

# Transporto energetikos problemos Lietuvoje

**Algimantas Ambrazevičius,  
Juozas Baublys**

*Generolo Jono Žemaičio  
Lietuvos karo akademija,  
Inžinerinės vadybos katedra,  
Šilo g. 5A, LT-2055 Vilnius*

Lietuvoje registruota per milijoną transporto priemonių, išskyrus jūrų, upių bei oro laivyno. Visų autotransporto priemonių šiluminių variklių galia didesnė nei 50 mln. kW. Tai beveik dešimt kartų daugiau, nei maksimali visų energetinių jėgainių šiluminė galia. Transporto tarša dėl nepastovaus jų darbo kur kas didesnė už pastoviu režimu dirbančių elektrinių katilų taršą. Straipsnyje apibendrinamos pagrindinės energetinės, ekonominės ir ekologinės transporto problemos Lietuvoje.

**Raktažodžiai:** transportas, energetika, ekonomika, ekologija, kuras, atominė ir branduolinė energetika, biokuras, alternatyvus kuras

## 1. ĮVADAS

Transporto priemonių kiekio spartus didėjimas, pasaulinių kuro atsargų mažėjimas, kainų augimas, atmosferos užterštumo didėjimas, sukeltas globalinius atmosferos pokyčius, susietus su ozono skylėmis ir visuotiniu atšilimu, potvyniais, verčia mokslininkus labai susirūpinti transporto energetikos problemomis, kurioms spręsti būtina išnagrinėti naujausias technologijas, naujausias alternatyvias kuro rūšis, atkreipiant dėmesį į ekologiškiausio elektrinio transporto panaudojimo Lietuvoje galimybes [1]. Kadangi pastarajai problemai spręsti prireiks kelis kartus daugiau elektros energijos, negu galėtų pagaminti visos šiuo metu veikiančios elektrinės, būtina apsvaistyti ir Lietuvos naujos atominės ar net ateičiai saugios valdomos termobranduolinės energetikos perspektyvas. Ši daugelio klausimų mokslinė analizė įgalina padaryti konkrečias ir svarbias Lietuvos ūkiui išvadas.

## 2. PASAULIO IR LIETUVOS ENERGETIKA XXI A. PRADŽIOJE

Pasaulyje eksploatuojama per 500 mln. automobilių, o pasaulinės kuro atsargos yra ribotos. Kaip matyti 1 lentelėje, viso pasaulio kuro atsargų – 150 mlrd. t gali užtekti tik mažiau kaip 50 metų [2]. Per tą laiką būtina sukurti ir įgyvendinti ne tik naujus elektros energijos gamybos būdus, bet ir pigų universalų elektrinį transportą. Lietuvoje šiuo metu būtina 100% kuro importuoti, pervedant užsienio valstybėms milžinišką valiutos kiekį, siekiantį kelis milijardus litų per metus.

Maksimali elektrinių šiluminė galia šiuo metu artima 5 mln. kW, tuo tarpu 1 milijono automobilių

1 lentelė. Naftos atsargos pasaulyje			
Rajonas	Mlrd. t	Atsargos metais sau	Importas % pasaulio (savo)
<b>Viso pasaulio</b>	<b>150</b>	<b>42</b>	
Saudo Arabija, Irakas, Kuveitas, Iranas, JAE...	<b>90</b>	<b>100</b>	
Venesuela, Meksika, Kolumbija, Gvatemala	<b>9</b>	<b>56</b>	
Rusija	<b>5</b>	<b>17</b>	
JAV	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>25 (66)</b>
Libija, Alžyras, Tunisas, Egiptas	<b>5</b>	<b>20</b>	
Nigerija, Kongas, Angola, Zairas	<b>3,5</b>	<b>30</b>	
Norvegija, D. Britanija, Olandija, Danija	<b>1,5</b>	<b>7</b>	
Vokietija, Prancūzija	<b>0,5</b>	<b>5</b>	<b>25 (100)</b>
Japonija	–	–	<b>15 (100)</b>
Lietuva	<b>0,087</b>	–	<b>0,01 (100)</b>

galia artima 50 mln. kW. Ateityje automobilių skaičius gali padvigubėti, ir Lietuva dėl nacionalinių pajamų nepajėgs išvežti į užsienį jų kurui reikalingą valiutos dalį. Reikia neužmiršti, kad daug skysto kuro sunaudoja Lietuvos jūrų laivynas, kurio sąnaudos vienam laivui svyruoja nuo 7 t per parą iki 7 t per valandą.

