



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

TRANSPORTO PRIEMONIŲ LEIDŽIAMŲ MASIŲ DIDINIMO EKONOMINĖ NAUDA

Andrius Garuckas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: garuckas.andrius@gmail.com

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama, kokio masto ekonominę naudą galėtų teikti transporto priemonių leidžiamų masių didinimas Europos Sąjungoje. Apžvelgiama literatūra nagrinėjanti leidžiamus transporto priemonių svorius Lietuvoje ir užsienyje bei statistikos duomenis atspindinčius tikslią ekonominės naudos priklausomybę nuo transporto priemonės leidžiamos masės. Straipsnyje pateikiama suformuluoto matematinio modelio analizė, leidžianti palyginti krovinio vežimo sąnaudų priklausomybę nuo vežančiojo transporto svorio.

Reikšminiai žodžiai: transporto priemonės leidžiama masė, ekonominė nauda, krovinio vežimo sąnaudos (technologinės sąnaudos).

Įvadas

Tobulėjanti visuomenė skatina ieškoti kardinalių sprendimų siekiant geresnio, optimaliausio ateities tikslo. Transporto sektorius neišvengia tokių sprendimų ieškojimų ir bando sukurti tokią ateitį, kuri turėtų kuo mažiau trūkumų ir silpnybių. Keliavimas, pastovus judėjimas, gabenimas, pervežimas – neatsiejamas nuo transporto srities, tačiau kartais yra pastebima, kad transporto galimybių nėra maksimaliai išnaudojamos bei nepasiekiamas didžiausia ekonominė nauda. Deja, net ir patyrę transporto srities specialistai dažnai nesiryžta teigti ar optimizavus transportą būtų pasiekta apčiuopiama ekonominė nauda. Net ir siekiant iš transporto maksimalios naudos nereikėtų pamiršti galimos neigiamos įtakos aplinkai

Remiantis Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 96/53/EB – I priedo 2 punktu yra nustatytos leistinos maksimalios transporto priemonių masės (tonomis), kurios privalo būti taikomos Europos Bendrijoje nacionaliniam ir tarptautiniam vežimui. Leistinos transporto priemonių masės yra nurodytos atsižvelgiant į kiekvieną šalį imtinai, kadangi pagal šios direktyvos 7 straipsnį: „Ši direktyva neturi trukdyti kelių eismo nuostatų taikymui kiekvienoje valstybėje narėje, leidžiančioje tam tikruose keliuose ar tam tikruose inžineriniuose statiniuose apribo-

ti transporto priemonių masę ir (arba) matmenis, neatsižvelgiant į tai, kurioje valstybėje narėje šios transporto priemonės registruotos ar kurioje valstybėje narėje jos yra naudojamos. Tai apima ir galimybę taikyti vietinius apribojimus dėl transporto priemonėms taikomų maksimalių leidžiamų matmenų ir (arba) masės, kurie gali būti taikomi tiksliai apibrėžtose srityse arba tiksliai apibrėžtuose keliuose, kurių infrastruktūra nepritaikyta ilgoms ir sunkioms transporto priemonėms, t. y. miestų centrai, maži kaimeliai arba gamtinių požymių ypatingos vietos.“ Vadovaujantis minėtu Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 96/53/EB – I priedo 2 punktu bei Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2002 vasario 18 d. įsakymu Nr. 3–66 „Dėl maksimalių leidžiamų transporto priemonių matmenų, leidžiamų ašies (ašių) apkrovų, leidžiamos bendrosios masės patvirtinimo“ (Žin., 2002, Nr. 23–870, Nr. 70–2948; 2003, Nr. 33–1396; 2005, Nr. 117–4240; 2007, Nr. 76–3027) Lietuvoje automobiliai turi neviršyti patvirtintų maksimalių leidžiamų transporto priemonių matmenų, ašių apkrovų, bendrosios masės. Tad, natūralu, jog straipsnyje nagrinėjama Lietuvos kelių transporto priemonių leidžiamų masių didinimo ekonominė nauda.

Problemos aktualumas susijęs su transporto priemonių leidžiamų masių didinimu.

