

ISSN 2029-9303



KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJA
KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

**INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS
TECHNOLOGIJOS**

Mokslinių straipsnių žurnalas

**ENGINEERING AND EDUCATIONAL
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

Kaunas, 2016

Vyriausioji redaktorė

Doc. Dr. Marija Jotautienė

Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Vyriausiosios redaktorės pavaduotoja

Socialiniai mokslai/
Social Sciences

Doc. Dr. Esmeralda Štyps

Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Atsakingoji sekretorė

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Eglė Kosiakaitė

Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Humanitariniai
mokslai/
Humanitarian Sciences

Redaktorių kolegija/ Editorial Board:

Prof. Habil. Dr. Algimantas Fedaravičius

Kauno technologijos universitetas/Kaunas University Of Technology (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Prof. Habil. Dr. Algirdas Vaclovas Valiulis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas/Vilnius Gediminas Technical University (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Doc. Dr. Aldona Gaižauskienė

Vilniaus kolegija/University Of Applied Sciences (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas

Kauno technologijos universitetas/Kaunas University Of Technology (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Doc. Dr. Jonas Krivickas

Kauno technikos kolegija/Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Doc. Dr. Kęstutis Navickas

Aleksandro Stulginskio universitetas/Aleksandras Stulginskis University (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller

Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University Of Applied Sciences Schmalkalden (DE)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Doc. Dr. Šarūnas Kilius

Kauno technikos kolegija/Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Doc. Dr. Vytenis Naginevičius

Kauno technikos kolegija/Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Doc. Dr. Pranas Smolskas

Kauno technikos kolegija/Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Technologijos mokslai/
Technological Sciences

Dr. Rolandas Samajauskas <i>IĮ „Pastatų sertifikavimo biuras“/ IE „Building Certification Office“ (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Genutė Gedvilienė Vytauto Didžiojo universitetas/Vytautas Magnus University (LT)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. (HP) Dr. Nijolė Petronėlė Večkienė Vytauto Didžiojo universitetas/Vytautas Magnus University (LT)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. Habil. Dr. Vilija Targamadzė Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Inga Bartusevičienė Lietuvos aukštoji jureivystės mokykla/Lithuanian Maritime Academy (LT)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Vita Krivickienė Kauno technikos kolegija/Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Daiva Lepaitė Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences

Leidiny s įrašytas į **LMT patvirtintų leidinių sąrašą**

<http://www.mab.lt/lt/istekliai-internete/mokslo-zurnalai/269>

Ir įtrauktas į **Index Copernicus Journals Master List**

<http://www.journals.indexcopernicus.com/passport.php?action=masterlist&id=9482>

Redakcijos adresas:

VŠĮ Kauno technikos kolegija

Tvirtovės al. 35, LT- 50155 Kaunas

Tel./faks. (8 37 308620)/(8 37 333120)

El. p. ktk@ktk.lt

<http://www.ktk.lt>

Address:

Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Tvirtovės av. 35, LT- 50155 Kaunas

Phone./fax. (+370 37 308620)/(+370 37 333120)

E-mail. ktk@ktk.lt

<http://www.ktk.lt>

Visos leidinio leidybos teisės saugomos. Šis leidinys arba kuri nors jo dalis negali būti dauginami, taisomi ar kitaip platinami be leidėjo sutikimo.

All rights of the publication are reserved. No reproduction, copy or transmission of this publication may be made without publisher's permission.

© Kauno technikos kolegija, 2016

ISSN 2029-9303

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiami skaitytojai ir kolegos,

Mokslinių straipsnių žurnalo “Inžinerinės ir edukacinės technologijos” redkolegija pristatydamą Jums septintąjį žurnalo numerį, džiaugiasi, jog šį kartą į Jūsų rankas patenka gana plataus spektro mokslinių publikacijų leidinys.

Dvidešimt šešiuose straipsniuose atsispindi tiek technologijos mokslų srities aktualijos, tiek ir realią taikomąją vertę turintys tiriamieji darbai. Šiame leidinio numeryje galime rasti ir pradedančių tyrėjų publikacijų.