Todėl dabar pats laikas susipažinti su naujomis transporto technologijomis ir spręsti ekologines atmosferos užteršimo mažinimo Lietuvoje problemas, tuo labiau kad, pvz., Vilniaus centre tarša 15–20 kartų didesnė už leidžiamas normas.

### 3. ATMOSFEROS TARŠA TRANSPORTU

Dėl elektros, šilumos gamybos bei transporto išskiriami milžiniški teršalų kiekiai. Iš pateiktos 2 lentelės matyti, kad pagal išskiriamų anglies dvideginio ir angliavandenilių kiekį transporto tarša panaši į šilumos gamybos (daugiausia žiemą, kai įjungiamas šildymas ir sumažėja transporto priemonių) taršą. Tačiau pagal ypač kenksmingą žmogaus organizmui CO kiekį transporto tarša, palyginti su elektrinių tarša, beveik 700 kartų (!), o pagal NO<sub>x</sub> kiekį – beveik 20 kartų didesnė. Ypač CO padaugėja (apie 1000 kartų) sudeginus 1 kg benzino, palyginus su dyzelino panaudojimu (40 kartų). 2 lentelėje matyti, kad panaudojus naujausius vidaus degimo variklius su tiesioginiu benzino įpurškimu cilindro šone už išsiurbimo vožtuvo, NO<sub>x</sub> kiekis sumažėja 10 kartų ir tampa artimas šiluminių elektrinių teršalų kiekiui. Būtina atkreipti dėmesį, kad kibirkštinio uždegimo variklio (dirbančio benzinu) tarša sudaro labai pavojingus cheminius junginius – rūgštis, o slėginio uždegimo (dyzelio) – mechaninė tarša – suodžius.

Sritis	CO <sub>2</sub> /CH <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	KD
Elektros gamyba kt/m	2 000	36	0,5	2,0	1,7
Šilumos gamyba kt/m	5 300	30	2,0	2,8	3,4
Transportas kt/m	4 000	1,5	335	38	2,5
Sudegus 1 kg benzino, g	/23	1,9	466	16	1,0
Sudegus 1 kg dyzelino g	/4,2	7,8	21	18	5,0
Tiesioginis kuro įpurškimas GDI sumažina (kartų)				10	
Sumažėjimas, panaudojus transporte biokurą, %	8,5	7,3	22	-0,5	3,1
Elektromobilis	0	0	0	0	0

### 4. NAUJOS TRANSPORTO TECHNOLOGIJOS

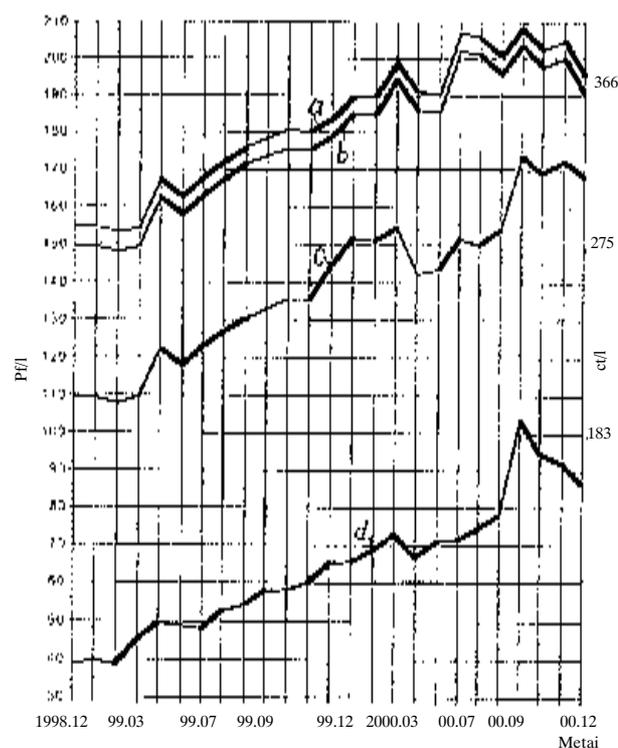
Ryšium su kuro ir taršos problemomis būtina apžvelgti naujausias transporto ir jų jėgainių technologijas, kurios gali būti panaudotos Lietuvos sąlygomis XXI a. [1].