Krovinių gabenimo verslo atstovai jau seniai reikalauja didinti leistiną bendrąjį sunkvežimių svorį iki 60 tonų ir jų ilgį iki 25 metrų, atitinkamai padidinant ir ašių skaičių.

Vokietijos didmeninės ir užsienio prekybos federalinio susivienijimo (BGA) logistikos ekspertas Gerhardas Riemannas, vadovaujantis firmai „Imperial Logistics International“, priešastimi savo reikalavimams pagrįsti nurodo labai svarius argumentus su konkrečiais krovinių kiekius iliustruojančiais skaičiais. Pasak jo „jeigu geležinkeliai ir laivininkystė vidaus vandenimis dabartinį savo krovinių gabenimą nuo 300 ir 250 milijonų tonų padidins atitinkamai iki 600 ir 500 milijonų tonų, iki 2015 metų automobilių transportu papildomai vis tiek reikės gabenti 2 milijardus tonų krovinių. Tokiems krovinių srautams automagistralėse nepakaks vietos, nes maži ir lengvi sunkvežimiai sudarys kamščius ir sukels eismo chaosą“. Tačiau anot Vokietijos kelių eismo planavimo specialisto inžinieriaus Helmutho Ammerlo, „padidinus bendrąjį sunkvežimių svorį iki 60 t, neišvengiamai reikėtų didinti ir ašių skaičių arba ašių apkrovą. Didėjančios ašių apkrovos didina ir žalingą poveikį kelių bei tiltų dangos paviršiui. Pavyzdžiui, 10 t ašies apkrova 2,44 karto daugiau gadina kelią nei 8 t apkrova. Vadinasi, būtina didinti ašių skaičių, kad jų apkrova atitiktų leistiną normą. Tačiau susiduriama su kita problema – ašių sujungimų didinimu, kuris taip pat trumpina kelio dangos eksploatavimo laikotarpį. Jei 60 t sunkvežimiams būtų leista važinėti automagistralėmis ir federaliniais keliais, jiems pirmiausia reikėtų nustatyti sugriežtintus kokybės standartus, o tam reikalingos didesnės kelių priežiūros ir jų atnaujinimo ar plėtros išlaidos. Automagistralių įrengimai ir jų matmenys Vokietijoje pritaikyti kroviniams automobiliams, kurių ilgis kartu su priekaba sudaro 18,35 m. Kadangi 25,25 m ilgio sunkvežimio posūkio spindulys gerokai didesnis, automagistralių važiuojamąją dalį nuo 7,2 m tektų išplėsti iki 9,5 m. Tokia visų Vokietijos automagistralių rekonstrukcija kol kas neįmanoma finansiškai. Be to, didesnių matmenų sunkvežimiams reikalingos ir didesnės statymo, jų pakrovimo-iškrovimo aikštelės. Žinoma, įrengus specialią privažiavimo kelių ir krovinių terminalų infrastruktūrą, prekes galima būtų perkrauti į mažesnes transporto priemones. Tačiau, tam vėl reikia didžiulių investicijų, kurios nežinia kada galėtų atsipirkti“.

Atsižvelgiant į sparčiai didėjančių krovinių gabenimo kiekį ir automobilių srautus, 60 t leistino bendrojo svorio

sunkvežimiai – vienintelis teisingas sprendimas, priimtinas į daugelį kylančių klausimų. Krovinių vežėjai ir ekspeditoriai, vadovaudamiesi ekspertų pateiktais argumentais ir Švedijos bei Suomijos verslininkų sukaupta patirtimi, savo reikalavimų įgyvendinimo priešininkams primena, kad kur kas didesnę krovinių transportavimo krūvį galima būtų perduoti geležinkeliams. Tačiau pertvarkyti ir rekonstruoti geležinkelius visoje Europoje – didesnė problema, nei pritaikyti automobilių kelius sunkesnėms ir ilgesnėms transporto priemonėms. Be to, 40 t sunkvežimius pakeitus 60 t sunkvežimiais, vieno europadėklo transportavimo kaina sumažėja daugiau nei 15 proc., vienos tonos krovinio gabenimo išlaidos – iki 20 proc., o du vairuotojai gali atlikti trijų kolegų, važinėjančių 40 t sunkvežimiais, darbą Lastauto und Omnibus (2010). Suprantama, kad vežėjų reikalavimų įgyvendinimas pirmiausia priklauso ne tik nuo šių įtikinančių argumentų, krovinių srautų ir atitinkamos kelių infrastruktūros, bet ir nuo politikų lanksčių sprendimų kiekvienoje konkrečioje šalyje siekiant sudaryti kuo palankesnes sąlygas vežėjų verslui.

