

4. SISTEMUL DE FRÂNARE LA AUTOVEHICULE

Destinația sistemului de frânare este dictată de *funcțiile* pe care acesta trebuie să le îndeplinească:

- reducerea vitezei autovehiculului până la o valoare dorită, inclusiv până la oprirea lui, cu o decelerație cât mai mare și fără devierea periculoasă de la traiectoria de mers,
- menținerea constantă a vitezei autovehiculului în cazul coborârii unor pante lungi,
- menținerea pe loc (în staționare) a autovehiculului, atât pe teren orizontal cât și pe pantă, fără a fi necesară prezența șoferului.

Calitățile de frânare ale unui autovehicul exprimă modul în care echipamentul lui de frânare își îndeplinește sarcinile impuse, iar eficacitatea sistemului de frânare asigură punerea în valoare a performanțelor de viteză ale autovehiculului.

Importanța echipamentului de frânare se manifestă în asigurarea securității în exploatare, de performanțele sistemului de frânare depinzând siguranța circulației autovehiculelor în general și în special cu viteze mari. În acest scop, se urmărește îmbunătățirea constructivă și funcțională a sistemelor de frânare la autovehicule care să evite comportarea nesatisfăcătoare sau defectarea echipamentului de frânare, cauze tehnice cu consecințe grave ce pot conduce la accidente de circulație.

Evoluția sistemului de frânare s-a concentrat pe *rolul pe care îl are în cadrul siguranței active a autovehiculelor* și anume:

- micșorarea spațiului de frânare prin repartizarea forțelor de frânare proporțional cu sarcina statică și dinamică pe punți,
- îmbunătățirea stabilității mișcării și manevrării autovehiculului în timpul procesului de frânare prin introducerea dispozitivelor de antiblocare cu comandă electronică,
- fiabilitatea și siguranța în funcționare au fost sporite prin utilizarea unor materiale cu calități funcționale superioare, prin mărirea numărului de circuite de acționare și introducerea frânelor suplimentare pentru încetinire.

4.1. Structura sistemului de frânare. Clasificare și cerințe funcționale și constructive

Componentele unui sistem de frânare, prezentate schematic în figura 4.1, sunt grupate în patru subansambluri (module): sursa de energie, modulul de control, modulul de transmisie și modulul de frânare pe roată.

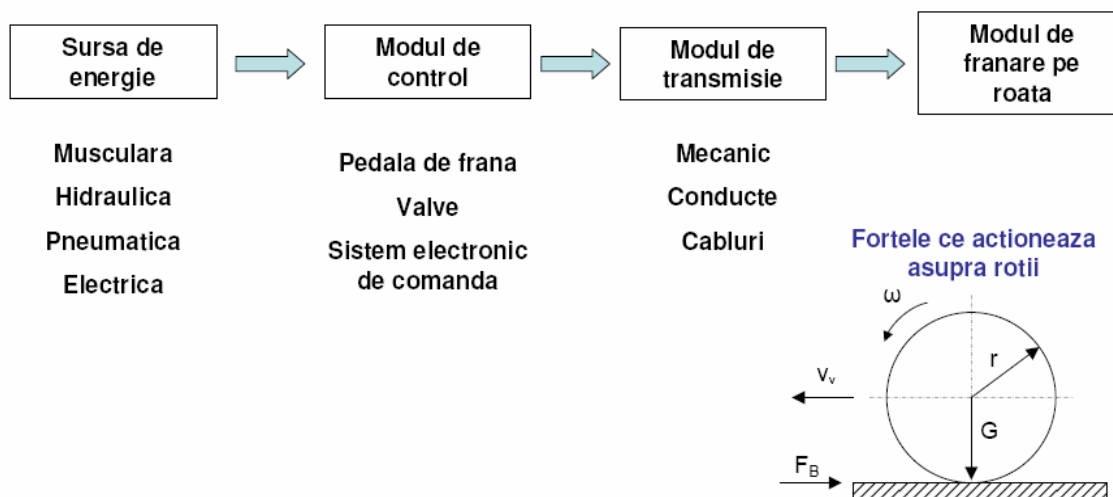


Fig. 4.1 – Elementele componente ale unui sistem de frânare pentru autovehicule.

Condițiile impuse sistemului de frânare:

- să asigure o frânare sigură (efectul frânării este maxim când toate roțile sunt frânate până la limita de aderență evitându-se blocarea acestora),
- să asigure imobilizarea autovehiculului în pantă,
- să nu necesite din partea conducătorului un efort prea mare,
- să fie capabil de anumite decelerații impuse și obținerea unor decelerații identice la toate roțile, în toate condițiile de drum și de încărcătură,
- frânarea să fie progresivă, proporțională cu forța aplicată pedalei și fără șocuri,
- să asigure stabilitatea deplasării automobilului în timpul frânării (menținerea traiectoriei în procesul frânării indiferent de starea căii de rulare),
- forța de frânare să acționeze în ambele sensuri de mișcare ale autovehiculului,
- frânarea să nu se facă decât la intervenția conducătorului,
- să asigure evacuarea căldurii care ia naștere în timpul frânării,
- să se regleze ușor sau chiar în mod automat,
- să aibă o construcție simplă și ușor de întreținut.

Construcția și funcționarea sistemelor de frânare la autovehicule trebuie să respecte o serie de **parametri caracteristici** care asigură îndeplinirea corectă a funcțiilor și obținerea unei eficiențe sporite.

Decelerația, maximă sau medie, constituie unul dintre cei mai utilizați parametri pentru aprecierea eficacității echipamentului de frânare al unui autovehicul. Valorile limită admisibile pentru decelerație se indică în funcție de caracteristicile constructive (tipul, masa totală) și dinamica autovehiculului.

Tendențele constructive actuale și cerințele de securitate impun ca, la proiectarea unor autovehicule noi, sistemul de frânare să permită realizarea unor decelerații maxime:

- cu frâna de serviciu:
 - 6,0 ... 6,5 m/s² pentru autoturisme,
 - 6 m/s² pentru autocamioane și autobuze,
- cu frâna de siguranță: 3 ... 3,5 m/s².

Aprecierea calităților de frânare se face funcție de *spațiul în care se efectuează oprirea* autovehiculului de la o viteză inițială, recomandări fiind indicate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1 Performanțele de frânare minime admisibile pentru diferite tipuri de autovehicule

Tipul autovehiculului	Viteza de încercare [km/h]	Efortul maxim admis la pedală [N]	Relația de calcul a spațiului de frânare maxim [m]	Decelerația medie [m/s ²]
Autoturisme	80	50	$0,1 \cdot v_a + \frac{v_a^2}{150}$	5,8
Autobuze cu masa totală până la 5000 kg	60	70	$0,15 \cdot v_a + \frac{v_a^2}{130}$	5
Autobuze cu masa totală peste la 5000 kg				
Autocamioane cu masa totală până la 3500 kg	70	70	$0,15 \cdot v_a + \frac{v_a^2}{115}$	4,4
Autocamioane cu masa totală între 3500 și 12 000 kg	50			
Autocamioane cu masa totală peste la 12 000 kg	40			

Utilizarea eficientă a forțelor de frânare generate de sistemele specializate și asigurarea stabilității mișcării autovehiculelor în timpul frânării impun condiții restrictive privind *timpul de răspuns al dispozitivelor de frânare*. Astfel pentru autovehicule articulate și autotrenuri:

- defazajul maxim între intrarea în funcțiune a frânelor aceleiași punți este 0,05 ... 1,1 s,
- întârzierea maximă a intrării în funcțiune a frânelor celei mai defavorizate punți (din punctul de vedere al distanței frânelor față de elementul de comandă) de 0,15 ... 0,35 s,
- întârzierea maximă a intrării în funcțiune a frânelor celei mai defavorizate punți din componența unui autotren este de 0,6 s.

Eficacitatea frânării pentru staționare se apreciază după *valoarea rampei maxime* pe care care sistemul de frânare poate menține autovehiculul imobilizat, un timp nedefinit. Este recomandat ca aceasta să nu depășească 30%, dar valorile uzuale sunt de 18% pentru automobile și 12% pentru autotrenuri cu destinație generală.

Un alt parametru caracteristic sistemului de frânare este *progresivitatea* care reprezintă proprietatea ca între efortul depus de conducător pe pedala de frână și acțiunea de frânare (realizarea forțelor de frânare) să existe o corelația pe cât posibil liniară, fără salturi bruște. Această cerință se realizează prin proiectarea adecvată a transmisiei sistemului de frânare, cu acordarea unei atenții deosebite utilizării servofrânelor care au în mod intrinsec o caracteristică abruptă.

Menținerea constantă a momentelor de frânare realizate de frânele propriu-zise sub acțiunea efortului aplicat de conducător asupra sistemului de acționare a frânei, în orice condiții de exploatare a autovehiculului, se obține prin alegerea corespunzătoare a materialelor pentru suprafețele de frecare (materialele sinterizate sau ceramice asigură un coeficient de frecare constant) și protejarea împotriva apei, noroiului sau uleiului.

Stabilitatea frânelor depinde de geometria acestora și este influențată de mărimea jocului (jocurile prea mari reduc momentul de frânare, iar reglarea frecventă a jocurilor, care conduce la mărirea cheltuielilor de întreținere, impune utilizarea sistemelor de reglare automată a jocului). De aceea, pentru evitarea blocării roților frânate și pierderea stabilității autovehiculului în timpul frânării pe drumuri cu aderență scăzută, în dispozitivele de frânare moderne se introduc sisteme de antiblocare (ABS) care contribuie la creșterea securității circulației.

Un factor important în ușurința de conducere normală a unui autovehicul îl reprezintă *efortul necesar la comenzile de frânare* care nu trebuie să obosească sau să reducă controlul conducătorului asupra frânării.

Limita minimă acceptabilă pentru efortul la pedala de frână trebuie să fie de 45 N pentru fiecare 1 m/s² decelerație. Pentru frânarea cu eficacitate maximă prescrisă este necesar ca eforturile la comenzile de frânare să nu depășească:

- 700 N la pedalele de frână ale autobuzelor și autocamioanelor,
- 500 N la pedalele de frână ale autoturismelor,
- 400 N la levierul frânei de mână.

Poziționarea și dimensiunile pedalei de frână trebuie să fie adecvate (distanță de cel puțin 80 mm față de pedala de accelerație, iar suprafața pedalei de frână să fie la același nivel cu cea a pedalei de accelerație; distanța de podea să nu depășească 200 mm, lățimea pedalei cel puțin 70 mm), iar cursa maximă să nu depășească 180 ... 200 mm.

Fiabilitatea sistemului de frânare trebuie să fie cât mai mare, ceea ce se obține prin simplificarea constructivă a elementelor, standardizarea lor, fixarea sigură pe structura autovehiculului, raționalizarea și reducerea lucrărilor de întreținere curente (executarea rezervoarelor de lichid de frână din material plastic transparent și conductele dispozitivelor de frânare vopsite în culori deferite).

Pentru ca sistemul de frânare să-și îndeplinească în mod optim funcțiunile, este necesar ca parametrii acestuia să se afle într-un raport determinat cu parametrii autovehiculului pe care îl deservește cu privire la:

- natura și structura transmisiei comenzii dispozitivului de frânare,
- dimensiunile frânelor propriu-zise în raport cu dimensiunile roților autovehiculului,
- tipul frânelor propriu-zise,
- distribuția forțelor de frânare la osii.

Clasificarea sistemelor de frânare se face după mai multe *criterii*, astfel:

1. După rolul pe care îl îndeplinesc

- *Sistemul principal de frânare* (frână principală / de serviciu / frână de picior) se utilizează la reducerea vitezei de deplasare sau la oprirea automobilului.
- *Sistemul staționar de frânare* (frâna de staționare / frână de mână / frână de parcare / frână de ajutor) menține automobilul imobilizat pe pantă timp nelimitat în absența șoferului sau suplinește sistemul principal în cazul defectării acestuia.
Frâna de staționare trebuie să aibă un mecanism de acționare propriu, independent de cel al frânei principale.
Decelerația recomandată pentru frâna de staționare trebuie să fie egală cu cel puțin 30% din decelerația frânei principale.
În general, frâna de staționare preia și rolul frânei de siguranță.
- *Sistemul suplimentar de frânare sau dispozitivul de încetinire*, (are rolul de a menține constantă viteza autovehiculului, la coborârea unor pante lungi, fără utilizarea celorlalte sisteme de frânare contribuind la micșorarea uzurii frânei principale și la sporirea securității circulației.
Se utilizează în cazul autovehiculelor cu mase mari sau destinate să lucreze în regiuni de munte.

2. După locul unde este creat momentul de frânare (de dispunere a frânei propriu-zise):

- *frâne pe roți*,
- *frâne pe transmisie*.

3. După forma piesei care se rotește:

- *cu tambur* (radiale),
- *cu disc* (axiale),
- *combinate*.

4. După forma pieselor care produc frânarea:

- *frâne cu saboți*,
- *frâne cu discuri*,
- *frâne cu bandă*.