Džiugu, kad mokslinius tyrimų rezultatus publikuoja tiek universitetų, tiek kolegijų tyrėjai arba tyrėjų grupės, o šių tyrimų rezultatų pasiekiamumas tampa prieinamas platesniam skaitytojų ratui, kadangi šiame numeryje publikuojami straipsniai lietuvių, anglų bei rusų kalbomis.

Maloniai nuteikia kolegų iš Ukrainos susidomėjimas mūsų leidiniu bei tai, kad dalis publikuojamų tyrimų rezultatų reprezentuoja užsakomuosius tyrimus.

Tikimės, kad visi paminėti aspektai paskatins skaitytojų susidomėjimą publikacijomis, dėkojame straipsnių autoriams ir tikimės sėkmingo tolesnio bendradarbiavimo.

Su pagarba,

vyriausioji redaktorė



soc. m. dr. Marija Jotautienė

TURINYS

KOLEGIJAS BAIGUSIŲ TRANSPORTO SPECIALISTŲ PARENGIMO VERTINIMAS.....	7
Eugenija Štaraitė ¹ , Kristina Čižiūnienė ^{1,2} , Romualdas Širvinskas ¹ <i>¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ²Vilniaus Gedimino technikos universitetas</i>	
MS VBA (VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS) IR MS EXCEL PRIEMONIŲ PANAUDOJIMAS AKADEMINIŲ GRUPIŲ KORTELIŲ FORMAVIMUI	12
Algimantas Ambrazas, Jolita Bučelienė <i>Kauno technikos kolegija</i>	
MATEMATIKA FIZIKOJE: PROBLEMOS IR GALIMYBĖS KOLEGINĖSE STUDIJOSE	18
Raimonda Sūdžiuvienė, Vilma Jakubauskienė, Vida Gerikienė, Svetlana Mitkuvienė <i>Klaipėdos valstybinė kolegija</i>	
GIS TAIKymo TRANSPORTO PRIEMONĖSE TOBULINIMO POREIKIS	26
Rūta Reikaitė, Artūras Petraška, Kristina Čižiūnienė <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas</i>	
EKOLOGINIŲ KELIŲ TRANSPORTO PROBLEMŲ SPRENDIMAS IT PAGALBA. TEORIJŲ APŽVALGA.....	32
Aidas Vasilis Vasiliauskas, Virgilija Vasilienė-Vasiliauskienė, Jonas Matijošius, Agnieszka Marija Lobačevska <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas</i>	
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В РАСЧЕТЕ ТОЧКОСТЕННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	40
Оробей В.Ф., Лимаренко А.М., Хамрай В.В. <i>Одесский национальный политехнический университет, Украина</i>	
DECOMPOSITION FRAME MODEL ON THE ONE-DIMENSIONAL MODULE AND ANALYSIS IN THE BOUNDARY ELEMENT METHOD.....	45
V.F. Orobey, O.F. Dashchenko, O.M. Lymarenko, V.V. Khamrai <i>Odessa National Polytechnic University, Ukrain</i>	
NETIESIOGINIŲ INVESTICIJŲ Į NEKILNOJAMĄJĮ TURĄ PORTFELIO VALDYMAS	50
Darius Gudelis, Rasa Apanavičienė <i>Kauno technologijos universitetas</i>	
THE REALIZATION OF MEANS FOR CONSTRUCTION MULTICRITERIA OPTIMIZATION	57
Jūratė Mockienė <i>Kaunas technical college</i>	
INDIRECT REAL ESTATE INVESTMENT OPPORTUNITIES IN LITHUANIA	65
Darius Gudelis <i>Kaunas University of Technology</i>	
TEMPERATŪROS KAITOS ĮTAKA PLYŠIŲ ATSIVĖRIMUI KRUONIO HAE SLĖGINIO VAMZDYNO GELŽBETONINIAME APVALKALE	69
Raimondas Šadzevičius, Vincas Gurskis, Rytis Skominas, Arūnas Lukoševičius <i>Aleksandro Stulginskio universitetas</i>	
ŠIAULIŲ Miesto AUTOBUSŲ MARŠRUTO TVARKARAŠČIO ĮVYKDYMO TYRIMAS	80
Darius Astrauskas <i>Šiaulių valstybinė kolegija</i>	
KLAIPĖDOS Miesto VISUOMENINIO TRANSPORTO KOKYBINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS..	84
Dovilė Uogintienė, Vida Jokubynienė <i>Klaipėdos valstybinė kolegija</i>	