Ekspertinis tyrimas

Siekiant suvokti, kokį teigiamą ar neigiamą aspektą sukuria transporto priemonių leidžiamos masės padidinimas, matematinio modelio pagalba yra išanalizuoti rezultatai, tiek su standartiniais vilkikais, tiek su padidintos masės transporto priemonėmis. Pasirinktas maršrutas – magistralinis kelias A1 (Vilnius – Kaunas – Klaipėda). Magistralės ilgis 311,40 km. Darome prielaidą, jog oro sąlygos neturės didelės įtakos tolimesniems skaičiavimams bei kelio dangą laikysime optimaliai lygią. Modelyje įvertintų dydžių reikšmės:

Užsiduotas maršruto greitis: $v_k = 90$ km/h; užsiduotas maršruto ilgis: 311 km; vežamų krovinių masės: $m_1 = 20$ t, $m_2 = 25$ t, $m_3 = 30$ t, $m_4 = 35$ t, $m_5 = 40$ t.

Nenumatytas transporto priemonių prastovas kelyje kol kas nevertinamos, t.y. $\tau_k = 0$. Pasak O. Lingaitienės (2006), vežimo procesą galima apibūdinti keletu rodiklių: vežimo greičiu, saugumu ir kaina. Kiekvienas šių rodiklių įvertina vežimo kokybę atitinkamu aspektu.

Technologinių vežimo sąnaudų analizė

Technologinės vežimo sąnaudos įvertinamos nustatant vežimo kelių transportu tarifą EUR/tkm ir apskaičiuojamos pagal formulę pateiktą moksliniame leidinyje O. Lingaitienė (2006):

$$C_k = k_k \cdot m_k \cdot l_k, \quad (1)$$

čia: l_k – atstumas, vežant kelių transportu, km; m_k – krovinio masė vežama kelių transportu, t; k_k – vieno tkm vežimo sąnaudos kelių transportu, EUR/tkm.

Vieno tkm vežimo sąnaudos kelių transportu priklauso nuo transporto priemonės greičio:

$$k_k = k_{kv} \cdot k_{v1}, \quad (2)$$

čia: k_{kv} – vidutinės vežimo sąnaudos kelių transportu, EUR/tkm; k_{v1} – koeficientas įvertinantis transporto priemonės greitį.

Koeficientas įvertinantis transporto priemonės greitį apskaičiuojamas pagal formulę (3):

$$k_{v1} = a_a + b_a \cdot v_k + c_a \cdot v_k^2, \quad (3)$$

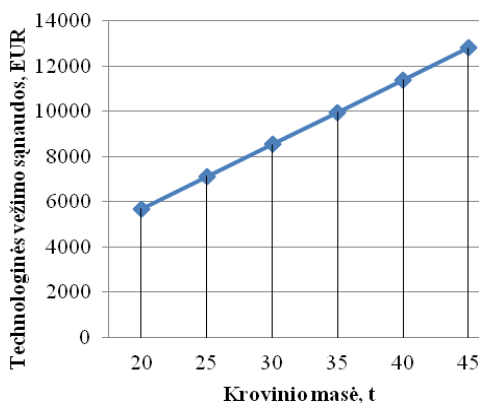
čia: a_a, b_a ir c_a – lygties koeficientai, įvertinantys automobilio riedėjimo varžą (Pečeliūnas, Sokolovskij 2012).