5. După tipul mecanismului de acționare și natura transmisiei:

- *cu acționare simplă* (mecanică, pneumatică, hidraulică),
- *cu servoacționare* (la transmisiile mecanice și hidraulice),
- *cu acționare mixtă*.

6. După numărul de circuite prin care efortul se transmite către frânele propriu-zise (structura transmisiei):

- *frâne cu un singur circuit* (efortul exercitat de sursa de energie la comanda frânării se transmite către ansamblul frânelor propriu-zise printr-un singur dispozitiv de distribuție),
- *frâne cu mai multe circuite* (dispozitive de distribuție separate pentru fiecare grup al ansamblului frânelor propriu-zise).
Sistemele de frânare cu circuite multiple sporesc sensibil fiabilitatea acestora și securitatea circulației, fapt pentru care în unele țări este prevăzută obligativitatea „divizării” circuitelor la anumite tipuri de autovehicule.

4.2. Variante constructive de mecanisme de frânare

În construcția autovehiculelor se utilizează în principal două tipuri de mecanisme de frânare: *cu saboți* care acționează asupra unui tambur din interior și *cu bacuri* care acționează asupra unui *disc* fixat de butucul roții.

4.2.1. Frâne cu tambur și saboți interiori

Construcția frânelor cu tambur și saboți interiori este reprezentată în figura 4.2, iar schema de funcționare este prezentată în figura 4.3.

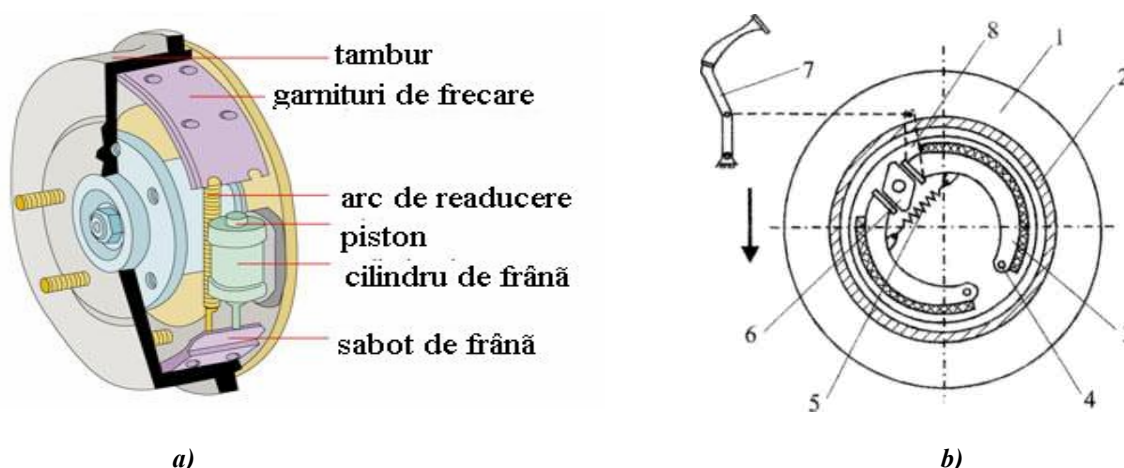


Fig. 4.2 – Frâna cu tambur și saboți interiori: a) construcție, b) elemente constructive.

Elementele componente ale ansamblului frânei propriu-zise sunt: 1 – tambur, 2 – garniturile de frecare, 3 – sabot de frână, 4 – punct de fixare a sabotului, 5 – arc, 6 – cilindru de frână, 7 – pedala de frână, 8 – piston.

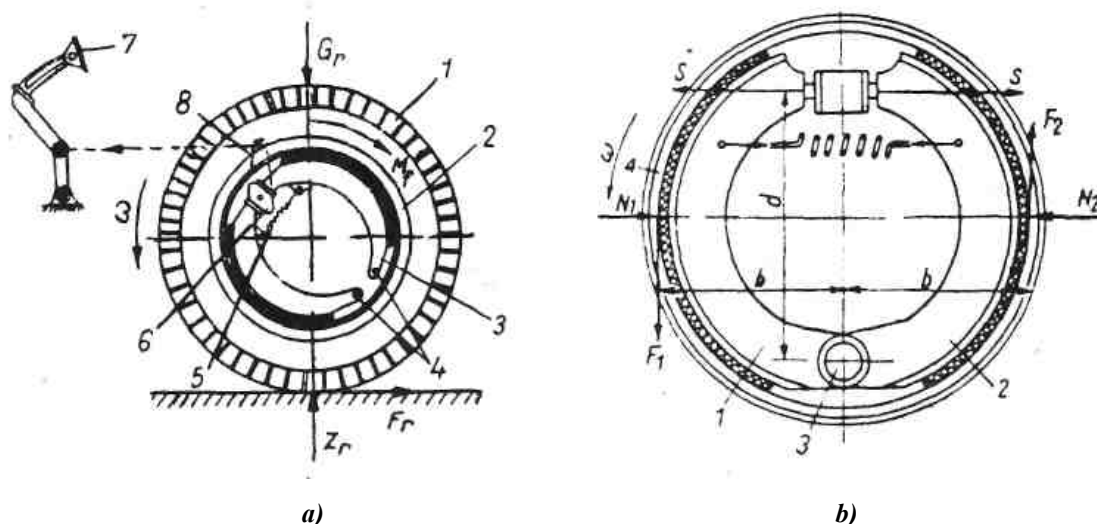


Fig. 4.3 – Schema de principiu a frânei cu tambur și saboți interiori: a) montarea frânei pe roată, b) forțele care apar la frânare.

În timpul frânării, saboții apasă pe tambur cu forța S , care determină reacțiunile normale N_1 și N_2 . Dacă tamburul se rotește cu viteza unghiulară ω , forțele N_1 și N_2 ce apasă asupra suprafețelor de frecare, vor da naștere la două forțe de frecare F_1 și F_2 .

În raport cu punctul de fixare a sabotului, forța de frecare F_1 va da determina un moment $M_1 = F_1 \cdot b$, de același sens ca și momentul dat de forța S , ($M_S = S \cdot d$), măbind în felul acesta apăsarea sabotului 1 pe tamburul roții.

1) Tipuri constructive de sabotți

Pentru sabotul 1, forța de frecare are tendința de a-l deschide autoamplificând efectul de frânare.

Sabotul la care forța de frecare amplifică apăsarea acestuia asupra tamburului („efect servo”) se numește *sabot primar*.

Față de punctul de articulație al sabotului 2, forța F_2 dă un moment $M_2 = F_2 \cdot b$, de sens contrar momentului dat de forța S , micșorând apăsarea sabotului pe tamburul roții și reducând astfel efectul de frânare. Sabotul la care forța de frecare reduce apăsarea acestuia asupra tamburului se numește *sabot secundar*.

Măsura performanței unui sabot din punctul de vedere al momentului de frânare realizat pentru diferite valori ale coeficientului de frecare al garniturii de fricțiune și a stabilității funcționării lui este oferită de *coeficientul de eficacitate* definit ca raport dintre forța tangențială F la periferia garniturii de fricțiune și forța de acționare S a sabotului:

$$E = \frac{F}{S} \quad (4.1)$$

Adimensionalitatea coeficientului E permite compararea unor sabotți de diferite dimensiuni sau acționați cu forțe diferite. Graficul dependenței $E = f(\mu)$, în care μ este coeficientul de frecare al garniturii de fricțiune, se numește *curba de stabilitate*. În figura 4.8 sunt reprezentate curbele de stabilitate pentru tipurile uzuale de frâne cu tambur și sabotți interiori.

În funcție de natura și tipul reazemului sabotților, frânele pot fi:

- cu *sabotți articulați*: apropierea sabotului de tambur se realizează prin rotirea în jurul unui punct fix (mișcarea are un singur grad de libertate),
- cu *sabotți flotanți*: sabotul se apropie de tambur printr-o mișcare compusă dintr-o rotație și o translație (mișcarea are două grade de libertate).

Modalitățile de fixare a sabotților 1 și 2 în articulația 3 sunt reprezentate în figura 4.4.

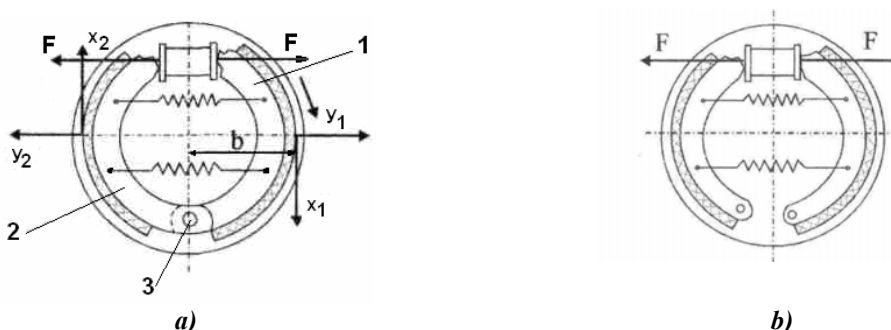


Fig. 4.4 – Schema frânelor cu sabotți articulați: a) într-un singur punct, b) în puncte fixe separate.

2) Tipuri uzuale de frâne cu tambur și sabotți interiori

Frâna simplex are în compunere un sabot primar și unul secundar, care pot fi articulați sau flotanți (figura 4.5). La acționarea sabotților se folosesc: deplasarea egală cu forțe de acționare diferite $S_1 \neq S_2$ (figura 4.5 b) sau dispozitive de acționare independentă a sabotților cu forțe egale $S_1 = S_2$ (figura 4.5 a, c).

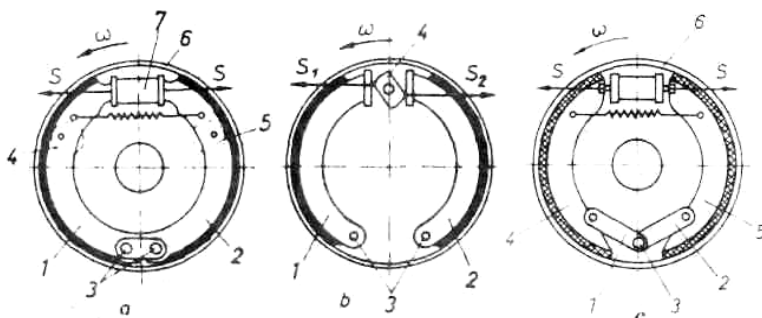


Fig. 4.5 – Frâna simplex: a), b) cu sabotți articulați, c) cu sabotți flotanți.

Frâna duplex, reprezentată în figura 4.6, are în componere doi saboți primari care pot lucra ca saboți primari la rotația într-un singur sens (frâna uni-duplex) sau în ambele sensuri (duo-duplex).

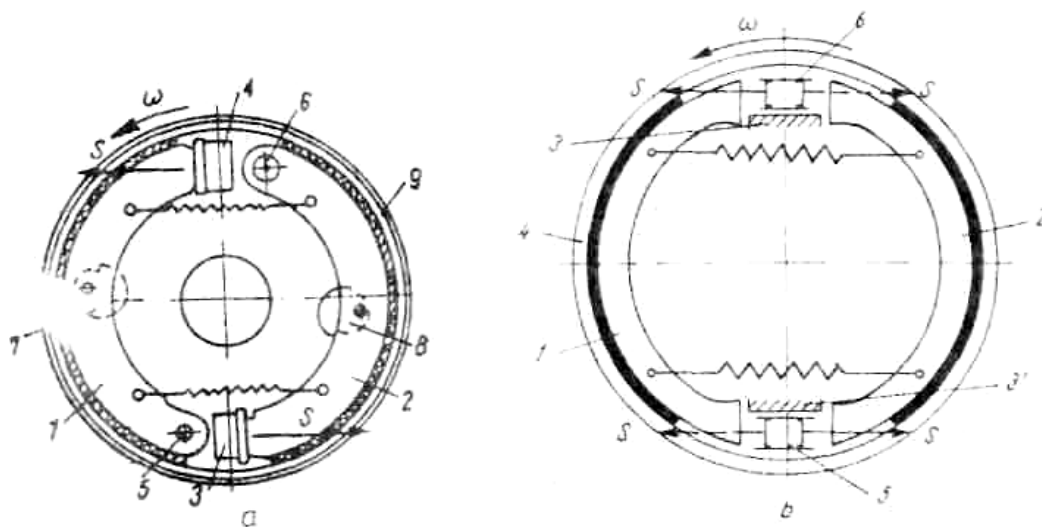


Fig. 4.6 – Frâna cu doi saboți primari: a) uni-duplex, b) duo-duplex.

Frâna duo-duplex prezintă particularitatea că ambii saboți lucrează cu efect de autoamplificare (ca saboți primari) indiferent de sensul de rotație.

Frâna servo sau frâna cu amplificare are doi saboți primari, sabotul posterior fiind acționat de sabotul anterior.