KELIONĖS LEIDIMŲ REIKŠMĖ TARPTAUTINIAMS KROVINIŲ VEŽIMAMS KELIŲ TRANSPORTU.....	91
Jūratė Liebuviene <i>Klaipėdos valstybinė kolegija</i>	
INFORMACINIŲ SRAUTŲ JUDĖJIMO TARP TRANSPORTO GRANDINĖS DALYVIŲ ĮTAKOS TRANSPORTO PASLAUGŲ EFEKTYVUMUI TYRIMAS	97
Sigita Tautkevičienė <i>Šiaulių valstybinė kolegija</i>	
AUKŠTOSIOS ĮTAMPOS ELEKTROS MAŠINŲ IZOLIACIJOS DIAGNOSTIKA	105
Gediminas Daukšys ^{1,2} ¹ Kauno technikos kolegija, ² Kauno technologijos universitetas	
ANALOGINIŲ IR SKAITMENINIŲ ELEKTRONINIŲ GRANDINIŲ REALIZAVIMO GALIMYBIŲ ANALIZĖ NAUDOJANT PROGRAMUOJAMAS SISTEMAS LUSTE	111
Marius Saunoris ^{1,2} ¹ Kauno technikos kolegija, ² Kauno technologijos universitetas	
AZOTO SUBOKSIDO TIEKIMO SISTEMOS PANAUDOJIMO TOYOTA GT86 4U-GSE VARIKLYJE EFEKTYVUMO TYRIMAS.....	120
Alfredas Rimkus, Aleksandr Robert Ščerbuk, Mindaugas Melaika <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas</i>	
AUTOBUSO AMORTIZATORIŲ ANALITINIAI DINAMINIAI TYRIMAI.....	127
Artūras Kilikevičius ¹ , Kristina Kilikevičienė ² , Jonas Matijošius ² , Petras Kaikaris ³ , Jurijus Zaranka ² ¹ VGTU Mechanikos inžinerijos fakultetas, ² VGTU Transporto inžinerijos fakultetas, ³ VTDK Technikos fakultetas	
AUTOBUSO ANALITINIAI DINAMINIAI TYRIMAI	133
Artūras Kilikevičius ¹ , Kristina Kilikevičienė ² , Jonas Matijošius ² , Kristina Čižiūnienė ² , Jurijus Zaranka ² ¹ VGTU Mechanikos inžinerijos fakultetas, ² VGTU Transporto inžinerijos fakultetas	
AUTOMOBILIO „BMW 318i“ EKOLOGINIŲ IR ENERGETINIŲ PARAMETRŲ POKYČIO TYRIMAS NAUDOJANT SUSLĖGTAS GAMTINES DUJAS IR PRITAIKIUS TURBOKOMPRESORIŲ	143
Alfredas Rimkus, Jevgenij Kibickij, Mindaugas Melaika <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas</i>	
SUNKIASVORIO TRANSPORTO AVARINGUMO PRIEŽASTYS IR PASEKMĖS	149
Tokmaš Ratkevič, Kristina Čižiūnienė, Jonas Matijošius <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas</i>	
STUDENTIŠKOS FORMULĖS VARIKLIO DINAMINIŲ PARAMETRŲ PRIKLAUSOMYBĖS NUO DEGIOJO MIŠINIO SUDĖTIES IR UŽDEGIMO PASKUBOS KAMPO TYRIMAS.....	155
Tadas Vipartas ¹ , Tadas Ragauskas ¹ , Mindaugas Melaika ¹ , Jonas Matijošius ^{1,2} , Alfredas Rimkus ^{1,2} ¹ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ² Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
DVIRAČIŲ RĖMŲ NUOVARGIO BANDYMAI.....	162
Remigijus Juknevičius <i>Šiaulių valstybinė kolegija</i>	
ELEKTRONINIŲ SISTEMŲ PATIKROS STENDAI EDUKACIJOJE.....	167
Saulius Niauronis <i>Šiaulių valstybinė kolegija</i>	
SPORTINIO AUTOMOBILIO GALINIO SPARNO EFEKTYVUMO TYRIMAS.....	175
Dalius Kalisinskas <i>Kauno technikos kolegija</i>	