Iš to seka, jog suminės vežimo sąnaudos bus lygios:

$$Z = 2,254 \cdot (0,216 + 0,000952 \cdot v_k + 0,0238 \cdot 10^{-3} v_k^2) \cdot m_k l_k + \left(\frac{l_k}{\Delta v_k} \right) \cdot \tau_k + \sum D, \quad (4)$$

čia: v_k – maršrutinis greitis, vežant kelių transporto rūšimi, km/h; τ_k – lyginamosios sąnaudos pagal laiką, vežant kelių transporto rūšimi, EUR/h; Δv_k – planuoto v_{pl} ir faktinio v_f greičio skirtumai $v_p - v_f = \Delta v_k$, km/h. Jie įvertina neplanuotas transporto priemonių prastovos kelyje tarp terminalų (muitinės, kelių remontas, avarijos ir pan.).

Atlikus technologinių vežimo sąnaudų skaičiavimus galima pavaizduoti technologinių išlaidų priklausomybę nuo kintančio krovinio masės (1 pav.).



1 pav. Technologinių vežimo sąnaudų priklausomybė nuo didėjančios krovinio masės pagal pasirinktą maršrutą atliekant vieną ciklinį važiavimą

Remiantis pateiktu grafiku, galime daryti išvadas, jog atliekant vieno ciklo pervežimą, vienos tonos krov-

nio pervežimo kaina, mūsų pasirinktu maršrutu yra lygi 285 EUR. Akivaizdu, kad atliekant vieno ciklo pervežimą, krovinio pervežimo kaina išlieka pastovi, nepriklausomai nuo didėjančios krovinio masės. Remiantis tolimesniais skaičiavimais bei pavyzdžiu nr. 1 paaiškėja, jog pervežant didesnės masės krovinius sąnaudos mažėja, atsižvelgiant į mažėjantį pervežimų skaičių.

Panagrinėkime pavyzdį nr. 1:

Turime krovinį, kurio masė yra 120 tonų. Reikia pervežti jį maršrutu Vilnius – Kaunas – Klaipėda, kurio ilgis 311 km. Šiam tikslui galime rinktis iš dviejų pervežimo variantų:

a) pervežti krovinį penkiais standartiniais 40 tonų vilkikais (šiuo atveju paskutiniu gabenimu nebūtų pilnai pakrauta transporto priemonė);

b) pervežti krovinį trimis padidintos masės transporto priemonėmis, t. y. po 60 t;

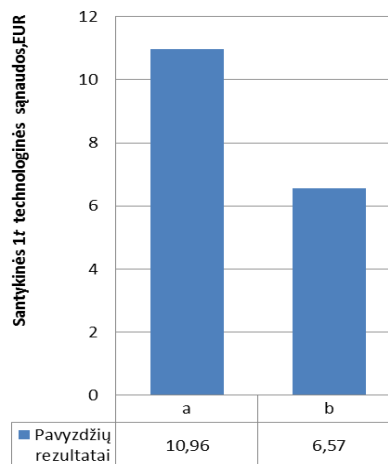
Skaičiuojant sąnaudas atveju: a) 120 tonų kroviniiui pervežti yra reikalingi penki vilkikai su bendra mase 40 tonų (darome prielaidą, jog nepakrauto vilkiko ir puspriekabės bendras svoris 14 tonų). Tokiu atveju, remiantis anksčiau paskaičiuotomis sąnaudomis pagal vieno ciklo pervežimą, technologinės vežimo sąnaudos bus lygios:

$$285 \text{ EUR} \cdot 5 = 1425 \text{ EUR}, \quad (5)$$

Skaičiuojant sąnaudas atveju: b) 120 tonų kroviniiui pervežti yra reikalingi trys vilkikai su bendra mase 60 tonų (darome prielaidą, jog nepakrauto autotraukinio bendras svoris 20 tonų). Technologinės vežimo sąnaudos bus lygios:

$$285 \text{ EUR} \cdot 3 = 855 \text{ EUR} \quad (6)$$

Vienos tonos santykinų technologinių sąnaudų rezultatai pateikti (2 pav.)



