

KELIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ STABDYMO EFEKTYVUMO PATIKROS TOBULINIMAS. TEORIJA IR PRAKTIKA

E. Pakalnis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Kelių transporto priemonių (toliau - transporto priemonių) stabdymo efektyvumo vertinimo pagrindinės charakteristikos yra šios: stabdymo kelias (m), lėtėjimas (lėtėjimo pagreitis m/s^2) ir (arba) stabilumas stabdant. Pastaroji charakteristika dažniausiai naudojama, kai tikrinamas kombinuotų transporto priemonių, t. y. autotraukinių bei sujungtų transporto priemonių stabdymo efektyvumas.

Vienas iš pagrindinių stabdymo efektyvumo charakteristikų – transporto priemonės lėtėjimas j_{st} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$j_{st} = F_B / P, \quad (1)$$

P – transporto priemonės masė, kg; F_B – suminė stabdymo jėga, N.

Eksploatuojamų transporto priemonių lėtėjimas j_{st} įvertinamas ir normuojamas procentinės išraiškos stabdymo efektyvumu z , kuris apskaičiuojamas pagal šias formules [1]:

$$z = j_{st} / g \times 100\%, \quad (2)$$

$$z = F_B / P g \times 100\%, \quad (3)$$

g – kūno laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 .

Pirmoji formulė naudojama vertinant kelyje bandomų transporto priemonių stabdžių efektyvumą, o antroji – ant stacionaraus stabdžių stendo.

Akivaizdu, kad transporto priemonė turi vienodai efektyviai stabdyti nepriklausomai nuo to, kiek ji pakrauta, t. y. kintant P ((1) ir (3) formulės) lėtėjimo j_{st} ir stabdymo efektyvumo z reikšmės neturi būti mažesnės už minimaliai normuojamas [2]. Eksploatuojamų transporto priemonių stabdžių sistema bandoma, kai transporto priemonė nepakrauta, todėl gaunami rezultatai neatspindi realios stabdžių sistemos techninės būklės. Neaišku, ar pilnai pakrovus tokią transporto priemonę,

stabdžių sistemoje susidarys reikiamas slėgis, o kartu ir stabdymo jėga F_B , kuri garantuotų pakankamą (normuojamą minimalų) transporto priemonės lėtėjimą j_{st} .

Pagal šiuo metu Lietuvoje galiojančią tvarką valstybinės techninės apžiūros metu transporto priemonės tikrinamos tik nepakrautos, antra, stabdžių stendai nepritaikyti maksimaliai pakrautų transporto priemonių intensyviems matavimams.

Ši problema ypač aktuali krovininėms transporto priemonėms, autobusams bei jų priekaboms, nes jų maksimaliai leistinų (bendrujų) masių skaitinės reikšmės, palyginti su nuosavomis (nepakrautomis) masėmis, neretai skiriasi daugiau kaip du kartus. Pilnai pakrautų krovininių automobilių ir jų priekabų stabdžių sistemos tikrinimo problemą dar būtų galima spręsti (jas atitinkamai pakrovus), tuo tarpu autobusų, kuriuose sėdimų vietų gali būti 75 ir daugiau, ši problema tokiu būdu praktiškai tampa neišsprendžiama. Todėl būtina rasti kitus patikros metodus, kurie leistų įvertinti transporto priemonės efektyvumą esant maksimaliam pakrovimui, kai ji bandoma tuščia.

Tarptautinėje praktikoje ši problema sprendžiama naudojant įvairius imitacinius modelius ir metodus. Šio darbo tikslas yra apžvelgti bei įvertinti kitose šalyse taikomus transporto priemonių stabdžių sistemų patikros metodus ir juos sulyginus pasiūlyti Lietuvos sąlygomis tinkamiausią iš jų.