KOLEGIJAS BAIGUSIŲ TRANSPORTO SPECIALISTŲ PARENGIMO VERTINIMAS

Eugenija Štaraitė¹, Kristina Čižiūnienė^{1,2}, Romualdas Širvinskas¹

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ²Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Transportui tenka svarbus vaidmuo kuriant materialines vertybes ir prisidedant prie šalies bendrojo vidaus produkto kūrimo bei ekonomikos augimo. Lietuvos transporto sektoriuje sąlyginai dirba mažas visų dirbančiųjų skaičius, tačiau jų indėlis į ekonomikos augimą yra ženklus. Atsižvelgiant į šiuos esminius dalykus, galima teigti, kad transporto sektoriaus specialistams yra keliami dideli reikalavimai jų profesinei kompetencijai ir gebėjimui tobulėti, bei adaptuotis nuolat kintančioje rinkoje. Šiame straipsnyje yra nagrinėjama kolegijas baigusią transporto specialistų parengimas, bei jų kvalifikacijos tobulinimo poreikis.

Reikšminiai žodžiai. Transporto specialistai, kolegija, mokymo(si) būdai ir metodai.

Įvadas

Visi procesai vykstantys rinkoje yra neatsiejami nuo žmogiškųjų išteklių, kas leidžia teigti, kad svarbu yra analizuoti specialistų rengimo būdus ir jų įtaką konkurencingo specialisto ugdymui. B.Leonienės (2004) teigimu, individas yra absoliučiai likvidaus kapitalo, kuris dažnai yra vertesnis nei organizacijos savininkų kapitalas, t.y. specialiųjų žinių, kompetencijos, savininkas. Todėl į žinias, į inovacijas orientuotos organizacijos yra priverstos konkuruoti dėl svarbiausio kapitalo – kvalifikuotų specialistų. Norėdamos įveikti savo konkurentus, jos priverstos didinti investicijas į intelektualių darbuotojų aprūpinimą efektyviomis darbo priemonėmis, jų kvalifikacinę tobulėjimą (Jucevičius 1998).

Darbo išteklių kokybę lemia šie veiksniai:

- praktinių įgūdžių ir profesinių žinių kaupimas, susijęs su darbu konkrečioje darbo vietoje;
- darbo išteklių profesinio kvalifikacinio ir išsimokslinimo lygio kitimas, susijęs su specialiu profesiniu išsimokslinimu;
- jų ir ūkio poreikių atitikimas.

Kita vertus, nuo to, kiek aukštųjų mokyklų absolventų kompetencija tenkina esamus ir ateities darbo rinkos reikalavimus bei visuomenės poreikius, priklauso šalies konkurencingumas regione ir Europos Sąjungoje (Čekanavičius *et. al.* 2008). Pasak Bruce R. Jewell (2002) darbuotojai rinkoje turi atitikti tam tikrus kriterijus: fiziniai ypatumai; mokslo laimėjimai; protinės galimybės; specialieji polinkiai; interesai; specifiniai charakterio bruožai; įvairios aplinkybės. Taigi, darbuotojai – tai tarsi kaladėlės iš kurių sudaryta visa organizacija. Kiekvienas jų yra unikalus dėl savo kompetencijos ir kontaktų. Jie iš esmės vadovauja patys sau, imdamiesi atsakomybės už organizacijos plėtrą, konkurencingumą ir savo pačių mokymąsi, nes apie organizaciją galvoja kaip apie savo nuosavybę. Organizacija, sukurdamą optimalias sąlygas darbuotojams nuolat tobulėti, užtikrina jų vertę organizacijoje ir darbo rinkoje.