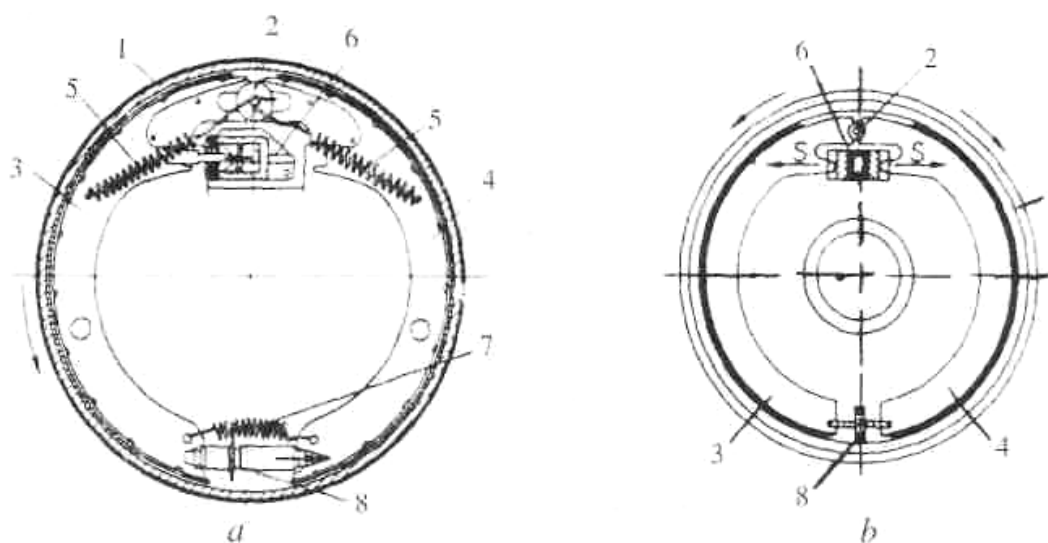


Fig. 4.7 – Frâna cu amplificare: a) uni-servo, b) duo-servo.

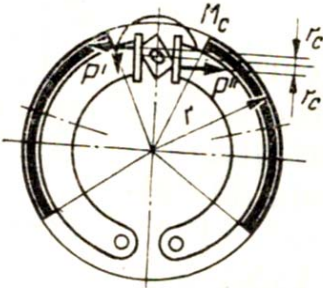
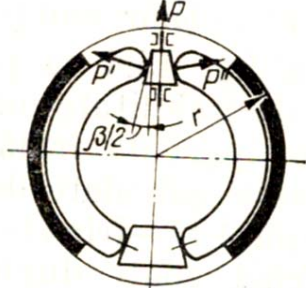
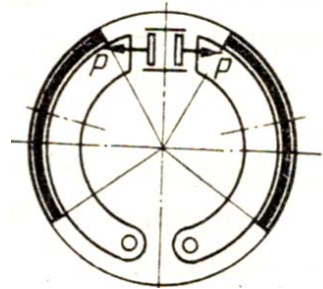
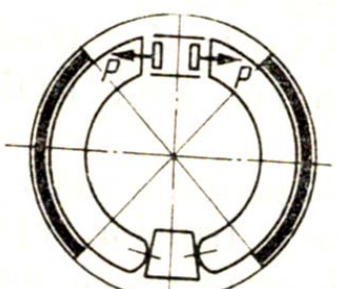
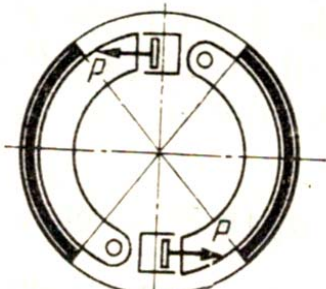
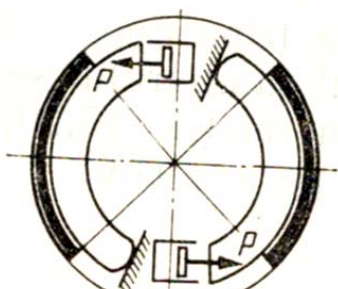

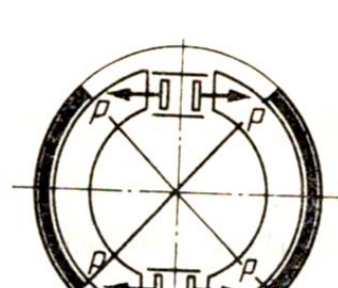
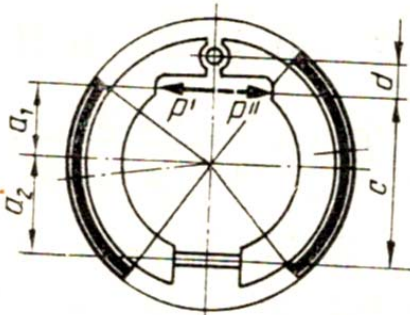
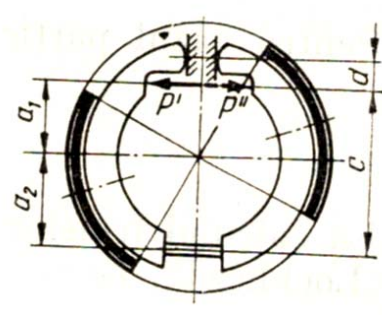
Frâna duo-servo se caracterizează prin faptul că fiecare sabot îl acționează pe celălalt cu efect de servo acțiune, în funcție de sensul de rotație, ambii saboți lucrând ca saboți primari. Saboții 3 și 4 (figura 4.7 b) sunt legați în serie și acționați de la un cilindru hidraulic.

Frâna servo nu este echilibrată, încărcând suplimentar lagărele roții.

Frâna servo este utilizată la unele autoturisme de capacitate cilindrică mare, deoarece cu o forță nu prea mare la pedală asigură un moment de frânare mare, fără un servomecanism auxiliar.

Tipurile constructive de frâne simplex, duplex și servo cu saboți articulați și flotanți sunt reprezentate în tabelul 4.2.

Tabelul 4.2 Tipuri constructive de frâne cu saboți interiori.

Tipul frânei Simplex		Cu saboți articulați	Cu saboți flotanți
SIMPLEX	Cu deplasare egală a saboților		
	Cu deplasare independentă a saboților		
DUPLIX	Uni-dnplex		
	Duo-Duplex		
SERVO	Uni-servo și duo-servo		

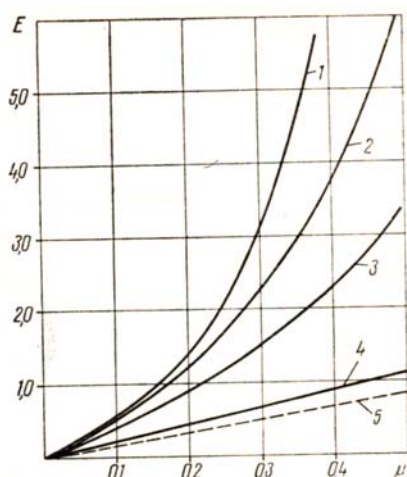


Diagrama de stabilitate pentru diferite tipuri constructive de frâne este reprezentată în figura 4.8 în care:

- 1 frână față servo,
- 2 frână spate duplex,
- 3 frână față simplex cu acționare hidraulică,
- 4 frână spate simplex acționată cu camă,
- 5 frână disc.

Fig. 4.8 – Diagrama de stabilitate a frânelor cu saboți.

Particularitățile funcționale caracteristice tipurilor de frâne cu tamburi și saboți interiori sunt următoarele:

- frâna simplex cu deplasare egală a saboților: eficacitate slabă și identică pentru ambele sensuri de rotație a tamburului, stabilitate foarte bună, se transmite osiei o reacțiune radială, acționarea cu con este mai eficientă;
- frâna simplex cu deplasarea independentă a saboților: eficacitate mai ridicată ca în cazul anterior, identică pentru ambele sensuri ale rotației tamburului, stabilitate bună, uzare diferită a celor două garnituri dacă forțele de acționare sunt egale, se transmite osiei o reacțiune radială;
- frâna uni-duplex: eficacitate mare la mersul înainte și foarte mică la mersul înapoi, stabilitate mediocră, regimul de lucru și încărcare al celor doi saboți identic, nu se transmite osiei reacțiune radială;
- frâna duo-duplex: eficacitate mare și identică pentru ambele sensuri ale rotației tamburului, stabilitate mediocră, regimul de lucru și încărcare al celor doi saboți identic, nu se transmite osiei reacțiune radială;
- frâna servo: eficacitatea foarte mare la mersul înainte (uni-servo) și identică pentru ambele sensuri ale rotației tamburului (duo-servo), stabilitate foarte mică, regim diferit de lucru și încărcare pentru cei doi saboți, se transmite osiei o reacțiune radială.

3) Acționarea saboților de frână

Modul de acționare a saboților unei frâne influențează în mare măsură eficacitatea acestora și depinde de transmisia comenzii dispozitivului de frânare.

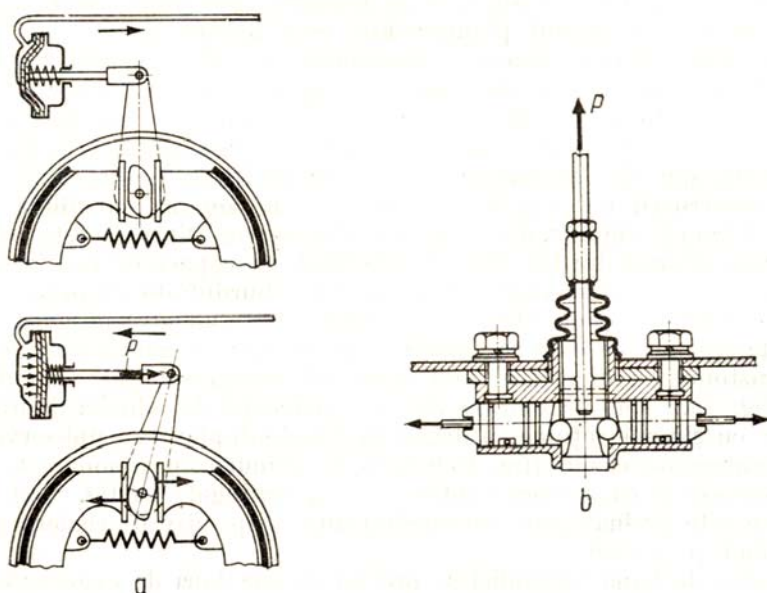


Fig. 4.9 – Dispozitiv de acționare pneumatică a saboților frânei cu tambur.

În cazul dispozitivelor de frânare pneumatice, prevăzute de obicei cu frâne simplex, saboții se acționează cu ajutorul unei came al cărei ax este rotit de cuplul dat de forța de comandă a cilindrului de frână, aplicată la capătul unui levier fixat pe axul camei sau cu ajutorul unor plunjere expandate prin intermediul unui mecanism cu con și role (figura 4.9).

Prin acest mod de comandă se realizează o deplasare egală a celor doi saboți, fapt ce face ca sabotul primar, care are tendința de a se uza mai repede, să fie acționat cu o forță mai mică.

Din această cauză eficacitatea totală a frânei se resimte nefavorabil. Caracteristica de stabilitate a frânei este aproape o linie dreaptă (curba 4 din figura 4.8).

O creștere a eficacității frânei se obține dacă se asigură o forță de acționare egală pentru cei doi saboți prin realizarea axului camei flotant sau deplasarea independentă a celor două plunjere de comandă (figura 4.10).

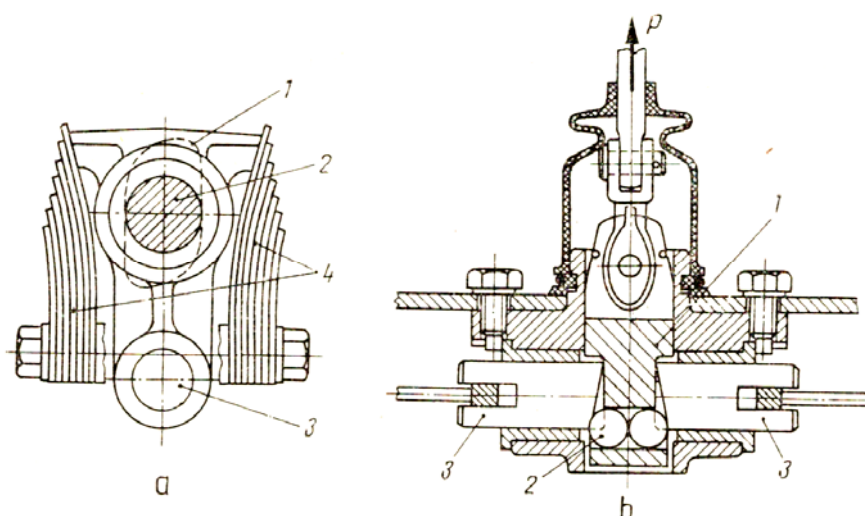


Fig. 4.10 – Metode de acționare a saboților: a) cu forțe neegale, b) cu forțe egale.