2. Naujų transporto priemonių stabdžių sistemos patikra

Projektuojant, gaminant bei bandant transporto priemones, ypač griežti reikalavimai keliami stabdžių sistemoms. Techniniai reikalavimai transporto priemonių naujoms stabdžių sistemoms bei jų bandymo sąlygos reglamentuotos JT EEK Taisyklėje Nr. 13 ir ES Tarybos Direktyvoje 71/320/EEB (įskaitant ir visus vėlesnius jų pakeitimus).

Pagrindinis stabdymo efektyvumo rodiklis – lėtėjimas j_{st} šiuose dokumentuose nustatomas grafiškai. Toks grafikas M_1 klasės transporto priemonėi parodytas 1 paveiksle.

Kaip matyti iš grafiko, esant tam tikram transporto priemonės lėtėjimo efektyvumui z i -tosios ašies stabdymo mechanizmo realizuojamas sukibimas su keliu f_i neturi išeiti iš normuojamų sukibimo kreivių ribų.

Nesvarbu, kaip pakrauta transporto priemonė, pirmosios ašies sukibimo su kelio danga kreivė f_1 turi būti virš galinės ašies kreivės f_2 . Tai reiškia, kad priekiniai transporto priemonės ratai pradeda slysti anksčiau nei galiniai. Reikalavimas galioja, kai z reikšmė yra tarp 0,15 ir 0,8. Tačiau ši sąlyga negalioja, kai z reikšmė yra tarp 0,3 ir 0,45. Šioje zonoje leidžiamas atvirkštinis reiškinys, t. y. galinė ašis gali slysti pirma priekinės ašies, tik su sąlyga, kad galinės ašies sukibimo kreivė neviršija 0,05 linijos $k = z$ (tai idealaus sukibimo linija).

Tam, kad būtų galima patikrinti, ar transporto priemonė atitinka šiuos reikalavimus, gamintojai pateikia realizuojamo sukibimo f_i kreives pirmajai ir galinei ašiai,

apskaičiuotas pagal tokias formules [3] ir [4]:

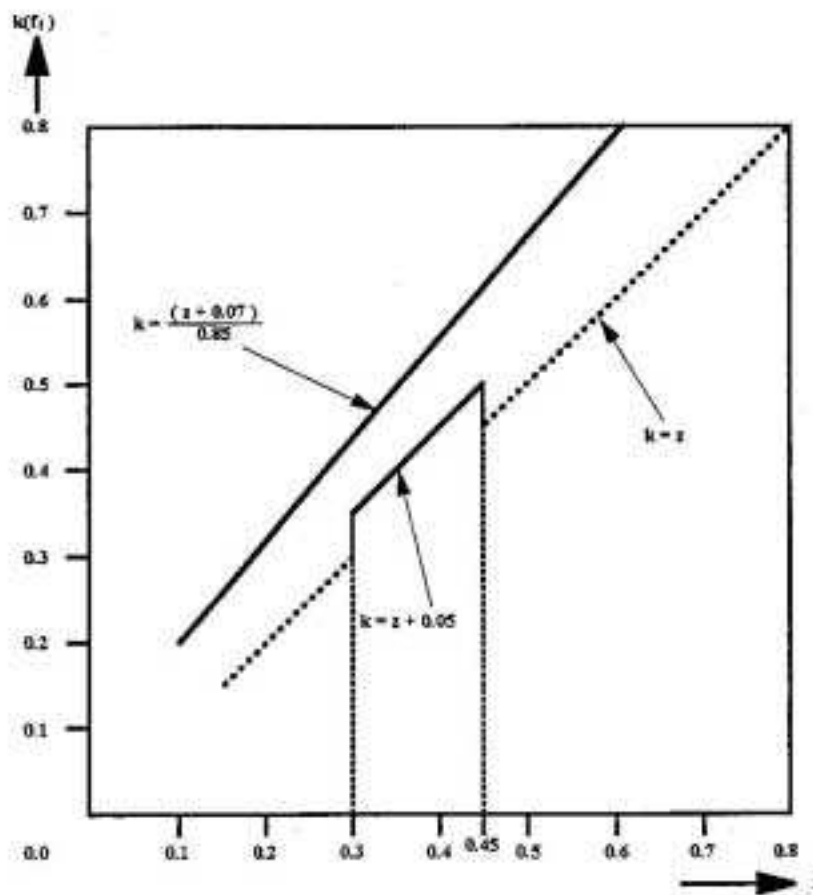
$$f_1 = \frac{T_1}{N_1} = \frac{T_1}{P_1 + z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}, \quad (4)$$

$$f_2 = \frac{T_2}{N_2} = \frac{T_2}{P_2 + z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}, \quad (5)$$