#### 4.1. Vietinio biokuro panaudojimas

Teršiančio aplinką įvežamo kuro kiekio sumažinimas mūsų sąlygomis realiai įmanomas papildomai panaudojant Lietuvoje gaminamų spirito, metanolio ir rapsų aliejaus produkcijos priedus (metilesteriną).

Vilniaus Gedimino technikos universitete ir Kaucho technologijos universitete apginta keletas diser-

tacijų, išnagrinėjusių kuro priedų įtaką transporto variklių darbo efektyvumui. Tyrimais nustatyta, kad nepakeitus variklių konstrukcijos, kibirkštinio variklio benzino priedai gali siekti iki 20%, o slėginio uždegimo – 60% ir daugiau. Kartu tarša sumažėtų iki 10%, palyginus su varikliais, dirbančiais be minėtų priedų. Tokių priedų panaudojimas Lietuvoje turi ir milžinišką ekonominę naudą žemdirbiams, nes panaudojus jų produkciją minėtų priedų gamybai, galėtų uždirbti 300 mln. Lt per metus, o tai keletu kartų būtų daugiau už dabartines valstybės jiems skiriamas dotacijas. Žemės ūkyje naudojamas transportas gali visiškai panaudoti rapsų aliejaus produktus variklių darbui. Tai patvirtino pirmieji sėkmingi bandymai Lietuvoje. Kaip ir reikia tikėtis, jų panaudojimą tenka išsikvoti sunkiomis rinkos ir konkurencijos sąlygomis. Būtina atkreipti dėmesį į pastarųjų metų kuro kainų kilimą Vokietijoje. Kaip matyti 1 pav., superbencino (A-95, 98), benzino (A-92) ir dyzelino kainos per pastaruosius 2 metus ten išaugo beveik 1,5 karto, o mazuto – daugiau nei 2 kartus [3] ir yra 1,5 karto didesnės negu Lietuvoje šiuo metu. Prisijungus Lietuvai prie Europos Sąjungos, kuro kainos susilygins. Tai atitinkamai pabrangins ir kitą produkciją, kurios gamybai ir transportavimui naudojamas minėtas kuras. Ypač tai atsilieps žemės ūkio produkcijos kainoms ir perėjimas prie vietinių žaliavų panaudojimo kuro priedams taps dar aktualesnis.



1 pav. Kuro kainų augimas Vokietijoje 1998–2000 m. a – superbencino; b – benzino; c – dyzelino; d – mazuto

## 4.2. Vandenilio panaudojimas transporte

Pasaulinių kuro atsargų mažėjimas ir ekologinės grėsmės didėjimas sudarė prielaidas susidomėti labiausiai paplitusiu Žemėje ir ekologiškiausiu kuru – vandeniliu. Jį panaudojant susidaro biologinė pusiausvyra, nes iš vandens elektrolizės ar kitų reakcijų dėka gautas vandenilis, sudegintas varikliuose arba susintetintas kuro celėse, vėl virsta švriu vandeniu, kurį vėl galima panaudoti vandenilio gamybai.