În primul caz (figura 4.10 a) dacă forțele pe cama 1 nu sunt egale, axul camei 2 oscilează împreună cu suportul său în jurul punctului 3, rezemându-se pe unul din arcurile lamelare 4 într-o poziție care asigură egalizarea forțelor pe fețele de lucru ale camei.

La construcția din cazul al doilea (figura 4.10 b) dacă se acționează asupra tirantului 1, bilele 2, amplasate într-un canal din corpul acestuia, apasă pe suprafețele înclinate ale plunjerelor 3 cu forțe egale deoarece ansamblul plunjeră-bile este flotant.

La dispozitivele de frânare cu transmisie hidraulică, acționarea saboților se face prin intermediul unor cilindri hidraulici dispuși în interiorul frânelor pe o placă suport. Presiunea lichidului de frână apasă asupra unor pistonase de la care, prin intermediul tacheților sau tijelor se transmite la nervurile saboților de frână. În figura 4.11 sunt reprezentate soluții constructive de cilindri hidraulici de acționare cu dublă acțiune utilizate la frânele simplex, duo-duplex și duo-servo.

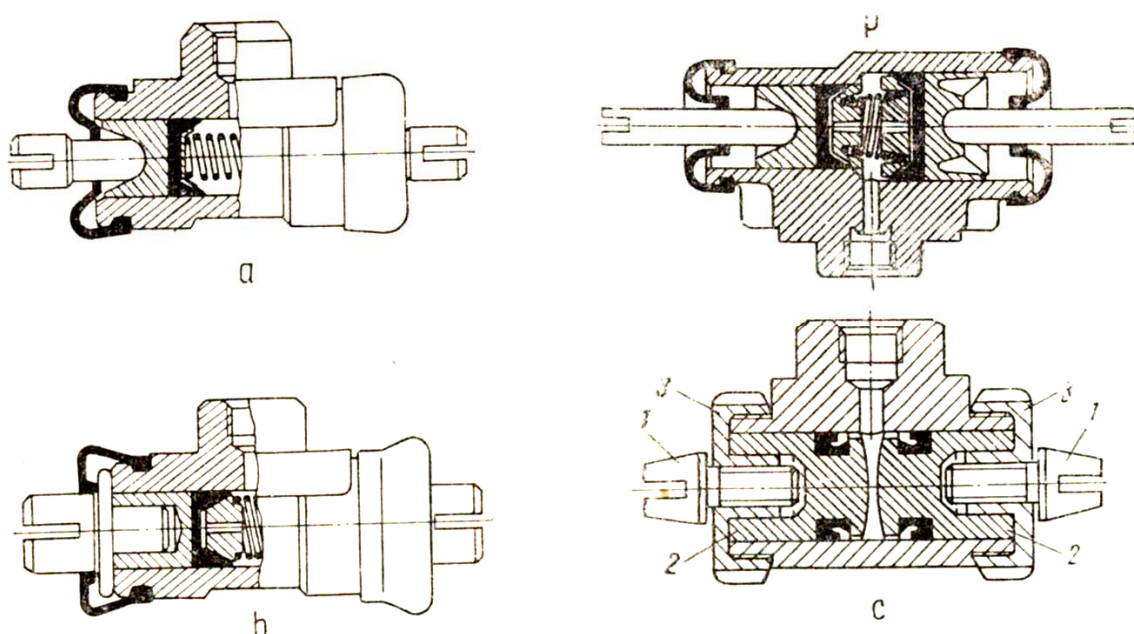


Fig. 4.11 – Cilindri hidraulici utilizați la frânele cu tambur și saboți interiori.

Cilindrul din figura 4.11 b este prevăzut cu capace de reglare a jocului dintre saboți și tambur (care preiau și rolul burdufului de protecție de la celelalte construcții).

Cilindrul din figura 4.11 d cu diametre neegale este destinat frânelor simplex la care se dorește o uzare egală a garniturilor celor doi saboți (pistonul cu diametrul mai mare acționează sabotul secundar).

În figura 4.12 sunt prezentate construcții de cilindri hidraulici de acționare cu simplă acțiune utilizate la frânele duplex sau uni-servo.

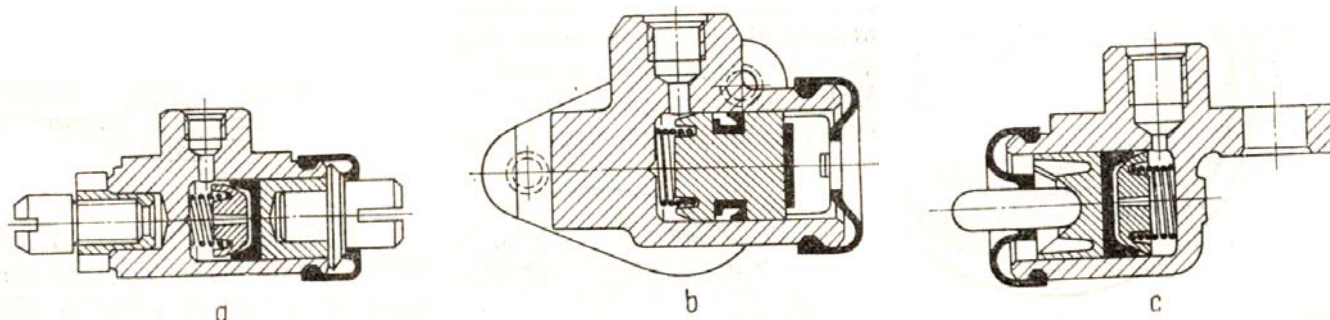


Fig. 4.12 – Cilindri hidraulici cu simplă acțiune pentru frâne cu saboți.

La construcțiile din figura 4.12 a și b cilindrii de acționare ai frânelor duplex servesc și ca reazem pentru sabotul conjugat. În figura 4.12 a rolul de reazem este preluat prin intermediul unui dispozitiv de reglare a jocului dintre sabot și tambur.

Cilindrii de frână hidraulici se prevăd cu șuruburi de evacuare a aerului pătruns în masa lichidului de frână. Aceștia se protejează de pătrunderea impurităților cu ajutorul unor burdufuri sau capace speciale, iar în multe cazuri sunt acoperiți cu un panou protector de tablă.

Pentru evitarea supraîncălzirii lichidului, cilindrii nu se amplasează în imediata apropiere de suprafața de frecare a tamburului. Dacă supraîncălzirea lichidului de frână nu se poate evita, cilindrul se amplasează în afara frânei, iar acționarea saboților se realizează cu un mecanism cu con sau role și plunjere (figura 4.13). Mecanismul propriu-zis de acționare a saboților este principial identic cu cel din figura 4.10. Tirantul 1 este pus sub sarcină prin efectul presiunii lichidului de frână, care pătrunde prin orificiul 2, asupra pistonului 3. Pentru frânarea de staționare sau de siguranță, tirantul 1 poate fi acționat și prin tija 4, comandată mecanic de la frâna de mână. La frânele cu cilindri hidraulici dispuși în interior, comanda frânării de staționare sau de siguranță se realizează prin intermediul unui sistem de levier și tije, acționate cu cablu de la maneta respectivă.

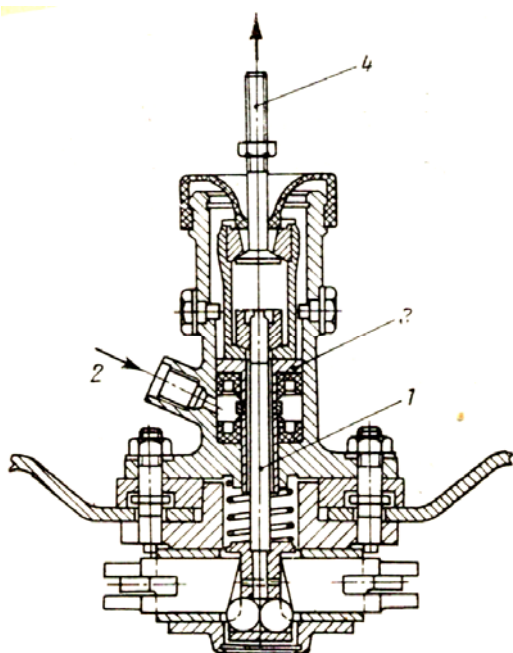


Fig. 4.13 – Mecanism de acționare a saboților.

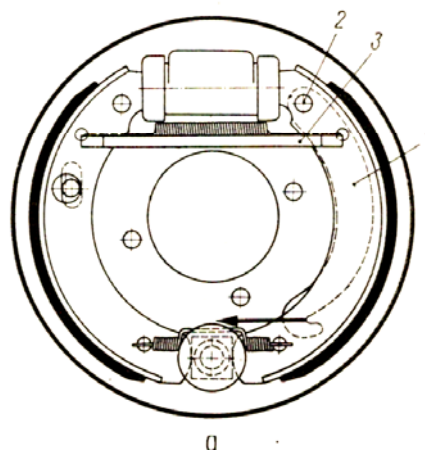


Fig. 4.14 – Acționarea saboților frânei simplex.

În figurile 4.14, 4.15 și 4.16 se poate urmări modul de acționare mecanică a saboților unei frâne simplex, duo-duplex, respectiv servo.

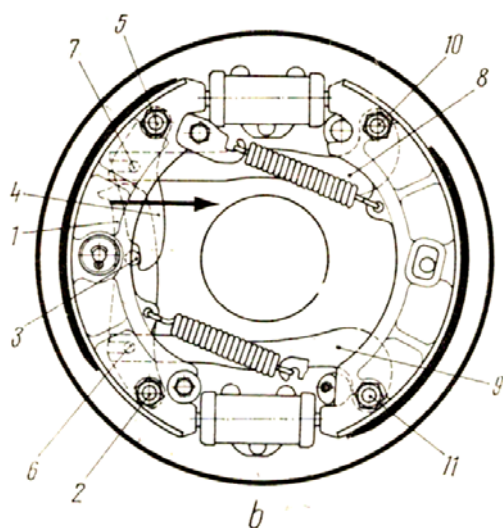


Fig. 4.15 – Acționarea saboților frânei duo-duplex.

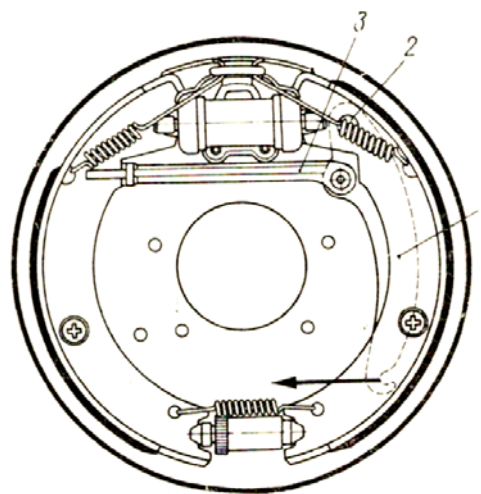


Fig. 4.16 – Acționarea saboților frânei servo.

În cazul din figurile 4.14 și 4.16, levierul 1 (acționat prin cablu de la maneta frânei de mână) se fixează oscilant pe sabotul din dreapta în bolțul 2. Prin tragerea levierului în direcția săgeții, acesta se reazemă pe tija intermediară 3 și astfel împinge concomitent cei doi saboți în contact cu tamburul.

În cazul frânei duo-duplex din figura 4.15 comanda de frânare se dă prin intermediul levierului 1 articulat prin bolțul 2 pe sabotul din stânga. Bolțul 3, fixat pe levierul 1, comandă levierul 4 articulat de asemenea pe sabotul din stânga, prin bolțul 3. Bolțurile 6 și 7 fixate respectiv pe levierul 1 și 4, transmit efortul de comandă la tije 8 și 9 articulate prin bolțurile 10 și 11 pe sabotul din dreapta. În acest mod se asigură eforturi egale în tije 8 și 9, astfel încât are loc acționarea simetrică a celor doi saboți la funcționarea normală a frânei duo-duplex.

4) Reglarea jocului dintre saboți și tambur

Pe măsură ce garniturile de fricțiune ale saboților se uzează se mărește jocul dintre saboți și tambur, iar creșterea excesivă a cursei libere a saboților are ca efect creșterea timpului de răspuns al dispozitivului de frânare și scăderea eficacității frânării. Din acest motiv frânele sunt prevăzute în mod obligatoriu cu dispozitive de reglare a jocului

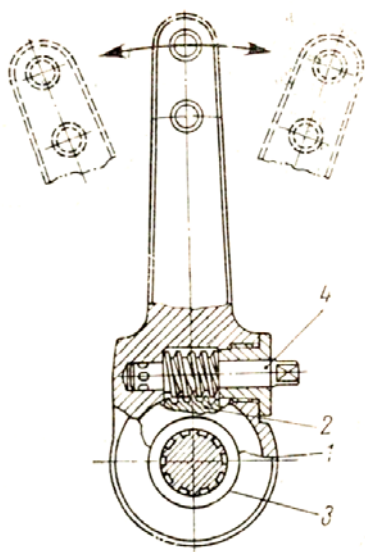


Fig. 4.17 – Dispozitiv de reglare a jocului la saboți acționați cu camă.