P_i – i -tosios ašies statinė vertikaloji apkrova, kg; h – transporto priemonės masės centro aukštis, m; E – ratų bazė, m; P – transporto priemonės masė, kg; g – kūno laisvojo kritimo pagreitis, m/s²; N_i – i -tosios ašies dinaminė vertikaloji apkrova, kg; T_i – i -tosios ašies ratų perduodama stabdymo jėga į kelio paviršių.

Kreivės privalomai turi būti brėžiamos tiek transporto priemonėi esant nepakrautai, tiek ir pilnai pakrautai.

Transporto priemonėms, pritaikytoms traukti priekabas, kurių bendroji masė viršija 3,5 t (O_3 ir O_4 klasės) ir kurios turi pneumatinę stabdžių sistemą, papildomai normuojamas ir vidinis stabdžių sistemos slėgis. Tai pavaizduota 2 paveiksle.



1 pav. M_1 kategorijos transporto priemonės stabdymo efektyvumo priklausomybė nuo stabdymo sukibimo koeficiento: z – transporto priemonės stabdymo efektyvumas ($z = j_{st}/g$); k – teorinis sukibimo tarp rato ir kelio paviršiaus koeficientas; f_i – i -tosios ašies realizuojamas (išgaunamas) sukibimas

Fig 1. Compatibility between coefficient of adhesion and braking rate of vehicle for vehicles of M_1 category

Šiame grafike normuojamas santykis tarp slėgio p_m stabdžių sistemoje ir stabdymo efektyvumo z , kuris čia išreiškiamas sumine stabdymo jėga T_m/T_r ir statine vertikaliąja apkrova P_m/P_r .

Kaip ir pirmuoju atveju, bandymo metu gautos kreivės turi patekti į normuojamus „koridorius“, kai transporto priemonė tuščia ir kai ji pilnai pakrauta.

Iš pateiktų pavyzdžių matyti, kad transporto priemonės ir jų stabdžių sistemos bandomos realiomis sąlygomis ir esant skirtingoms apkrovoms. Skirtumas tik toks, kad pirmuoju atveju transporto priemonės bandomos kelyje ir vertikaliąji apkrova yra dinaminė (N_i), o antruoju atveju jos bandomos ant stabdžių stendo, kai vertikaliąji apkrova yra statinė (P_i).