Straipsnio tikslas – Įvertinti Lietuvos kolegijas baigusią transporto specialistų parengimą.

Straipsnio objektas – Lietuvos kolegijų absolventai, pasirinkę transporto vadybos ir transporto inžinerijos tęstines studijas universitete.

Tikslui pasiekti iškelti šie **uždaviniai**:

- atlikti žmogiškųjų išteklių vertinimo būdų, rengiant specialistus, analizę;
- pateikti aprobeuotus ir susistemintus absolventų anketinio tyrimo rezultatus.

Tyrimo metodika:

- literatūros šaltinių analizė;
- kiekybinis ir kokybinis tyrimas.

Straipsnyje nagrinėjama žmogiškųjų išteklių rengimo aukštosiose mokyklose teoriniai aspektai, bei pateikti transporto vadybos ir transporto inžinerijos absolventų apklausos rezultatai.

Žmogiškųjų išteklių vertinimo būdai rengiant specialistus

Visi procesai vykstantys rinkoje yra neatsiejami nuo žmogiškųjų išteklių, kas leidžia teigti, kad svarbu yra analizuoti specialistų rengimo būdus ir jų įtaką konkurencingo specialisto ugdymui. B.Leonienės (2004) teigimu, individas yra absoliučiai likvidaus kapitalo, kuris dažnai yra vertesnis nei organizacijos savininkų kapitalas, t.y. specialiųjų žinių, kompetencijos, savininkas. Todėl į žinias, į inovacijas orientuotos organizacijos yra priverstos konkuruoti dėl svarbiausio kapitalo – kvalifikuotų specialistų. Norėdamos įveikti savo konkurentus, jos priverstos didinti investicijas į intelektualių darbuotojų aprūpinimą efektyviomis darbo priemonėmis, jų kvalifikacinę tobulėjimą (Jucevičius 1998).

Darbo išteklių kokybę lemia šie veiksniai:

- praktinių įgūdžių ir profesinių žinių kaupimas, susijęs su darbu konkrečioje darbo vietoje;
- darbo išteklių profesinio kvalifikacinio ir išsimokslinimo lygio kitimas, susijęs su specialiu profesiniu išsimokslinimu;
- jų ir ūkio poreikių atitikimas.

Kita vertus, nuo to, kiek aukštųjų mokyklų absolventų kompetencija tenkina esamus ir ateities darbo rinkos reikalavimus bei visuomenės poreikius, priklauso šalies konkurencingumas regione ir Europos Sąjungoje (Čekanavičius *et. al.* 2008). Pasak Bruce R. Jewell (2002) darbuotojai rinkoje turi atitikti tam tikrus kriterijus: fiziniai ypatumai; mokslo laimėjimai; protinės galimybės; specialieji polinkiai; interesai; specifiniai charakterio bruožai; įvairios aplinkybės. Taigi, darbuotojai – tai tarsi kaladėlės iš kurių sudaryta visa organizacija. Kiekvienas jų yra unikalus dėl savo kompetencijos ir kontaktų. Jie iš esmės vadovauja patys sau, imdamiesi atsakomybės už organizacijos plėtrą, konkurencingumą ir savo pačių mokymąsi, nes apie organizaciją galvoja kaip apie savo nuosavybę. Organizacija, sukurdamą optimalias sąlygas darbuotojams nuolat tobulėti, užtikrina jų vertę organizacijoje ir darbo rinkoje.

Mokymo kokybei užtikrinti naudojami įvairūs mokymo metodai, priemonės, normos, standartai. Tačiau tradiciškai kokybė suprantama kaip koncentravimasis į tam tikrus mokymo kokybės aspektus.