Pagrindinis vandenilio panaudojimo trūkumas – jo saugojimas transporto priemonėse. Skystam vandeniliui išlaikyti reikalinga žema ( $-100^{\circ}\text{C}$ ) temperatūra, o dujiniam – specialūs lydiniai – intermetalidai, sugebantys normalioje temperatūroje absorbuoti 1000 kartų didesnę  $\text{H}_2$  tūrį. Jie sudaryti iš 75%  $\text{FeTiH}_x$  ir 25%  $\text{Mg}_2\text{NiH}_x$  [4]. Silpnai elektros spirale pašildyti automobilio bake esantys intermetalidai išskiria vidaus degimo varikliui arba kuro elementui reikiamą kiekį  $\text{H}_2$ .

Vandenilis būtų ypač naudingas aviacijoje, sunaudojančioje milžiniškus kiekius kuro. Ji smarkiai teršia atmosferą, neigiami reiškiniai kur kas didesni. Vandenilio panaudojimas karinėse kovos mašinose įgalina sumažinti mažiau pastebimų dūmų kiekį išskyrimo metu ir geriau maskuotis.

Vandenilis efektyviausiai gaunamas aukštatemperatūrės (1000K) elektrolizės pagalba [4], pasitelkus nepavojingus dujinius atominis reaktorių. Todėl ateityje, svarstant Lietuvos energetikos naujausias perspektyvas, būtina apmąstyti ir šį variantą. Didžiausias vandenilio panaudojimo efektas gaunamas kuro elementuose.

## 4.3. Kuro elementai

Kuro elementai iki šiol plačiausiai buvo naudojami kosminėje technikoje, nes vežamų dujinio pavidalo  $\text{H}_2$  ir  $\text{O}_2$  svoris nedidelis, o chemiškai juos sujungus kuro elementuose tarp anodo ir katodo atsiranda elektros srovė, reikalinga kosminio laivo darbui bei vairavimui reaktyvinių plazmotronų pagalba, be to, gautas vanduo naudojamas kosmonautų buitinėms reikmėms. Palyginus su  $\text{H}_2$  deginimu šiluminiuose varikliuose, kuriuose naudingumo koeficientas ne didesnis kaip 30%, kuro elementuose jis padidėja beveik iki 60%. Šiuo metu Lietuvos energetikos institute pradėta domėtis minėtais klausimais ir artimiausiu metu tikimasi apčiuopiamų rezultatų.

Jau pagaminti eksperimentiniai automobiliai su kuro elementais, kuriuose benzinai arba metanolai išgarinami dalinės oksidacijos reaktoriuje. Šie garai išskaidomi į  $\text{CO}_2$  ir  $\text{H}_2$ , pastarąjį tiekiant su oru į kuro celę elektros energijos gamybai be degimo proceso. Gauta elektros energija suka automobilio ratus. Kol kas šios schemos tik pradeda egzistuoti, ta-

čiau serijiniu būdu jau keleri metai Japonijoje, pastaruoju metu ir Vakarų šalyse gaminami hibridiniai automobiliai.

## 4.4. Hibridiniai automobiliai

Šiuo atveju automobilio variklis susideda iš dviejų skirtingų charakteristikų variklių: elektrinio ir šiluminio. Elektrinio variklio charakteristikoje didžiausia galia ir sukimo momentas gaunami esant mažiems sukiamams, o esant dideliams – jo galia būna minimali. Tuo tarpu šiluminio vidaus degimo variklio – atvirkščiai: galia būna minimali esant mažiems sukiamams. Didžiausia galia gaunama, kai sukiai pasiekia 80% maksimalių sukčių. Todėl šiluminiams varikliams reikalinga pavaru dėžė. Pagal tokią schemą jau keletą metų Japonijoje ir Europoje eksploatuojamas lengvasis automobilis TOYOTA PRIUS su 40 AG galios elektriniu ir 60 AG galios vidaus degimo varikliu, sunaudojantis 100 km iki 4 l benzino. Tai pasiekama išnaudojant abiejų variklių charakteristikų savybes, forsuojuojant tik elektrinį variklį ir grąžinant energiją stabdymo metu atgal į akumuliatorių. Pagal taršos normas šis automobilis patenka ekologinius Europos reikalavimus, kurie įsigalios nuo 2005 metų. Pakeitus šiame automobilyje kibirkštinį uždegimo variklį į slėginio uždegimo, dyzelino sunaudojimas gali sumažėti iki 2l/100 km. Tai bendrai automobilio galiai – 100 AG pavydėtinas rezultatas, beveik 5 kartus mažiau, negu normalaus tokios galios benzininio variklio ir tiek pat kartų mažiau išskiriamų teršalų bei sudeginamo deguonies.