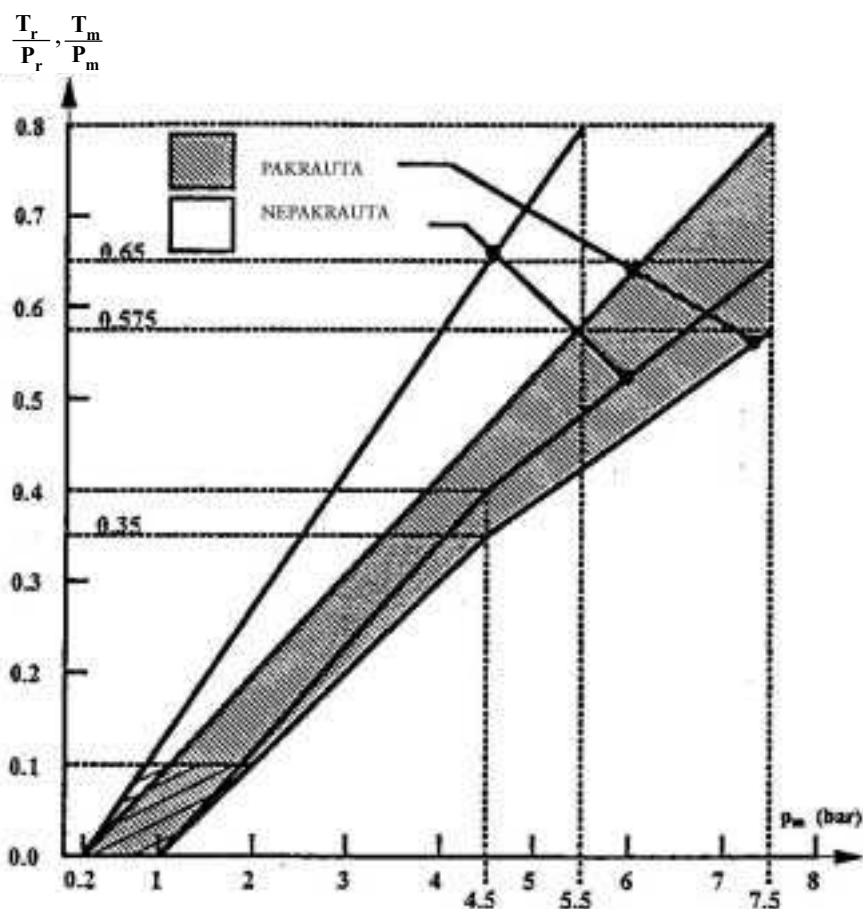
3. Eksploatuojamų transporto priemonių stabdžių sistemos patikra

Patvirtintų transporto priemonių tipų stabdžių siste-

mos efektyvumo parametras – lėtėjimas j_{st} , kaip įprasta (su labai retomis išimtimis), privalomosios periodinės techninės apžiūros metu vertinamas esant nepakrautai transporto priemonei. Todėl gaunami rezultatai visai neatspindi realios stabdžių sistemos techninės būklės. Neaišku, ar pilnai pakrovus tokią transporto priemonę, stabdžių sistemoje susidarys reikiamas slėgis, o kartu ir stabdymo jėga F_B , kuri garantuotų pakankamą (normuojamą minimalų [2]) transporto priemonės lėtėjimą j_{st} .

Sprendžiant šią problemą būtina rasti kitus patikros metodus, kurie leistų įvertinti transporto priemonių stabdymo efektyvumą esant maksimaliems apkrovimo lygiams, kai transporto priemonė bandoma tuščia.

Tarptautinėje praktikoje dažniausiai taikomi trys metodai: pirmasis – kai transporto priemonė, t.y. jos ašys iš dalies apkraunamos, antrasis – kai taikomas imitacinis stabdžių sistemos patikros modelis, ir trečiasis – vadinamasis ekstrapoliacijos metodas.



2 pav. Stabdžių sistemos vidinio slėgio priklausomybė nuo stabdymo jėgos: T_r – priekabos ratų suminė stabdymo jėga; P_r – priekabos ratų statinė suminė vertikaliąji apkrova; T_m – transporto priemonės (vilkiko) ratų suminė stabdymo jėga; P_m – transporto priemonės (vilkiko) ratų statinė suminė vertikaliąji apkrova

Fig 2. Compatibility between pressure inside brake system and braking force

Stabdžių sistemos efektyvumo patikros imitacinis modelis dažniausiai taikomas atliekant transporto priemonės ar jos stabdžių sistemos tipo patvirtinimo bandymus bei eksploatuojamų krovininių automobilių, autobusų ir jų priekabų stabdžių sistemos kasmetinės pagilintos techninės apžiūros metu.

