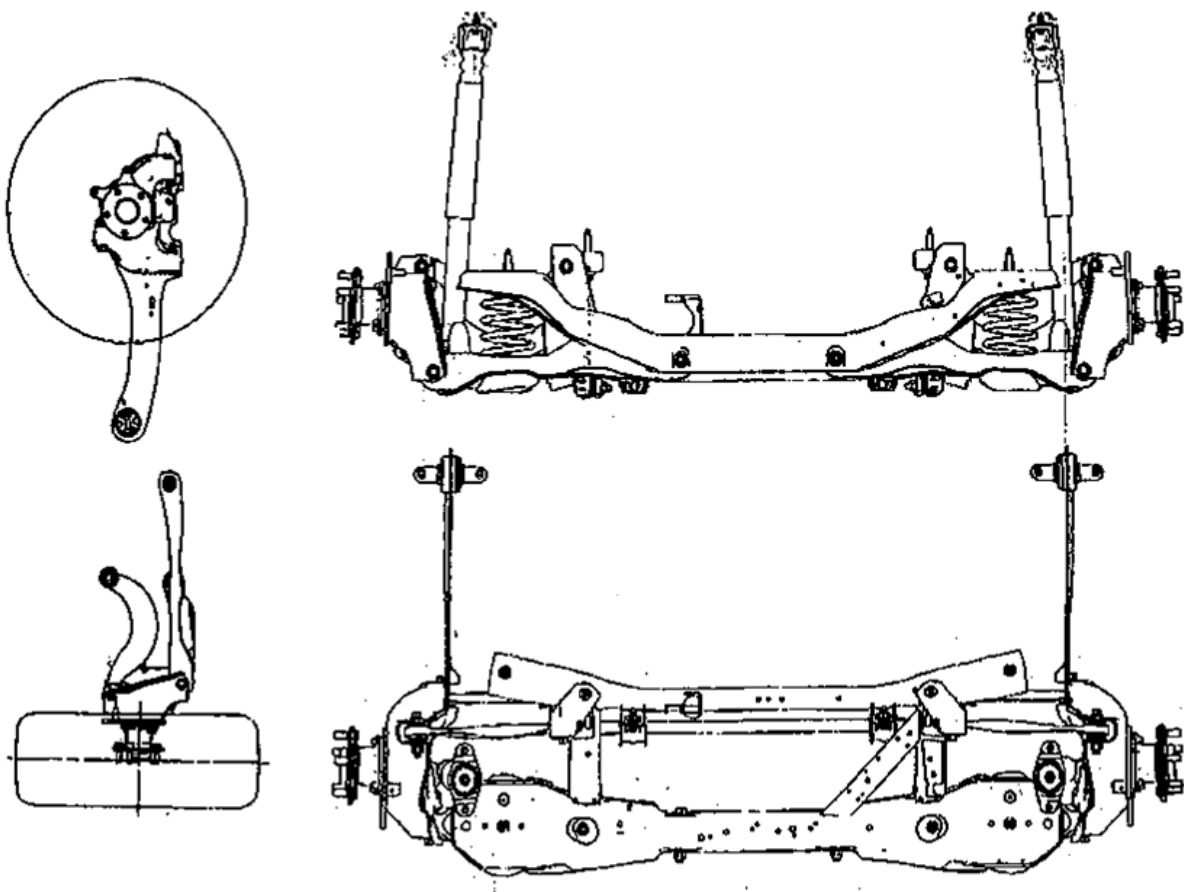


BMW 5. széria integrált hátsó futómű

A multilink futómű továbbfejlesztett típusa a BMW 5. széria integrált hátsó futóműve. Ezen két új elem is megjelent: a szabad csuklós kétrészes lengőrúd és az elasztikus szabályozó rúd. Ezek hatására a futómű már kis oldal és hosszirányú erők és kis oldalbillenés esetén is önszabályozással változtatja a paramétereit. Ez különösen előnyös az aktív felépítmény szabályozó rendszerrel (ABC) felszerelt járműveknél, amelyeknél a felépítmény szinte nem végez billenő és bólintó mozgást.

4.3.7. Weissach-típusú futóművek:

A Weissach-típusú futómű a csatolt hosszlengőkaros futómű továbbfejlesztett változata. Elmarad a két lengőkart összekötő csatoló rúd, a kerekek felfüggesztése független, a hosszlengőkart két vagy három keresztrúd vezeti meg. A kerék ki-, berugózása vezérli a kerékdőlés és a kerékösszertás változását. Ennek a típusú futóműnek az önvezérlési tartománya kisebb, mint a multilink vagy az integrált futóműveknek. Elsősorban a közepes kategóriájú, dinamikus autókhoz alkalmazzák, ilyen hátsó futóműve van például a 3. szériájú BMW-nek, a Ford Focusnak, VW Golfnak, a Volvo 40 – nek.



Ford Focusnak C-MAX hátsó futóműve