Aceste dispozitive pot fi *manuale* (efectuate de personalul de întreținere a autovehiculului cu ocazia operațiilor de revizie tehnică) sau *automate*. Amplasarea dispozitivelor de reglare a jocului poate fi foarte diferită.

În figura 4.17 este reprezentat un *dispozitiv de reglare* aplicabil la frânele cu saboți acționați cu camă și care este *dispus în afara frânei*, la îmbinarea levierului de la cilindrul pneumatic de lucru cu arborele camei. În bușa levierului 1 se include roata melcată 2, solidară cu axul camei 3. Rotind șurubul melc 4, cu autofrânare, se poate modifica poziția levierului în raport cu cama, apropiindu-l de cilindrul de lucru pe măsura uzării garniturilor. Astfel, cursa în gol a pistonului se menține la o valoare sub jumătate din cursa maximă, iar forța din tija pistonului se aplică la capătul levierului, la un unghi de 90^0 , asigurând momentul maxim la axul camei.

Cele mai multe dintre *dispozitivele de reglare a jocului* sunt de *tipul interior* și lucrează direct asupra saboților (la capătul de aplicare a forței, la capătul de rezemare sau la nervura sau talpa sabotului).

Un dispozitiv de reglare de tipul primului enumerat anterior s-a arătat în figura 4.11 c. Tacheții 1 sunt amplasați pe pistonășele de acționare 2, prin intermediul capacelor 3, în care sunt înșurubați. Pe periferie, capacele 3 au o dantură prin care pot fi rotite din exterior, prin orificii adecvate practicate în placa suport, cu ajutorul șurubelniței. Deoarece nervurile saboților, intrate în fantele corespunzătoare din tacheți, îi împiedică să se rotească, la rotirea capacelor 2 tacheții ies din capac preluând jocul saboților prin uzarea garniturilor de fricțiune, operația de reglare a jocului fiind exemplificată în figura 4.18 a.

În figurile 4.18 b și c se arată *dispozitive de reglare* bazate pe același principiu, dar *amplasate la capetele de rezemare ale saboților* (soluție utilizată la frânele autocamionului SR 113N).

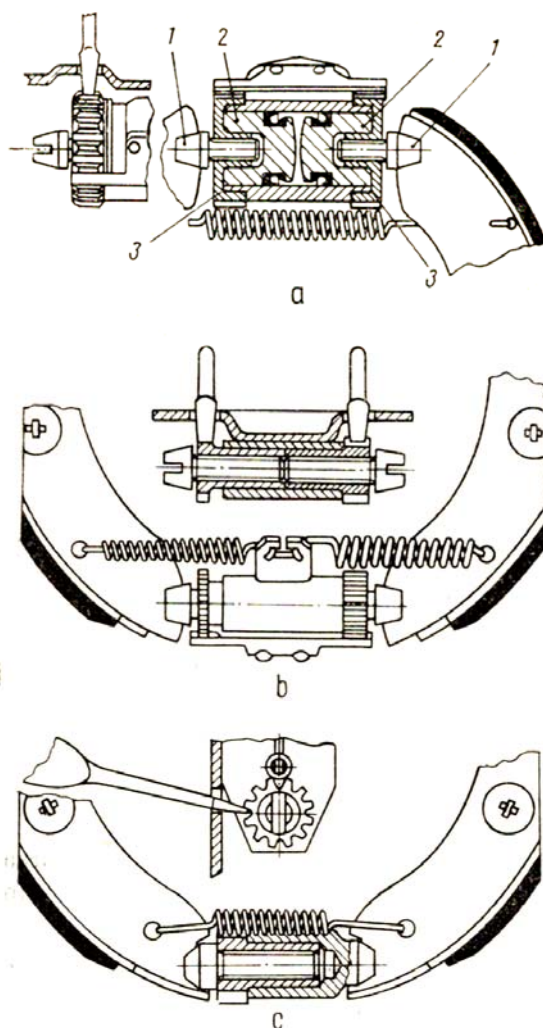


Fig. 4.18 – Reglarea jocului:
a) operația de reglare, b, c) dispozitive amplasate la capetele de rezemare ale saboților.

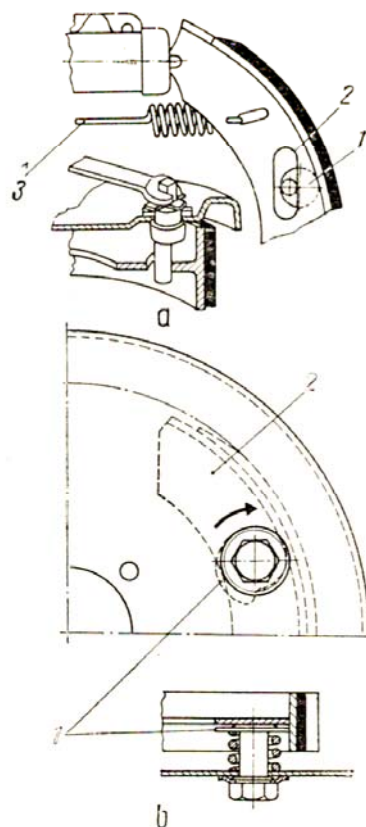


Fig. 4.19 – Dispozitive de reglare a jocului care lucrează asupra tălpii sau nervurii saboților:
a) cu bolț excentric, b) cu disc excentric.

Există *dispozitive de reglare care lucrează asupra tălpii sau nervurii saboților*, preluând rolul unor reazeme pentru saboții acționați de forța arcurilor de rapel, soluții reprezentate în figura 4.19.

Tipul constructiv de dispozitiv prezentat în figura 4.19 a este *cu bolț excentric* 1 (pe care are loc rezemarea sabotului sub acțiunea arcului de rapel) care pătrunde într-o fantă din nervura sabotului 2. Pe măsura uzării garniturii de fricțiune, cursa în gol a sabotului tinde să crească, tendință contracarată prin rotirea bolțului cu excentric astfel încât sabotul să se apropie de tambur cu o distanță adecvată.

Principiul de lucru al *dispozitivului cu disc excentric* (figura 4.19 b) este similar cu deosebirea că rolul bolțului cu excentric este luat de discul excentric 1 care se reazemă pe talpa sabotului 2. Reglarea jocului se face rotind axul discului în sensul săgeții.

Dispozitivele automate de reglare a jocului au căpătat o utilizare tot mai largă și conțin, din punct de vedere constructiv, un mecanism de tipul unuia descris mai sus și un sistem de acționare automată care intră în funcțiune atunci când cursa saboților depășește valoarea stabilită.

Sistemele de acționare sunt dispuse în afara frânei, în interiorul acesteia sau chiar în interiorul cilindrilor de acționare. Construcția acționării poate fi cu dinți sau cu clichet (asigură o reglare în trepte) și cu fricțiune (asigură o reglare continuă).

Două dispozitive de reglare automată (în trepte și continuă) a jocului sunt reprezentate în figura 4.20.

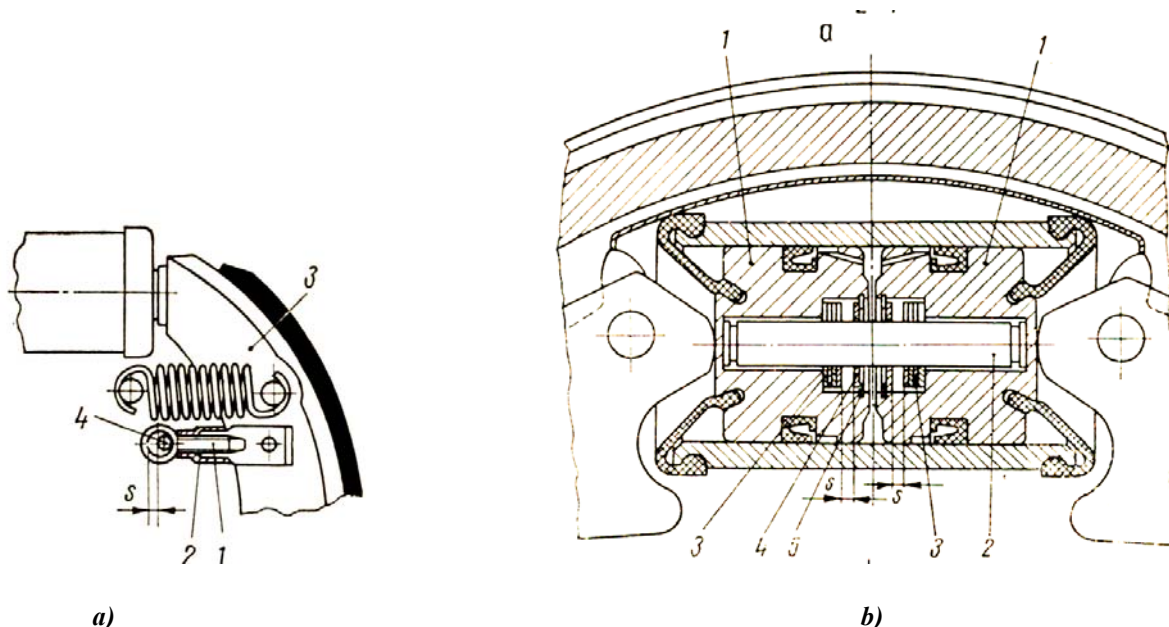


Fig. 4.20 Dispozitive de reglare automată a jocului: a) în trepte, b) continuă.

Dispozitivul din figura 4.20 a constă dintr-o tijă 1 filetată cu profil dinte de fierăstrău și un manșon elastic 2 tot filetat fixat pe sabotul 3 și pe tijă filetată. Capătul tijei este prevăzut cu un ochi prin care trece bolțul 4 fixat pe placa suport a frânei. După montajul frânei, la prima acționare a acesteia se stabilește jocul s între bolțul 4 și ochiul din capătul tijei 1. După o anumită uzare a garniturii, căreia îi corespunde un joc $s + \text{lățimea unui dinte}$ pe tijă 1, manșonul elastic scapă cu un dinte peste tijă, astfel încât se reface jocul inițial s .

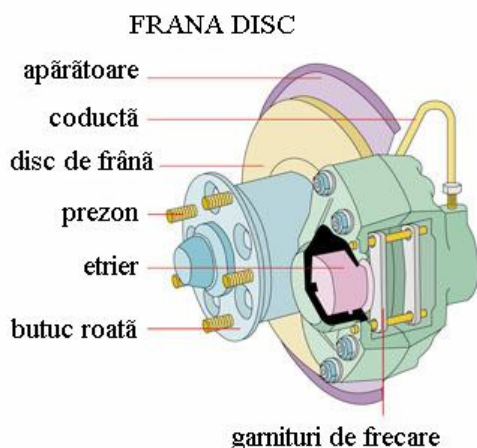
Construcția din figura 4.20 b are în interiorul pistonășelor 1 un bolț 2 pe care sunt prinse, prin fricțiune, șaibele elastice 3. Mișcarea pistonășelor în raport cu bolțul este limitată la valoarea s cu ajutorul șaibelor 4 cu siguranțele 5. Dacă în urma uzării garniturilor de fricțiune cursa pistonășelor 1 depășește valoarea s , sub acțiunea presiunii de comandă, șaibele 4 vor forța șaibele elastice 3 să alunece pe bolțul 2 cu o distanță corespunzătoare. După încetarea frânării, sub acțiunea arcurilor de rapel, pistonășele vor reveni în contact cu șaibele elastice la noua poziție a acestora, menținând însă jocul s . Evident, va trebui ca forța generată de arcurile de rapel să nu poată învinge forța de frecare dintre bolțul 2 și șaibele elastice 3.

La construcția dispozitivelor automate de reglare trebuie avută în vedere necesitatea evitării unei supra-reglări cauzate de creșterea temporară a diametrului tamburilor frânelor încălzite. De asemenea, trebuie să se țină seama și de faptul că dispozitivele de reglare automată consumă o parte din efortul de acționare a saboților realizat de cilindrii de lucru.

4.2.2. Construcția frânelor cu disc

Utilizarea frânelor cu discuri în construcția autovehiculelor este relativ recentă datorită coeficientului de eficacitate C cu valoare mică în comparație cu cel al frânelor cu saboți. Prin utilizarea servomecanismelor în sistemele de acționare a frânelor acest dezavantaj este mai puțin important, frânele cu disc având avantaje nete în ceea ce privește sensibilitatea la variația coeficientului de frecare, greutatea fiind mică, iar întreținerea ușoară.