2 pav. Santykinės vienos tonos technologinės sąnaudos pagal pateiktus pavyzdžius a ir b

Galima daryti išvadas, jog pagal pateiktus skaičiavimus technologinės vežimo sąnaudos atveju b sumažėjo 1,6 karto. Akivaizdu, jog vežimas padidintos masės transporto priemonėmis yra ekonomiškai naudingesnis – yra reikalingas mažesnis vežimų skaičius, todėl mažėja vežimo kaštai.

Degalų sąnaudų priklausomybė nuo leistinos transporto priemonės masės

Efektyvus degalų naudojimas – viena svarbiausių šiuolaikinių transporto problemų. Tai ne tik ekonominė, bet ir aplinkosaugos problema. Degalai dažniausiai per-eikvojami dėl blogos transporto priemonių techninės būklės, sunkių eksploataavimo sąlygų, žemos vairuotojų kvalifikacijos, taip pat dėl to, kad ne iki galo panaudojamos organizacinės ir technologinės priemonės (Mickūnaitis, Pikūnas 2005). Degalų panaudojimo efektyvumas priklauso nuo normavimo kokybės lygio. Nuo techniškai pagrįstų degalų normų priklauso transporto sistemos efektyvumo lygis. Kadangi nagrinėjamos transporto priemonėse yra sumontuoti dyzeliniai vidaus degimo varikliai, nuo kurių efektyvumo daugiausiai ir priklauso degalų sąnaudos, pasinaudosime plaučiausiai taikoma degalų sąnaudų nustatymo metodika vilkikams (Mickūnaitis, Pikūnas 2005).

Vilkikų normatyvinės degalų sąnaudos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$Q_n = 0,01 \cdot (N_{ka} \cdot S + N_d \cdot W) \cdot (1 + 0,01 \cdot K), \quad (7)$$

čia: Q_n – normatyvinės degalų sąnaudos l arba m^3 ; N_{ka} – autotraukinio arba vilkiko su puspriekabe linijinė degalų sąnaudų norma (l/100 km arba $m^3/100 km$):

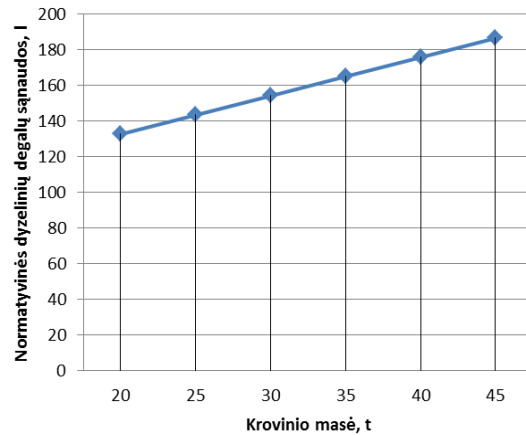
$$N_{ka} = N_k + N_g G_p, \quad (8)$$

čia: N_k – sunkvežimio kontrolinė degalų sąnaudų norma, l/100 km arba $m^3/100 tkm$; N_g – degalų sąnaudų norma papildomai priekabos ar puspriekabės masei, l/100 tkm arba $m^3/100 tkm$; G_p – tuščios priekabos ar puspriekabės masė tonomis; N^p – linijinė degalų sąnaudų norma, taikoma transporto darbams, l/100 tkm arba $m^3/100 tkm$; W – transporto darbų apimtis, tkm (čia $W = G_k + S_k$, kai G_k – krovinio masė, t, S_k – rida esant kroviniumi, km); K – pataisos koeficientas (priedų ir mažinimų suma, %).

Sunkvežiminių ir autotraukinių bei vilkikų, kurių atliktas darbas įvertinamas tkm, papildomos degalų normos (N_d) 100 tkm ir priekabos ar puspriekabės kiekvienai masės tonai (N_g) nustatomos tokios: benzino – 2 l, dyzelinių degalų – 1,3 l, suskystintųjų dujų – 2,5 l, suslėgtųjų