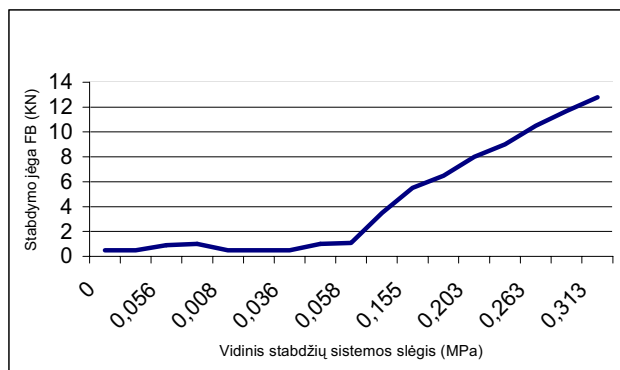
Trečiasis metodas – ekstrapoliacija paprastai taikomas tik jau patvirtintiems ir įteisintiems transporto priemonių tipams.

Pirmasis metodas nėra plačiai paplitęs, nes jam taikyti reikia daug laiko ir darbo, papildomos įrangos, be to, stabdžių patikros standas intensyviai dėvėsi. Tačiau reikia pripažinti, kad šis metodas labiausiai atitinka realias transporto priemonės apkrovimo sąlygas, nors dėl anksčiau minėtų priežasčių jis taikomas labai retai. Praktikoje transporto priemonės apkrovimas imituojamas dvejopai – diržais transporto priemonė traukiama žemyn, t. y. spaudžiama prie stabdžių stendo būgnų arba tiesiog užkraunamas tam tikras svoris. Tokiais būdais sudaromos apkrovos siekia apie 30 % maksimaliai leistinos apkrovos į ašis.

3.1. Imitacinis modeliavimas

Šis būdas pagrįstas stabdžių sistemos slėgio pokyčio matavimu esant tam tikrai stabdžių sistemos išvystomai jėgai F_B . Iš 3 pav. akivaizdžiai matyti, kad stabdymo jėga F_B tiesiogiai proporcinga stabdžių sistemos slėgio pokyčiui. Didėjant vidiniam stabdžių sistemos slėgiui didėja ir stabdymo jėgos F_B reikšmė.

Transporto priemonė nepriklausomai nuo to, kiek ji pakrauta, turi vienodai efektyviai stabdyti, t. y. stabdymo efektyvumo reikšmė z neturi smarkiai skirtis. Stabdymo efektyvumas z pagal formulę (3) tiesiogiai proporcingas suminei stabdymo jėgai ΣF_B , o tai reiškia, kad didėjant



3 pav. Stabdymo jėgos kitimas bandymo metu

Fig 3. Brake performance changes during brake test

transporto priemonės masei (vertikaliajai apkrovai N_i ar P_i), kai stabdžių sistema techniškai tvarkinga, didėja ir stabdymo jėga F_B .

Kintant vidiniam transporto priemonės stabdžių sistemos slėgiui netiesiogiai galima imituoti transporto priemonės apkrovimą. Realiai slėgis stabdžių sistemoje yra tik matuojamas, o ne imituojamas jo pokytis.

Tikrinant krovininių automobilių, autobusų ir jų priekabų stabdžių sistemų efektyvumą taikomi du imitacinio modelio metodai – vadinamieji vieno ir dviejų taškų.

Tiesei nubrėžti užtenka dviejų taškų. Vieno taško metodikoje standartizuojamas pradinis slėgis 0,4 bar (tam tikrais atvejais jis gali svyruoti nuo 0,3 bar iki 0,8 bar). Tai pirmasis tiesės taškas. Antrasis taškas gaunamas, kai stabdoma didžiausia galima stabdymo jėga, atitinkančia vidinį stabdžių sistemos slėgį, kai ratai nepasiekia pradinio ribinio slydimo.

Dviejų taškų metodikoje pradinis slėgis nestandartizuojamas. Pirmasis taškas atitinka mažiausią stabdžių sistemoje pasiekiamą slėgį ir atitinkamai išvystomą stabdymo jėgą. Antrasis taškas gaunamas taip pat kaip ir taikant vieno taško metodiką.

Vienu ar kitu būdu tarp dviejų taškų nubrėžta tiesė lyginama su normuojamu grafiku (2 pav.). Jei tiesė patenka į normuojamą „koridorių“, vadinasi, stabdžių sistema yra (ir bus) tvarkinga pilnai pakrovus transporto priemonę.