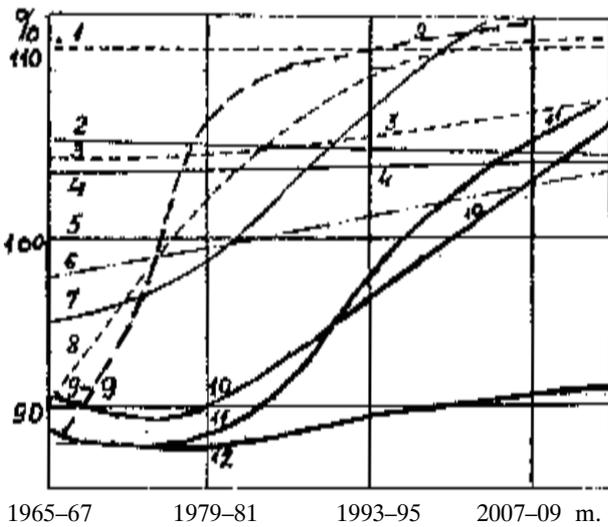
Reikia tikėtis, kad iki plataus kuro elementų įdiegimo serijinėje gamyboje hibridiniai automobiliai įgaus platų panaudojimą pasaulyje. Pagrindinis stabdys jų gamyboje yra pasaulinių naftos koncernų, Rytų šalių akcininkų dalyvavimas automobilių pramonėje, kurie savo nesuinteresuotumu mažinti naftos panaudojimą transporte kenkia pasaulinėms ekologinėms normoms.

## 4.5. Elektriniai automobiliai

Elektriniai varikliai atsirado anksčiau už vidaus degimo variklius ir 1899 m. JAV buvo naudojama 38% elektromobilių, 40% garo automobilių ir tik 22% automobilių, varomų benzinu. Reikia tikėtis, kad XXI a. elektromobilių bus daugiau nei 80% (žr. 2 pav.).

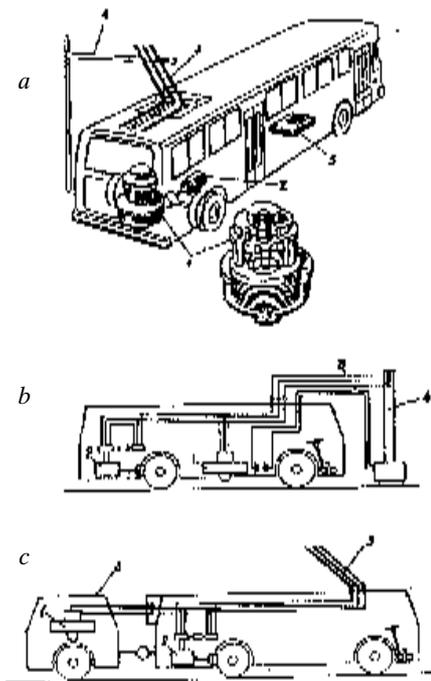
Pagrindiniai elektromobilio privalumai – jokios taršos, jokių alyvų, jokių šaldymo skysčių, jokių pavaru ir maksimali galia pajudant iš vietos, nekalbant apie minimalų servisą bei energijos sąnaudas. Šių variklių naudingumo koeficientas siekia iki 90%, t. y. trigubai daugiau negu šiuolaikinio šiluminio variklio.