Lietuvos, kaip ir kitų šalių, aukštosios mokykloms kyla sunkumų išlaikyti tam tikrą mokymo kokybės lygį ir jį didinti, mokymo programas pritaikyti prie nuolat besikeičiančių darbo rinkos sąlygų, atsižvelgiant į absolventų įsidarbinimą, darbuotojų tobulinimą, naujausių technologijų, padedančių valdyti, įvertinti ir kontroliuoti mokymo ir aukštojo mokslo administravimo procesus, naudojimą ir pan.. Visuotinės kokybės vadyba – tai vadybos koncepcija ir metodai, kuriuos naudodama organizacija gali sukurti savo nuolatinio tobulėjimo mechanizmą, apimančią atskirų padalinių, kiekvieno darbuotojo veiklos nuolatinį gerinimą ir procesų tobulinimą, gerinti produktų ir paslaugų kokybę, mažinti išlaidas ir kartu patenkinti vartotojų poreikius. Visa tai padeda organizacijai siekti ilgalaikės sėkmės, didinti savo konkurencingumą, išlikti ir padidinti strateginių tikslų pasiekimo galimybes nuolat besikeičiančioje aplinkoje. Ne pelno organizacijose (o tokios yra ir aukštosios mokyklos) ypač svarbu akcentuoti darbo efektyvumą, nes pelno, kaip motyvo to siekti, nėra (Ledauskaitė 2010).

Transportas yra svarbus Baltijos šalių ekonomikos sektorius ir jo svarbumas ateityje nemažės. Augant transporto įmonių skaičiui ir jų pajėgumui yra kuriamos palankios perspektyvos specialistams, kurie galėtų valdyti šios srities išteklius. Tačiau norint užtikrinti kokybišką transporto srities išteklių valdymą, svarbu užtikrinti transporto specialistų kokybišką parengimą aukštosiose mokyklose.

Išsilavinimo reikšmės didėjimas kelia ypatingus reikalavimus jo turiniui ir kokybei. Ekonomikos augimas ir visuomenės gerovė vis labiau grindžiama veiklos, kuriai reikia didelės kompetencijos, plėtojimu (Čekanavičius *et. al.* 2008). Mokymo kokybė yra daugiamatė koncepcija, todėl jai įvertinti nepakanka vieno rodiklio. Kokybės rodikliai rodo skirtingų klientų poreikius. Aukštosios mokyklos veiklos kokybės rodiklių analizė gali atskleisti veiklos sritis, kurias reikėtų nuodugniau tirti, padėti nustatyti organizacijos pranašumus ir trūkumus.

R. Adomaitienė atliktame savo tyrime įvardijo svarbiausius, studentų nuomone, šiuos mokymo kokybės rodiklius: dėstomos medžiagos įdomus pateikimas (90,60 proc.), žinių, informacijos svarbumas ir aktualumas (90,00 proc.), dėstymo aiškumas (70,00 proc.). Studentams mažiau svarbūs mokymo kokybės rodikliai: auditorijos kokybė, jautrumas studento problemoms, sąlygos studijuoti skaityklose ir bibliotekose.

Todėl, norint užtikrinti kokybišką būsimų specialistų parengimą, reikia užtikrinti, kad gerėtų mokymosi sąlygos ir mokymo kokybė. Yra nustatyta, kad tai pasiekti galima atsižvelgiant į:

1. Mokymo metodus, teorijos ir praktikos santykį;
2. Mokymo proceso organizavimą;
3. Literatūros prieinamumą, pasiekiamumą, kokybiškumą ir darbo sąlygas bibliotekose;
4. Naujausių informacinių technologijų panaudojimą;
5. Dėstytojų kvalifikaciją.
6. Dėstytojų ir studentų bendradarbiavimą;
7. Būsimų darbdavių įtraukimą į mokymo procesą.
8. Tarptautinių kokybės standartų taikymą aukštosiose mokyklose.

Tačiau, aukštoji mokykla teikia studentams paslaugą, sudaro sąlygas mokytis, lavintis, ugdyti savo protą ir dvasią. Šios paslaugos galutinis rezultatas yra studento išsilavinimas, įgytos žinios, patirtis, pasirengimas dirbti. Studentų mokymo ir ugdymo žaliava, įrankis yra mokymo programos, atskiri kursai, mokymo medžiaga, knygos, kompiuterinė įranga. Todėl aukštojoje mokykloje pagal besikeičiančius klientų poreikius turėtų būti tobulinamos ir keičiamos programos, dėstomų dalykų nomenklatūra.