Imitacinis modelis leidžia įvertinti ne tik visos stabdžių sistemos darbingumą ir sandarumą, bet ir slėgio regulatoriaus funkcionalumą.

3.1. Ekstrapoliacijos metodas

Šis metodas pagrįstas stabdymo jėgos F_B perskaičiavimu į vadinamąją F_{ref} reikšmę. Skaičiavimas remiasi gamyklos pateikiamais duomenimis apie stabdžių sistemoje susidarantį slėgį p_{ref} , kuris nusako konkretios transporto priemonės stabdžių sistemos maksimalų gamyklos gamintojos garantuojamą slėgį. Tai yra tas slėgis, kuriam esant stabdymo jėga F_B yra ekstrapoliuojama į stabdymo jėgą F_{ref} .

Išmatuota stabdymo jėga F_B yra perskaičiuojama (ekstrapoliuojama) į vadinamąją išskaičiuotą reikšmę (reference values) F_{ref} kuri įvertina transporto priemonės stabdžių sistemoje sukuriama maksimalų slėgį, t. y. tokį, koks susidaro, kai transporto priemonė būna pilnai pakrauta. Šis metodas grindžiamas kompiuterinėmis programomis.

Toliau pateikiamos F_{ref} jėgos apskaičiavimo formulės, kurias naudoja Vokietijos bei Švedijos ekspertai, vertindami eksploatuojamų transporto priemonių stabdymo efektyvumą [5]:

$$F_{ref} = \frac{F_B \times (p_{ref} - p_{0t})}{(p_m - p_{0t})}, \quad (6)$$

$$F_{ref} = \frac{(F_B - F_r) \times p_{ref}}{(p_m - p_0)}, \quad (7)$$

$$F_{ref} = \frac{F_B \times p_{ref}}{p_m}, \quad (8)$$

p_{ref} – gamyklos nurodytas (maksimalus) slėgis, Mpa; p_{0t} – teorinis pradinis slėgis, Mpa; p_m – kontrolinis linijinis slėgis, Mpa; p_0 – išmatuotas pradinis slėgis, Mpa; F_r – išmatuotas būgnų (stendo) pasipriešinimas, kN.

Stabdymo jėga F_B , gauta esant minimaliems slėgiams ir perskaičiuota į jėgą F_{ref} , turi garantuoti reglamentuotą minimalų stabdymo efektyvumą net ir pilnai pakrovus šią transporto priemonę.

4. Imitacinių modelių ir metodų palyginimas

Ekstrapoliacinio metodo privalumai, palyginti su imitaciniu modeliavimu, yra šie: nereikia matuoti slėgio stabdžių sistemoje; nereikia papildomos įrangos, fiksuojančios stabdžių sistemos slėgį; šis metodas yra daug tikslesnis, spartesnis ir paprastesnis.

Imitacinis modelis praktiškai įvertina tik slėgio regulatoriaus darbingumą. Šiuo būdu gaunami slėgio pokyčio rezultatai yra pagrindas teorinei prielaidai, kad slėgiui pasiekus maksimalią reikšmę stabdžių sistemoje bus sukuriama pakankama stabdymo jėga, užtikrinanti reglamentuojamą minimalų stabdymo efektyvumą [2].

Tuo tarpu ekstrapoliacijos metodas pagal praktinius rezultatus įvertina transporto priemonės stabdymo sistemos sukuriamą stabdymo jėgą F_B , kai slėgis sistemoje yra maksimalus (tai prilyginama maksimaliam techniškai leistinam transporto priemonės apkrovimui). Vienintelis šio metodo trūkumas tas, kad jei norime plačiau taikyti šį metodą, būtina sukaupti pakankamai daug informacijos apie įvairių gamintojų gaminamų transporto priemonių stabdžių sistemose pasiekiamą maksimalų slėgį.

Tai metodas, turintis ateitį, ne veltui šiuo metu daug diskutuojama apie jo taikymą tarptautiniu mastu.