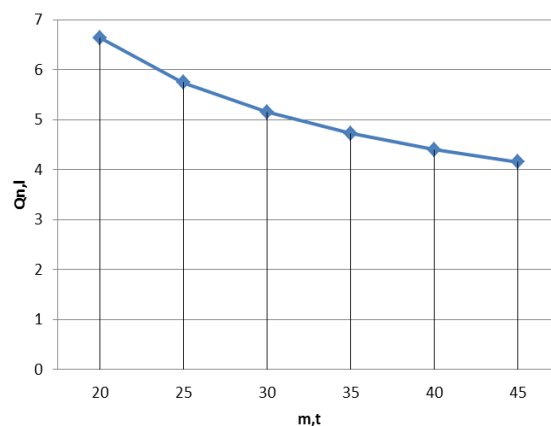
gamtinių dujų – 2 m^3 , naudojant dujų – dyzelinį degalą – 1,2 m^3 .

Remiantis normatyvinių dyzelinių degalų sąnaudų skaičiavimo rezultatais (3 pav.), pagal pasirinktą maršrutą, normatyvinis dyzelinių degalų sąnaudų didėjimas yra proporcingas vežamo krovinio masės didėjimui. Atsižvelgiant į šią informaciją, verta dar kartą panagrinėti pavyzdį Nr. 1, atkreipiant dėmesį tik į degalų suvartojimo rodiklius.



3 pav. Normatyvinių dyzelinių degalų sąnaudų priklausomybė nuo krovinio masės pasirinktu maršrutu Vilnius–Kaunas–Klaipėda

Pagal pateiktus skaičiavimus santykinės normatyvinės dyzelinių degalų sąnaudos vienai pervežamai krovinio tonai proporcingai mažėja didėjant krovinio masei bei mažėjant vežimų ciklui. Tai pateikta paveiksle 4.



4 pav. Santykinė normatyvinių dyzelinių degalų sąnaudų priklausomybė nuo kintančios krovinio masės.

Anot Guillaume Leduc (2009: 4–8) pagal pateiktą prielaidą, paaiškėja, kad didinant vežamo krovinio masę degalų suvartojimas mažėja, nes mažėja vežimo ciklo skaičius.

Pagal matematiniam modelyje pateiktą pavyzdį nr. 1, degalų suvartojimo santykis yra lygus 1/6. Tai reiškia, jog padidinus krovinio masę, degalų suvartojimas sumažės 16,6 %. Tačiau nereikia pamiršti, kad šie teorinio lygmens rodikliai gali kisti pritaikant juos praktiniame lygmenyje.

Išvados

Pagal gautus vežimo padidintos masės transporto priemonėmis kaštų skaičiavimo rezultatus paaiškėja:

1) Vežimo padidintos masės transporto priemonėmis technologinės sąnaudos mažėja 1,66 karto didėjant krovinio masei, pagal pateiktą skaičiavimo pavyzdį.

2) Tikėtina, jog vadovaujantis pateiktu skaičiavimo pavyzdžiu, dyzelinių degalų santykinės normatyvinės sąnaudos gali sumažėti apie 16,6% didėjant krovinio masei.

3) Iš anksčiau paminėtų išvadų išeina, kad mažėjančios vežimo sąnaudos yra ekonomiškai naudingi

veiksniai, kadangi didėjant vežamų krovinų masei, mažėja vežimų skaičius – didėja ekonominė nauda, t.y. transporto priemonių leidžiamų masių didinimas gali atnešti apčiuopiamos ekonominės naudos.

Literatūra

Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 96/53/EB I priedo 2 punktas. 1996: 3–8. Lietuva.

Guillaume Leduc. 2009. *Longer and Heaver vehicles*. 4–8. Seville. Institute for Prospective Technological Studies.

Lastauto und Omnibus. 2010. *40 t ir 60 t Volvo vilkikų eksploatacijos sąnaudų ir išlaidų testo rezultatai*. Vokietija: 6–12.

Lingaitienė O. 2006. *Transporto priemonių poreikio modeliavimas krovinų vežimo logistikos grandyje*. Vilnius. Technika.

Mickūnaitis V, Pikūnas A. 2005. *Automobilių degalų sąnaudų nustatymas ir normavimo metodikos*. Vilnius. Technika.: 4–5.

Pečeliūnas R., Sokolovskij E. 2012. *Automobilių dinamika*. Vilnius: Technika: 41–42.