Elementele constructive ale frânei cu disc sunt prezentate în figura 4.21; are următoarele *avantaje*:



- posibilitatea măririi suprafețelor garniturilor de frecare,
- distribuția uniformă a presiunii pe suprafețele de frecare, uzura uniformă a garniturilor și necesitatea reglării mai rare a frânei,
- suprafață mare de răcire și condiții bune pentru evacuarea căldurii,
- stabilitate în funcționare la temperaturi joase și ridicate,
- echilibrarea forțelor axiale și lipsa forțelor radiale,
- posibilitatea funcționării cu jocuri mici între suprafețele de frecare, ceea ce permite să se reducă timpul de intrare în funcțiune a frânei,
- înlocuirea ușoară a garniturilor de frecare,
- realizarea reglării automate a jocului dintre suprafețele de frecare printr-o construcție mai simplă,
- nu produc zgomot în timpul frânării.

Fig. 4.21 – Elemente constructive ale frânei cu disc.

Frânele cu disc pot fi de *tip deschis* (utilizate mai ales la autoturisme) sau *închis* (utilizate în special la autocamioane și autobuze).

1) Frâna cu disc deschisă este construcția la care discul reprezintă suprafața de frânare legată de butucul roții autovehiculului, aflată în cea mai mare parte în contact cu aerul atmosferic.

Variante constructive de frâne cu disc deschise cu pistoane pe ambele fețe ale discului sunt reprezentate în figurile 4.22, 4.24, 4.27 și 4.28.

La construcția din figura 4.22, momentul de frânare la frâna cu disc se realizează cu ajutorul a două garnituri de fricțiune 1 (simetrice în raport cu discul) ce acționează pe cele două fețe ale discului 2, solidar cu butucul 3, la comanda dată prin intermediul cilindrilor hidraulici 4 dispuși în furca 5 solidară cu puntea, sau cu sisteme de levier mecanice.

Distribuția presiunilor pe suprafața garniturilor de fricțiune poate fi considerată uniformă în cazul unor garnituri noi.

După rodaj însă, garniturile se uzează asimetric, iar presiunile variază invers proporțional cu distanța de la centrul discului ca urmare, pe de o parte, a asimetriei date de componenta tangențială a interacțiunii dintre garnituri și disc, iar pe de altă parte ca urmare a variației pe rază a vitezei liniare de alunecare a garniturilor pe disc.

Dacă se notează cu α unghiul la centru al garniturilor de fricțiune, r_i și r_e raza interioară, respectiv raza exterioară, r_m raza medie $r_m = (r_i + r_e)/2$, rezultă relația de calcul pentru distanța de la centrul discului la linia de acțiune a forței tangențiale:

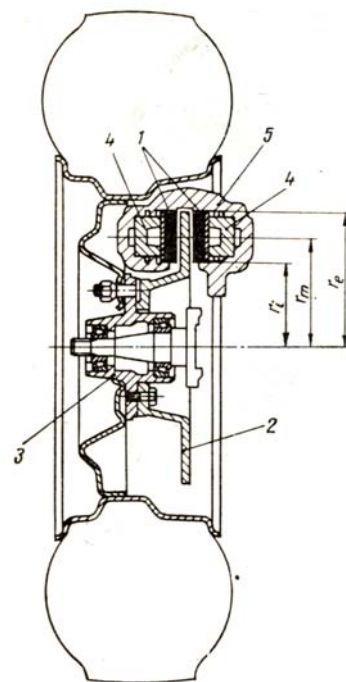


Fig. 4.22 – Frâna cu disc deschisă cu pistoane de acționare pe ambele fețe ale discului.

$$h = \frac{\frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot r_m = \frac{\frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{k+1}{2} \cdot r_e = \varepsilon \cdot r_e \quad (4.2)$$

în care: $k = r_i/r_e$.

Pentru construcții uzuale de frâne cu disc se recomandă $k = 0,60 \dots 0,75$ și $\alpha = 45^\circ \dots 50^\circ$.

Momentul de frânare realizat de o frână cu disc se calculează cu relația:

$$M = 2 \cdot \mu \cdot N \cdot h \quad (4.3)$$

unde: N – reacțiunea normală a discului asupra garniturilor de fricțiune.

Valoarea forței N rezultă din condițiile de echilibru ale garniturii de fricțiune și se poate calcula în funcție de mărimea forței de acționare P dată de cilindrii hidraulici. În figura 4.23 sunt reprezentate poligoanele forțelor corespunzătoare stării de echilibru a garniturilor de fricțiune pentru cele mai tipice construcții de frâne disc.

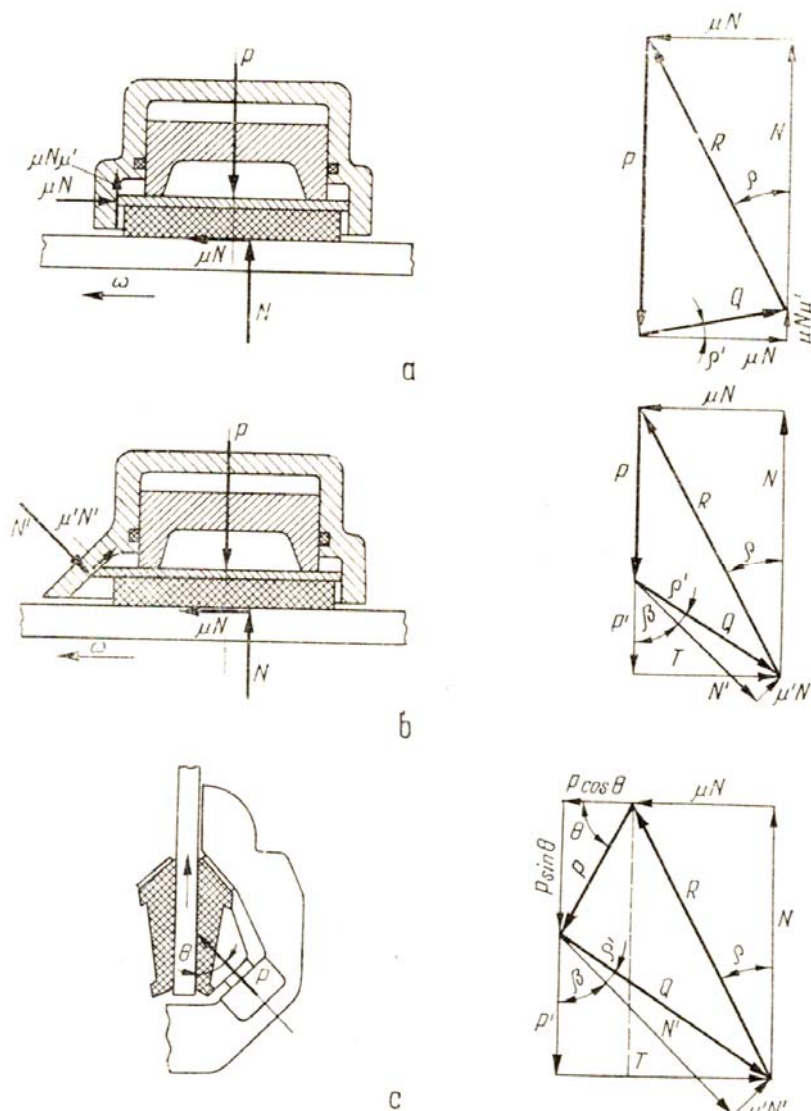


Fig. 4.23 – Tipuri constructive de frâne: a) cu disc fără efect servo, b) cu disc cu efect servo, c) cu disc cu efect tip Dunlop-S.

Definind *coeficientul de eficacitate* ca raport între momentul de frecare și momentul de acționare:

$$C = \frac{M}{P \cdot r_e} \quad (4.4)$$

se obțin expresiile pentru cele trei tipuri de frâne:

$$C = \frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \mu}{1 + \mu \cdot \mu'} \quad (4.5)$$

$$C = \frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \mu}{1 + \mu \cdot \operatorname{ctg}(\beta + \rho')} \quad (4.6)$$

$$C = \frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \mu \cdot \sin \theta + \cos \theta \cdot \operatorname{ctg}(\beta + \rho')}{1 - \mu \cdot \operatorname{ctg}(\beta + \rho')} \quad (4.7)$$

în care: μ' și ρ' – coeficientul de frecare, respectiv unghiul de frecare dintre placa suport a garniturii și corpul cilindrului de acționare.

Se observă că ultimele două tipuri de frâne cu disc pot asigura un anumit efect servo care de obicei este menținut (prin alegerea adecvată a unghiurilor β și θ) la valori moderate.

În general se asigură pentru frânele cu disc o caracteristică de eficacitate liniară (vezi figura 4.8 – curba 5) dar slabă, de aceea forțele de acționare trebuie să fie sensibil mai mari decât la frânele cu tambur (utilizarea unor presiuni în conducte de circa 2 ori mai mari și a unor diametre ale cilindrilor de acționare de 2 ... 2,5 ori mai mari ca valorile corespunzătoare unor frâne cu tambur cu același moment de frânare și același diametru). Din acest motiv, utilizarea frânelor cu disc este însoțită, în foarte multe cazuri, de includerea în transmisia dispozitivului de frânare a unei servofrâne.

Pentru ca diametrul mare al cilindrului de acționare să nu ducă la scăderea razei medii a discului frânei și implicit a brațului h , dacă k tinde să depășească valoarea limită 0,72 ... 0,75 în loc de un cilindru se vor utiliza doi cilindri de acționare, de fiecare parte a discului, cu diametre mai mici. Există construcții de frâne cu disc care au trei sau chiar patru perechi de cilindri de acționare.

Construcția furcii trebuie să fie suficient de robustă pentru a nu se deforma sensibil sub efectul unor forțe mari. Construcțiile la care furca se montează flotant pe osie au un singur cilindru de acționare dispus numai pe una din fețele discului de frână (figura 4.24), iar cursa disponibilă a pistonului din cilindrul de acționare se dublează față de cea de la frânele cu furcă fixă pentru a compensa uzura ambelor garnituri de fricțiune.

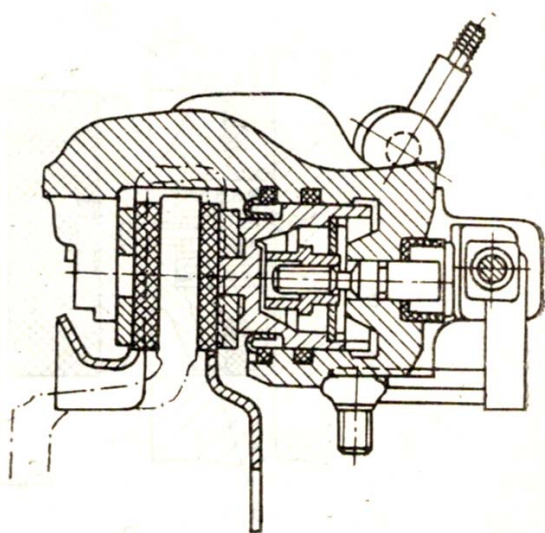


Fig. 4.24 – Frână cu disc deschisă (furca montată flotant pe osie)

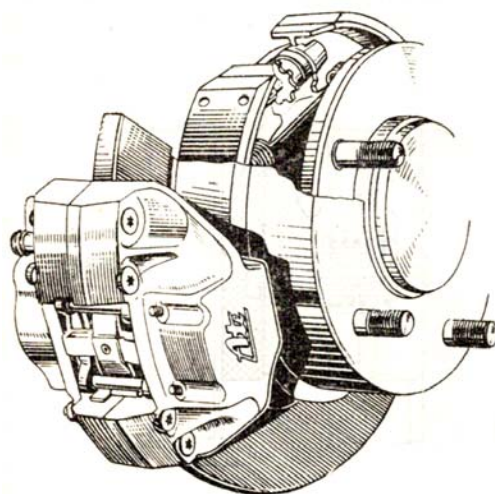


Fig. 4.25 – Dispozitiv de reglare automată a jocului.

Dilatarea mică a discului în plan axial permite ca jocul dintre disc și garniturile de fricțiune să fie menținut la valori mult mai mici decât la frânele cu tambur, dar ritmul intens al uzării garniturii face însă obligatorie introducerea unor dispozitive de reglare automată a jocului. În figura 4.25 este reprezentat un astfel de dispozitiv de tipul cu fricțiune (Bendix).

Dispozitivul din figura 4.26 este asemănător cu cel de la frânele cu tambur (figura 4.20 b). Jocul s dintre discul de frână 1 și garnitura de fricțiune 2, fixată pe pistonul 3, se reglează în mod continuu, cu ajutorul unui dispozitiv cu fricțiune montat în interiorul pistonului.