5. Išvados ir siūlymai

– Šiuo metu tikrinamų eksploatuojamų transporto priemonių stabdžių sistemų patikra neatspindi realios jų techninės būklės.

– Krovininių automobilių (N_2 ir N_3 klasės transporto priemonės) bei autobusų stabdžių sistemos efektyvumo ir darbingumo patikra turi būti nuodugnesnė.

– Krovininiams automobiliams, autobusams bei jų priekaboms būtina taikyti papildomą pagilintą (su daliniu ardymu ir surinkimu) privalomą stabdžių sistemos patikrą, padedant pavojingus krovinius vežančiomis transporto priemonėmis, autobusais ir kt.

– Atliekant papildomos pagilintos stabdžių sistemos patikrą reikėtų naudoti imitacinę stabdžių sistemos patikros modelį. Tai gali atlikti autorizuoti (turintys įgaliojimus) servais.

– Papildoma stabdžių sistemos patikra turėtų būti privaloma. Neatlikus šios patikros neturėtų būti leidžiama atlikti bendrąją transporto priemonės techninę apžiūrą.

– Iš transporto priemonių gamintojų gavus pakankamai informacijos ir techninių apžiūrų centrams techniškai pasirengus, atliekant bendrąją (kasmetinę) transporto priemonės techninę apžiūrą, stabdžių sistemos patikrai taikyti ekstrapoliacijos metodą.

Įdiegus minimas priemones būtų sudaryta pakankamai nuosekli stabdžių sistemos patikros metodika, kai pagilintos stabdžių sistemos apžiūros metu realiai tikrinamas stabdžių sistemos regulatoriaus veikimas, sistemos sandarumas ir kitkas, o kasmetinės apžiūros metu įvertinamas visos stabdžių sistemos pasiekiamas bendras transporto priemonės efektyvumas.

Literatūra

1. Kelių transporto priemonių valstybinių techninių apžiūrų taisyklės ir kiti norminiai dokumentai. Vilnius: UAB „Ergos spaustuvė“, 2000. 110 p.
2. Council Directive 96/96/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers trailers. Brussel, 1997.
3. Regulation No. 13. Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking. Geneva, 1995.
4. Council Directive 71/320/EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to the braking devices of certain categories of motor vehicles and their trailers. Brussel, 1998.
5. Brake testing of heavy vehicles and cars. CITA 1996.

Įteikta 2000 11 16

IMPROVEMENT OF THE BRAKING EFFICIENCY METHOD FOR ROAD VEHICLE. THEORY AND PRACTICE

E. Pakalnis

S u m m a r y

Road vehicle is the object of increased danger. Therefore the reliability and efficiency of brake systems are very important factors from the point of view of traffic safety.

During vehicle projection and manufacturing process very strict requirements are applied to brake systems. Vehicles are tested at various load levels and test regimes. But in running time vehicles are tested in empty order, so results of these tests do not show the actual technical state of brake systems. It is not clear, if a vehicle is fully loaded, where in the brake systems the proper pressure level and also braking force F_B will be achieved, which would guarantee sufficient (fixed minimal [3]) deceleration of a vehicle. This problem should be solved using other methods which could enable to evaluate vehicle braking effi-

ciency at maximum load levels when the tested vehicle is empty.

In practice 3 methods are used and one of them is an extrapolation method. In this article the formulas of different extrapolation methods (6), (7), (8) are presented and compared with the advantages and disadvantages of various imitation methods. At the end of the article recommendations and proposals are presented about brake system examination methods suitable for Lithuanian conditions.

EIRIMAS PAKALNIS

Master of Science, doctoral student, Automobile Department, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU, formerly VTU), J. Basanavičiaus g. 28, LT-2009 Vilnius, Lithuania. E-mail: eirimas@vkti.lt

Master of Science (Transport Engineering), VGTU, 1995. First degree in Mechanical Engineering, VGTU, 1993.

Research interests: traffic safety, checking methods of cars state, brake testing methods, type approval.