Pagal XXI a. energetikų prognozę, nuo 2000 m. iki 2060 m. padidėjus energetiniams poreikiams 3



2 pav. Transporto priemonių įvairių tipų jėgainių panaudojimo iki 2010 m. tikimybė: 1 – turbodieselis, 2 – dyzelis, 3 – „fakelinis“ variklis su prieškameriu, 4 – tiesioginis degalų įpurškimas, 5 – karbiuratorinis kibirkštinio uždegimo variklis, 6 – dujų turbina, 7 – H<sub>2</sub> variklis, 8 – turbovariklis su tiesioginiu įpurškimu, 9 – rotorinis variklis su sluoksniu degalų degimu, 10 – smagratinis variklis, 11 – jėgainė su elektrogeneratoriumi, 12 – rotorinis variklis

kartus, apie 60% energijos bus gaunama alternatyvios energetikos dėka. Naudojant atomines, o ateityje saugias termobranduolinės sintezės elektrines, nau-



3 pav. Bendras girobuso vaizdas (a) ir jo elektrinės schemos (b, c): 1 – smagratas su elektros varikliu-generatoriumi; 2 – elektros variklis; 3 – trifazės srovės trolėjės; 4 – įtampos stovas; 5 – elektrinė įranga, skirta papildomam įkrovimui, važiavimui ir stabdymui; 6 – prikabinama priekaba

dojančias kurui tik neribotai Žemėje paplitusį sunkųjį vandenį, kelionė bet kuriuo automobiliu atpigėtų maždaug 5 kartus (tarša – 0%).

Baigiantis kuro atsargoms pasaulyje, neišvengiamai teks pereiti po kuro elementų tiesiogiai prie elektromobilių. Jie labai efektyvūs miestuose, ypač visuomeniniame transporte (žr. 3 pav.). Siūlomoje schemoje pateikiamas elektrinis girobusas su mechaniniu elektros akumuliatoriumi [5], maitinamu trifaziu elektros tinklu tik sustojimo aikštelėse, nereikalaujantis grandiozinių, brangių nuolatinės srovės tinklų gatvėse ir nesusietas su konkrečiu maršrutu kamščių ar avarijų metu gatvėse [6]. Toks tylus ir švarus transportas labai tiktų Lietuvos miestams. Patogumo dėlei jėgainė su nepavojingu iš plonos vielos ar folgos pagamintu smagračiu gali būti šarvuotoje atskiroje priekaboje (3 pav. c). Vienintelis trūkumas tai, kad šių variklių negalima pritaikyti jūrų ir oro transporte, taip pat ratinėje kovos technikoje.

### 5. IŠVADOS

Atlikus trumpą ir konkrečią dabartinę transporto [7] energetikos apžvalgą ir analizę, nustatyta, kad pastaroji Lietuvoje šiuo metu 10, o ateityje 20 kartų viršys esamus šiluminių elektrinių galingumus ir, sumažėjus pasaulinėms iškasamo kuro atsargoms bei pereinant prie elektromobilių, Lietuvoje gaminamos elektros energijos nepakaks turimo transporto reikmėms. Todėl reikia galvoti ne tik apie turimo atominės energetikos potencialo išsaugojimą, pakeičiant uždarius nesaugius reaktorius naujais, saugesniais, bet ir numatyti po 30–50 metų daugkartinius jų galingumo išplėtimus. Mokslo ir technikos plėtra tuo laiku jau bus pasiruošusi spręsti šiuos svarbius uždavinius. Gal pavyks ir alternatyvinės energijos gavimo būdų praktinis įgyvendinimas, tačiau Lietuvoje tiek daug saulės, vėjo ar hidroenergijos vargu ar pavyks gauti: turime 20–30%, o reikia 2–3 kartus daugiau.

Taigi galimos šios išvados dėl transporto energetikos problemų Lietuvoje:

1. Dabartinė Lietuvos transporto energetika dešimtis kartų viršija pramoninę energetiką, ir tai būtina įvertinti sprendžiant ateityje Respublikos ekonomines, energetines ir ekologines problemas.