Transporto vadybos ir transporto inžinerijos specialistų parengimo vertinimas: kolegijos absolventų nuomonių tyrimas

Transporto sektorius – tai sritis kurioje nuolatos vyksta pokyčiai. Todėl šių dienų specialistai turi būti pasirengę įvairiems iššūkiams. Jų pasirengimas darbo rinkai, priklauso ne tik nuo aukštosios mokyklos, bet ir nuo paties iniciatyvumo, bei noro tobulėti. Šiai dienai aktualiu klausimu tampa, ne tik baigusių absolventų kiekis, bet ir jų parengimo kokybė, bei tolimesnio tobulėjimo galimybės.

Lietuvoje yra 23 kolegijos, tačiau ne visų kolegijų absolventai renkasi tęstines studijas universitete (Čižiūnienė, Štaraitė 2015). Apklausoje iš viso dalyvavo 69 respondentai, iš kurių 59,42 proc. transporto vadybos ir 40,58 proc. transporto inžinerijos tęstines studijas universitete pasirinkę kolegijų absolventai (1 lentelė).

1 lentelė

Aukštosios mokyklos, kurių absolventai pasirinkę tikslines specialybės studijas

Transporto vadybos	Transporto inžinerijos
• Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos – 33,33 proc. • Klaipėdos valstybinės kolegijos – 29,21 proc. • Tarptautinės teisės ir verslo aukštosios mokyklos – 17,95 proc. • Šiaulių valstybinės kolegijos – 7,69 proc. • Alytaus kolegijos – 5,13 proc. • Vilniaus kolegijos – 2,56 proc.	• Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos – 77,80 proc. • Šiaulių valstybinės kolegijos – 11,10 proc. • Kauno technikos kolegijos – 3,70 proc. • Alytaus kolegijos – 3,70 proc. • Klaipėdos valstybinės kolegijos – 3,70 proc.

Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip matyti iš tyrimo rezultatų, daugiausia tęstines studijas Vilniaus Gedimino technikos universitete, renkasi Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos absolventai.

Didžiąja dalimi tęstines studijas yra pasirinkę vyrai, baigę ištęstines studijas. Visų respondentų amžiaus vidurkis 22-25 metai. Gana didelis jaunų absolventų skaičius, leidžia daryti išvadą, kad ką tik studijas kolegijoje baigę absolventai dar nėra įsitvirtinę darbo rinkoje ir tikėdamiesi geresnių perspektyvų renkasi studijas universitete. Vertinant tai, kad didžioji dalis visų respondentų sėkmingai yra įsidarbinę pagal įgytą specialybę, tačiau jų manymu tam įtakos turėjo ir konkrečios aukštosios mokyklos įgytas diplomas. Tai rodo, kad darbdaviai, per eilę metų, yra susidarę nuomonę apie Lietuvos kolegijų absolventus.

Nors didžioji dalis respondentų yra patenkinti įgyta specialybe ir teigia, kad jiems pakanka teorinių ir praktinių žinių, tačiau darbdavius tik iš dalies tenkina jų profesinė kompetencija. Atsižvelgiant į šį faktą absolventai yra priversti kelti savo kvalifikaciją. Todėl galima teigti, kad kolegijos absolventams vien aukštosios mokyklos norų ir jų pačių pastangų neužtenka. Tuo turi būti suinteresuoti ir atitinkamo verslo atstovai.

Vertinant absolventų parengimą aukštojoje mokykloje svarbiu faktu tampa veiksniai, kurie turi įtakos jų parengimo kokybei.

Tyrimo rezultatai parodė, kad transporto vadybos ir transporto inžinerijos absolventai nurodė skirtingus kriterijus:

- **Transporto vadybos absolventams svarbu:** dėstytojo teorinės žinios ir praktiniai gebėjimai, bei pačių studentų noras siekti naujos patirties ir žinių.