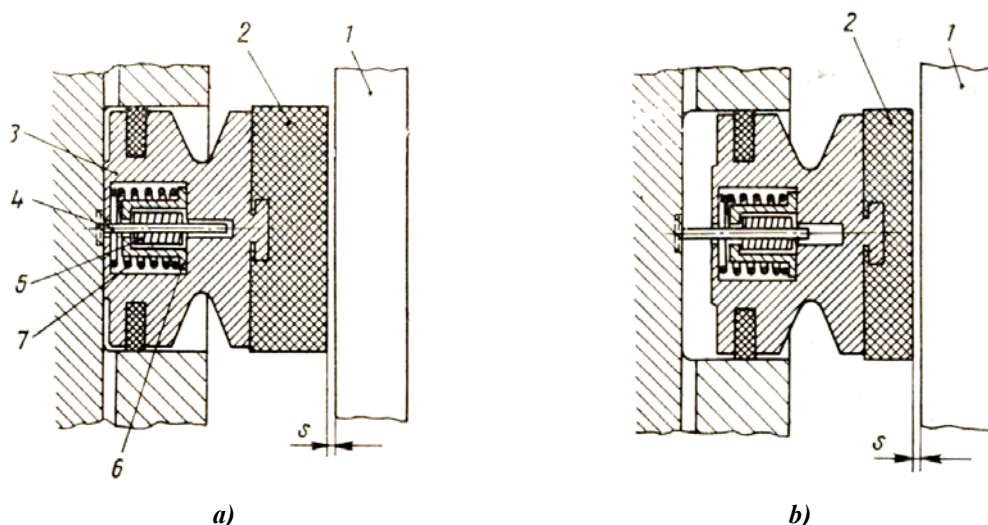


Fig. 4.26 – Dispozitiv de reglare continuă a jocului montat în interiorul pistonului.

Acest dispozitiv constă din bolțul 4 fixat pe fundul cilindrului și care trece în interiorul pistonului 3, din bușa elastică 5 montată cu strângere pe bolțul 4, manșonul 6 și arcul de rapel 7. Dacă jocul s depășește o valoare prestabilită, determinată de distanța dintre fundul manșonului 6 și o șaibă ce închide corpul pistonului în zona posterioară (reprezentată în figură corp comun cu pistonul), pistonul va antrena, prin intermediul manșonului 6, bușa elastică 5 cu o distanță adecvată. La încetarea frânării, arcul de rapel 7 readuce pistonul 3 numai cu distanța s , deoarece forța de frecare dintre bolțul 4 și bușa 5 nu poate fi învinsă de arcul de rapel.

O problemă dificilă la frâna cu disc constă în utilizarea ei ca frână de staționare sau siguranță, cu o eficacitate suficientă. Datorită coeficientului de eficacitate redus, acționarea mecanică pentru frânarea de staționare sau siguranță necesită forțe foarte mari la maneta de frână sau curse exagerate ale acesteia.

Din acest motiv în multe cazuri se utilizează *dispozitive de frânare mixte* (frâne cu disc la roțile din față și frâne cu tambur la roțile din spate, acestea din urmă asigurând performanțele necesare în cazul comenzii manuale).

În alte cazuri se modifică forma discului astfel încât partea lui centrală să devină un tambur cu diametrul mai mic, în interiorul căruia se introduce o pereche de saboți servo comandați cu frâna de mână (figura 4.25 tip ATE).

Pentru acționarea mecanică a garniturilor de fricțiune ale unei frâne cu disc se pot utiliza chiar pistoanele acționării hidraulice puse în legătură directă cu un plunjer acționat cu ajutorul unei pârghii prin cablul frânei de mână. O astfel de construcție realizată de firma DAB este prezentată în figura 4.24.

Construcția frânei cu disc de tip deschisă din figura 4.27 are discul 7 fixat pe butucul 1 al roții rotindu-se odată cu aceasta. Discul este cuprins de etrierul 2 ca un clește, etrierul având în componență pistoanele de acționare 3 și bacurile 4 căptușite cu material de fricțiune. Bacurile sunt ghidate fie în corpul etrierului, fie ca în cazul prezentat de tijele 5. Etrierul are câte două pistoane de fiecare parte care, trimițând lichid sub presiune, apasă bacurile pe discul 7, determinând frânarea lui.

În cazul frânelor cu disc deschise având discul montat pe butucul roții de-a lungul circumferinței interioare există posibilitatea deformării acestuia sub acțiunea fluxurilor termice create de frânare.

În cazul montării discului pe circumferința exterioară, ca în figura 4.27 acest pericol este diminuat. Totodată, butucul roții având forma unui ventilator, crează un curent de aer puternic care favorizează răcirea rapidă a discului. Un avantaj al acestei construcții îl constituie mărirea razei medii.

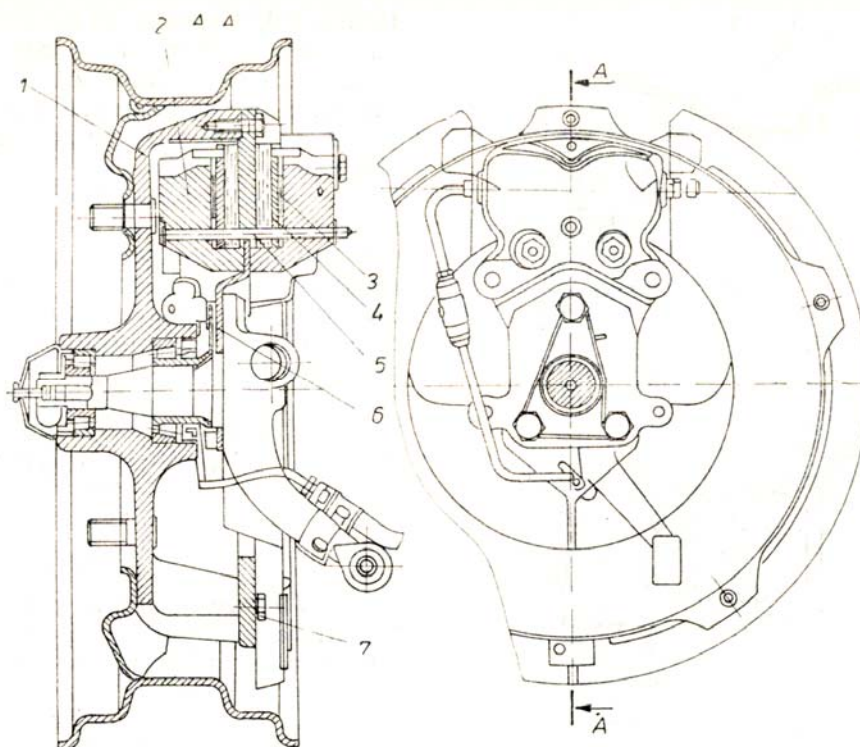


Fig. 4.27 – Frână cu disc deschisă cu discul montat pe circumferința exterioară a butucului roții.

La alte construcții de frâne, consecințele supraîncălzirilor sunt evitate prin configurația mai complexă a discului (palete radiale între două discuri) ca în figura 4.28.

Pentru evitarea murdăririi suprafeței de frecare a discului, este necesar ca garniturile de fricțiune să rămână în contact permanent cu discul, ceea ce se realizează prin utilizarea dispozitivelor de reglare automată, care asigură, însă, un joc mai mic între bac și pistonul de acționare decât la frânele cu saboți.

Deoarece frâna cu disc deschisă are dezavantajul expunerii la praf și murdărie, aceasta se montează uneori pe arborele planetar cât mai departe de roată.

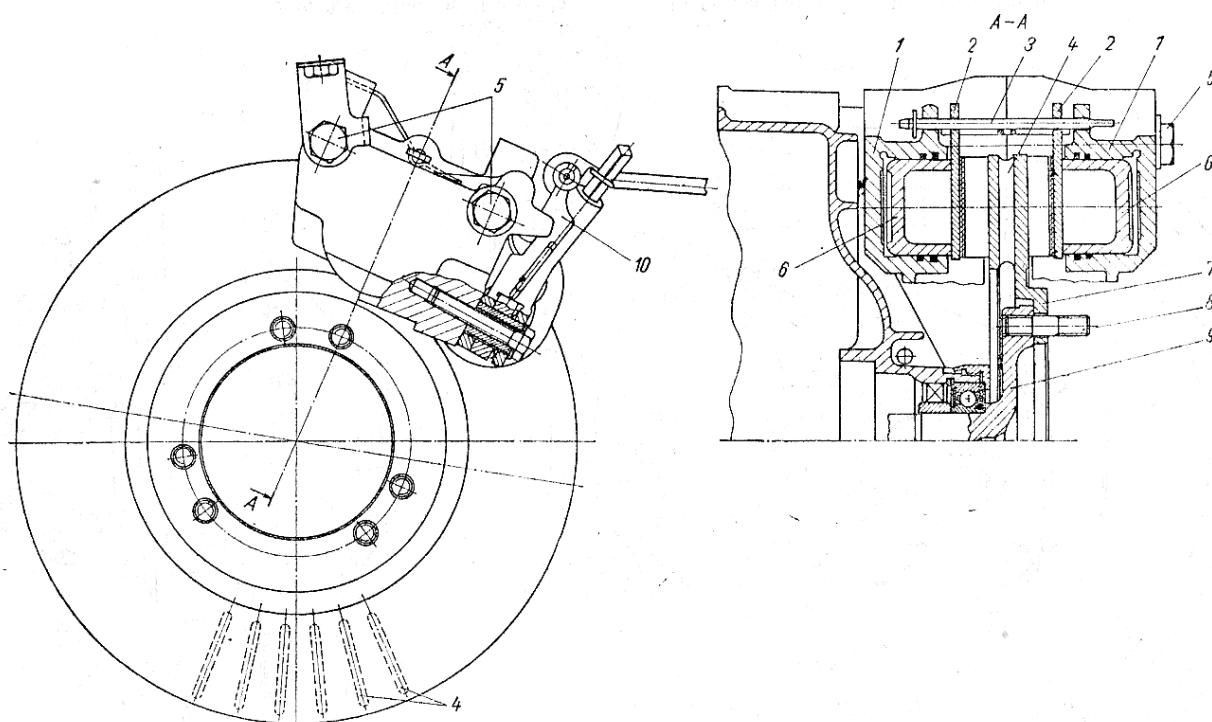


Fig. 4.28 – Frâna cu disc deschisă cu disc ventilat și pistoane de acționare pe ambele fețe ale discului.

Un dispozitiv de reglare automată a jocului la frâna cu disc este prezentată în figura 4.29 și este compus din discul 2 montat pe butucul roții 3 și din cadrul (suportul) 5 în care se găsesc pistoanele, prevăzute cu garniturile de fricțiune 1. Cadrul monobloc se montează flotant sau fix de talerul frânei.

În cazul de față, cadrul este fixat rigid și prevăzut cu doi cilindri de acționare.

Discul nu este protejat fiind expus prafului, noroiului, apei.

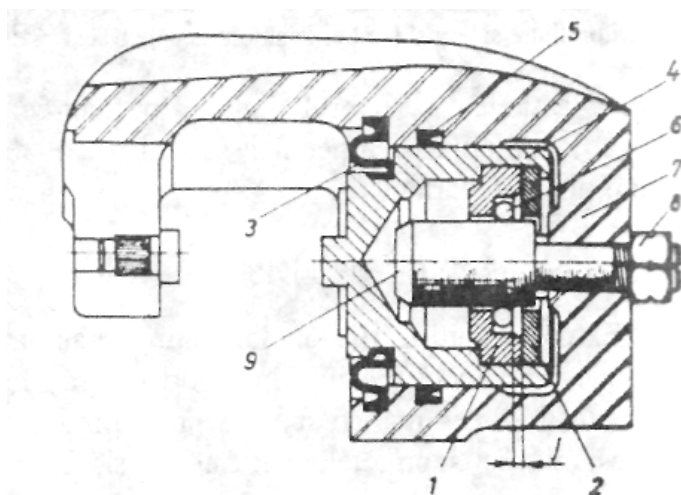


Fig. 4.29 – Frâna cu disc deschisă cu piston flotant și dispozitiv de reglare automată a jocului.

Această frână, datorită faptului că discul se dilată puțin în planul axial, permite ca jocul dintre disc și garniturile de fricțiune să fie menținut la valori mai mici decât la frânele cu tambur.

2) Frâna cu disc închisă

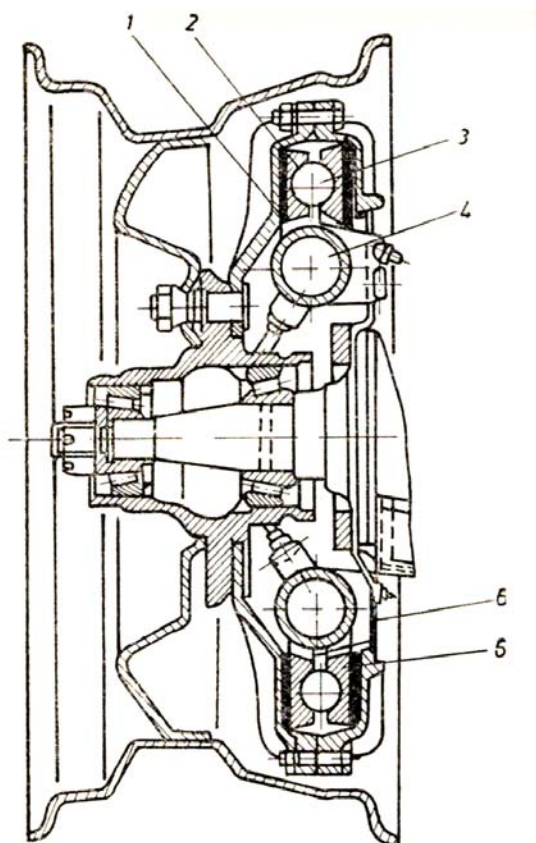


Fig. 4.30 – Frâna cu disc închisă, cu servoeffect.