2. Artimiausiu laiku būtina spręsti biokuro panaudojimo transporte problemą, persikirstant kuro balansą tarp įvežamo ir iš vietinės žaliavos pagaminto kuro, numatant apmokėjimą žemdirbiams iki 300 mln. Lt metams.

3. Lietuvoje vyraus elektrinis privatus ir visuomeninis transportas, todėl tikslinga jų, ypač pastarųjų, gamyba ar surinkimas vietoje.

4. Elektriniam transportui aprūpinti energija nepakaks esamo elektrinių 10 kartų mažesnio galingu-

mo, reikia numatyti atominių ar net termobranduolinių elektrinių statybą, kad būtų galima atsisakyti milžiniškų importuojamos brangios elektros energijos kiekių, o to šiuo metu siekia Europos Sąjungos puoselėtojai užsienyje.

5. Būtinai platūs moksliniai naujų transporto jėgainių šiluminiai ir elektriniai tyrimai Lietuvos energetikos institute, Transporto problemų institute, pagrindinėse aukštosiose mokyklose.

6. Reikalinga „Transporto energetikos“ disciplina Vilniaus Gedimino technikos, Kauno technologijos ir Klaipėdos universitetuose, Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademijoje. Ten būtų nagrinėjami šiluminiai ir elektriniai procesai, kuro tiekimo vamzdiniai, kuro elementai, naujausios valdymo schemas.

7. Oro, jūrų ir karinis transportas pagal specifiką reikalauja papildomų energetinių tyrimų, kurie turi būti numatyti bendroje perspektyvioje Lietuvos mokslo tyrimų programoje.

Gauta  
2001 09 25

#### Literatūra

1. Ambrazevičius A. Transporto mašinų teoriniai pagrindai. Vilnius, 2000.
2. Jurkauskas A. Automobilio eksploatacinės savybės. Kaunas, 1998.
3. Sauer H. D. Regenerative Energien in „ökologischen“ Energieszenarien // Energiewirtschaft-lische Tagesfragen. 2001. N 4. S. 198–201.
4. Атомно-водородная энергетика и технология. Москва, 1988. Вып. 8.
5. Ambrazevičius A., Kopūstas R. Girobusų panaudojimo Lietuvoje tikslingumas // TRANSBALTIKA-98, VGTU konferencijos pranešimų medžiaga. Vilnius, 1998. P. 416–420.
6. Ambrazevičius A., Kopūstas R. Ekologinės miesto susisiekimo priemonės // VGTU 4-os konferencijos „Ap-linkos inžinerija“ pranešimų medžiaga. Vilnius, 2000. P. 54.
7. Automobiliai. Kaunas, 2001. P. 607.

**Algimantas Ambrazevičius, Juozas Baublys**

#### PROBLEMS OF TRANSPORT ENERGETICS IN LITHUANIA

##### S u m m a r y

Lithuania has more than one million of transport means, the thermal capacity of which is about 50 mill. kW, *i.e.* 10 times more than the capacity of all thermal power stations. In the 21st century electrical energy will be used for transport means instead of petrol, and new capacities of electric stations in Lithuania will be necessary. All perspective transport means are described and conclusions for Lithuanian energetics are presented.

**Key words:** transport, energetics, economics, ecology, fuel, atomic, thermonuclear energetics, biofuel, alternative fuel

**Альгимантас Амбразевичюс, Юозас Баублис**

#### ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЛИТВЕ

##### Р е з ю м е

В Литве насчитывается свыше 1 миллиона транспортных средств, общая тепловая мощность двигателей которых достигает примерно 50 млн. кВт. Это в десять раз больше, чем максимальная мощность имеющихся тепловых электростанций. В XXI в. вместо исчезающего вредного органического топлива придется применять электро-транспорт и потребуются значительное увеличение мощностей электростанций Литвы. В статье рассмотрены перспективные транспортные средства и представлены выводы по развитию будущей энергетики Литвы.

**Ключевые слова:** транспорт, энергетика, экология, топливо, атомная, термоядерная энергетика, биотопливо, альтернативное топливо