Față de frâna cu disc deschisă, aceasta prezintă avantajul unei bune protejări împotriva pătrunderii apei și murdăriei, putând fi ușor ermetizată.

Frâna cu disc închisă are avantajele frânei cu saboți în ceea ce privește compactitatea construcției și posibilitatea obținerii unor rapoarte de transmitere interioare mai mari $C = 4,5$ față de $0,5 \dots 0,65$ la frâna cu disc deschisă.

Frâna de acest tip se montează în special la autocamioane și autobuze. Ele pot lucra cu sau fără amplificare (efect servo).

În figura 4.30 este reprezentată o frână cu disc închisă cu servoeffect. De butucul roții se fixează carcasa 1 în interiorul căreia se află discurile de fricțiune 2 și 5 (ghidate pe scutul frânei 6) precum și dispozitivul de acționare 4. Între discurile de fricțiune se așează bilele 3 în locașuri speciale.

Funcționarea frânei rezultă din figura 4.31.

Carcasa 1, care se rotește cu viteza unghiulară ω , este frânată prin trimiterea lichidului sub presiune în dispozitivul 4. Sub acțiunea dispozitivului de acționare, discurile se depărtează datorită bilelor 3 și a configurației locașurilor în care sunt așezate. Discurile sunt montate pe ghidajele lor cu joc tangențial, astfel încât, la crearea unui moment de fricțiune discul 2, respectiv 5, este antrenat de carcasa 1, până când discul 2 ajunge la reazem. Discul 5 este antrenat în continuare de carcasă, obținându-se o apăsare suplimentară a discurilor prin efectul de pană pe care îl produc bilele 3 în locașul lor și deci un moment de frecare mărit. Capacul filetat 7 are un dublu rol: de protecție împotriva prafului și de compensare a uzurii garniturilor de fricțiune.

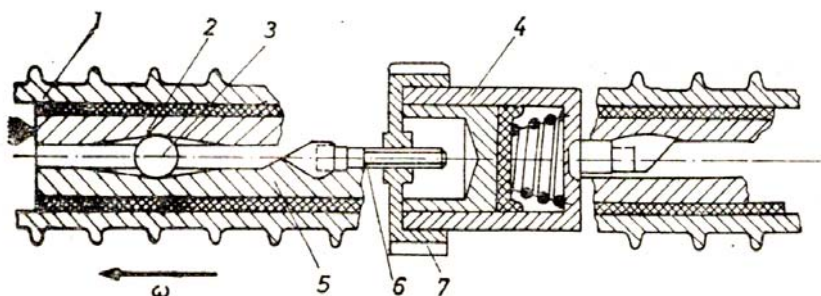


Fig. 4.31 – Funcționare frânei cu disc închisă.

În figura 4.32 este reprezentată o altă variantă constructivă de frână cu disc închisă cu următoarele elemente componente: 1 – disc, 2 – arbore, 3 – carcasă, 4 – carterul punții, 5 – șurub de fixare, 6 – disc de presiune, 7 – bile, 8 – arcuri, 9 – prelungirea discului de presiune, 10 – levier, 11 – furca de acționare, 12 – prelungirea carcasei, 13 – opritorul discurilor.

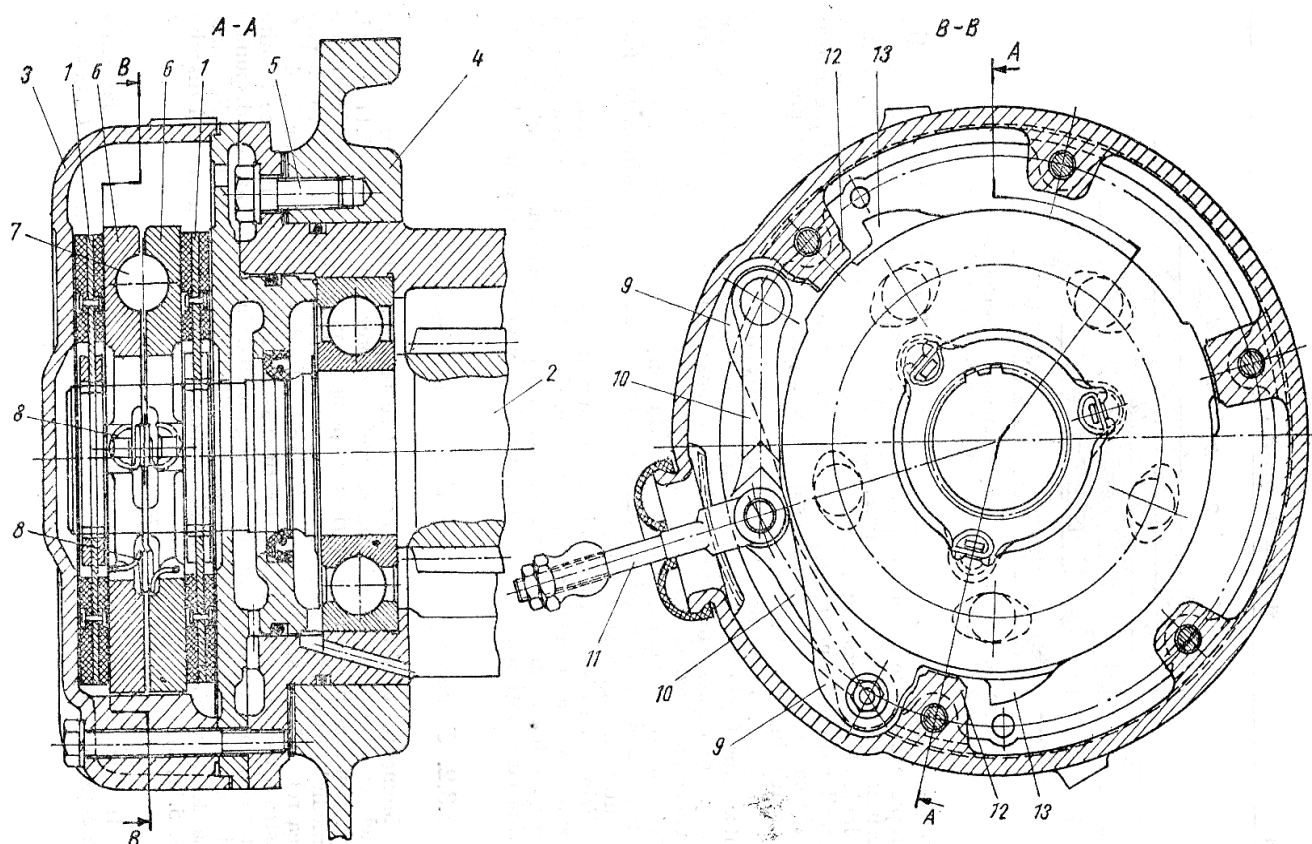


Fig. 4.32 – Frâna cu disc închisă.

Frânele cu disc închise, având suprafețele de fricțiune foarte mari, prezintă avantajul unei uzări foarte reduse, datorită lucrului mecanic specific de frecare foarte mic și astfel au durată mare de funcționare.

De asemenea, regimul termic este mai scăzut decât la o frână cu saboți, echivalentă din punct de vedere al performanțelor.

4.3. Sisteme de frânare suplimentare

La autovehiculele cu masă mare (autocamioane, autobuze, autotrenuri) este obligatorie utilizarea unui al treilea sistem de frânare: frâna suplimentară (dispozitiv de încetinire) care să permită scăderea gradului de solicitare a frânelor de serviciu.

După principiul de funcționare, ele pot fi: frână de motor, frână electrodinamică și frână hidrodinamică. Cea mai utilizată este frâna de motor deoarece aceasta este mai simplă din punct de vedere constructiv.

1) **Frâna de motor** este utilizată la autocamioane și autobuze.

Această frână produce obturarea galeriei de evacuare cu ajutorul unei clapete, concomitent cu blocarea admisiei combustibilului, ceea ce face ca motorul să funcționeze ca un compresor, producând frânarea automobilului prin intermediul transmisiei.

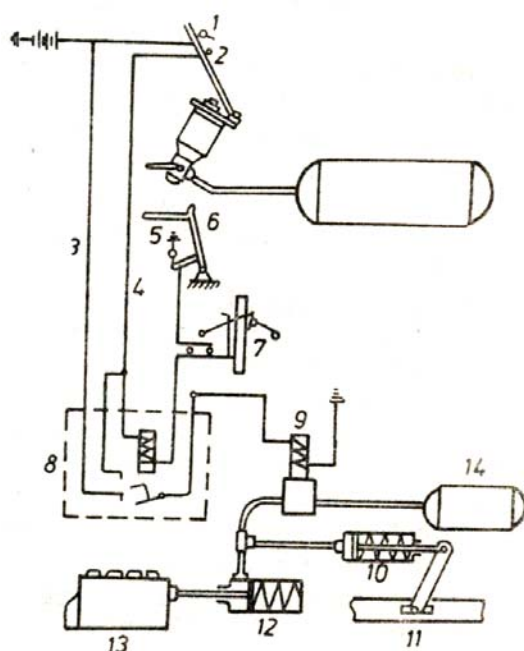


Fig. 4.33 – Schema sistemului de acționare al frânei de motor.

Schema frânei de motor este reprezentată în figura 4.33. Obturatorul 11 din galeria de evacuare este acționat de servomecanismul pneumatic 10. La acționarea pedalei de frână 1 cu o forță mică se închide contactul electric 2 care închide circuitul 4 al releului 8, iar acesta închide circuitul supapei electropneumatice 9. Ca urmare, aerul comprimat din rezervorul 14 acționează servomecanismul 12 care întrerupe alimentarea motorului cu combustibil prin retragerea cremalierii pompei de injecție 13, iar servomecanismul 10 închide obturatorul 11. La apăsarea pedalei de accelerație 6, se deschide circuitul releului 8, prin contactul normal închis 5 și frâna este scoasă din funcțiune. Același lucru se întâmplă din partea regulatorului centrifug al pompei de injecție când motorul ajunge la turația de mers în gol. Frâna de motor cu obturator în galeria de evacuare prezintă avantajul unei construcții simple, care poate fi montată și ulterior pe autovehicul. Cuplul de frânare care rezultă la acest regim al motorului ajunge la 75 ... 85% din cuplul maxim al motorului.

O altă cale de a folosi motorul Diesel în regim de frână constă în utilizarea unui set de came suplimentare, astfel încât la regimul de frânare să funcționeze numai supapa de evacuare, iar supapa de admisie să rămână închisă.

2) **Frâna hidrodinamică sau retarder**

Acest tip de frână are, față de celelalte sisteme de frânare, cea mai mare putere specifică de frânare. Frâna funcționează ca un hidroambreiag la care turbina este blocată.

Energia de frânare este transformată în energie calorică înmagazinată în ulei poate fi ușor evacuată prin trecerea uleiului prin schimbătoare de căldură.

La viteze foarte reduse, frânarea hidrodinamică nu este eficientă decât dacă se mărește diametrul rotorului sau se dublează numărul rotoarelor.

Tabelul 15.2

Unele caracteristici constructive ale dispozitivelor de frânare adecvate pentru diferite tipuri de automobile

Tipul automobilului	Masa totală kg	Diametrul jantei foli	Tipul și dimensiunile frinelor						Tipul transmisiei comenzii de frinare
			Față			Spate			
			Tipul	Diametrul mm	Lățimea garniturii mm	Tipul	Diametrul mm	Lățimea garniturii mm	
Autoturisme și variantele lor utilitare	850— 3 000	13—15	Cu tambur D, Se	250—330	40—60	Cu tambur Si; Se	250—330	40—60	Hidraulică, hidra- ulică cu servofrână
			Cu disc	250—330	—				
			Cu disc	250—330	—	Cu disc	250—330	—	
Autocamioane și autobuze de mică capacitate	<3 500	14—16	Cu tambur D; Se*)	300—350	50—70	Cu tambur Si; Se	300—350	50—70	Hidraulică, hidra- ulică cu servo- frână
Autocamioane și autobuze de me- die capacitate	3 500— 9 000	16—20	Cu tambur D; Se; Si	350—420	70—100	Cu tambur DD; Si	350—420	100—120	Hidraulică, cu ser- vofrână, pneumohi- draulică pneumatică
Autocamioane și autobuze de capa- citate mare	9 000— 16 000	20—35	Cu tambur Si	420—500	100—120	Cu tambur Si	420—500	120—160	Pneumatică
Autocamioane și autobuze de capa- citate f. mare	>16 000	25—35	Cu tambur Si	500—660	120—140	Cu tambur Si	500—660	140—200	Pneumatică

*) S-au utilizat simbolurile : D — duplex; DD — duoduplex; Se — servo; Si — simplex.