- **Transporto inžinerijos absolventams svarbu:** tinkamas laboratorijų techninis aprūpinimas, mokymosi priemonių įvairovė, bei tinkama mokymosi aplinka.

Taip pat respondentai nurodė, kokios mokymosi formos, jų manymu, būtų tinkamiausios kvalifikuotam specialisto parengimui. Respondentai, rangavimo metodu, įvertino nuo reikšmingiausio (1) iki mažai reikšmingo (9) tinkamiausias mokymo(si) formas (2 lentelė).

2 lentelė

Mokymosi formos kvalifikuoto specialisto parengimui

Transporto vadybos	Transporto inžinerijos
1. Praktikos realiose įmonėse; 2. Praktikos fakulteto patalpose; 3. Praktiniai darbai; 4. Diskusijos; 5. Paskaitos; 6. Informacijos paieška; 7. Seminarai; 8. Savarankiški darbai; 9. Laboratoriniai darbai.	1. Praktikos realiose įmonėse; 2. Paskaitos; 3. Laboratoriniai darbai; 4. Praktikos fakulteto patalpose; 5. Praktiniai darbai; 6. Diskusijos; 7. Seminarai; 8. Savarankiški darbai; 9. Informacijos paieška.

Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimo rezultatai parodė paradoksalią dalyką, kad absolventams didžiąja dalimi svarbu praktiniai dalykai, tačiau savarankiško darbo jie neįvertina, kaip svarbaus tobulėjimo įrankio. Tai leidžia teigti, kad transporto inžinieriams yra svarbios konkrečios teorinės ir praktinės specialybės žinios įgytos aukštojoje mokykloje, kai tuo tarpu vadybininkai orientuojasi į praktinių situacijų sprendimą.

Darbo rinkai reikia specialistų ne tik gebančių atlikti darbą, bet ir kūrybiškų asmenybių, sugebančių orientuotis greitai besikeičiančioje aplinkoje. Tokiomis savybėmis pasižymintis specialistas, turi būti ugdomas aukštojoje mokykloje teorinio ir praktinio mokymo metu, bei įmonėse atliekant gamybinės praktikas, kadangi geras specialistas įgytas žinias turi gebėti kūrybiškai pritaikyti praktinėje veikloje (Ledauskaitė 2012).

Nepaisant to, tyrimo metu nustatyta, kad visi daugiau ar mažiau taiko kolegijose įgytas specialybės žinias:

- **Transporto vadybininkai:** krovinių vežimo dokumentacijos, ekonomikos, organizavimo, logistikos.

- **Transporto inžinieriai:** diagnostikos, variklių, automobilių sandaros, elektros įrengimų, techninės ekspertizės, elektronikos, eksploatacinių medžiagų.

Be specialybinių žinių ir gebėjimų absolventai yra įgiję ir teorinių verslo organizavimo žinių, kas leidžia lengviau adaptuotis darbo rinkoje. Tačiau reikia nepamiršti, kad rinka nuolatos keičiasi ir tik nuolatinis tobulėjimas leidžia įsitvirtinti konkurencingoje darbo rinkoje. Viena iš realių alternatyvų, šiai dienai, ne tik kvalifikacijos kėlimo kursai, bet ir tęstinės studijos universitete

Išvados

1. Teorinių aspektų analizė parodė, kad ne tik mokymo(si) priemonės ir metodai gali užtikrinti kokybišką specialisto parengimą, bet taip pat turi būti užtikrintas verslo sektoriaus suinteresuotumas bei bendradarbiavimas.

2. Norint užtikrinti kokybišką transporto srities išteklių valdymą, svarbu užtikrinti transporto vadybos ir transporto inžinerijos specialistų kokybišką parengimą aukštosiose mokyklose, taikant įvairias mokymosi formas.

3. Tyrimo metu nustatyta, kad didžioji dalis respondentų, praktikoje taiko kolegijose įgytas žinias ir gebėjimus, tačiau norėdami kilti karjeros laiptais tęsia studijas universitete.

Literatūra

1. Adomaitienė, R.; Ruževičius, J. 2000. TQM implementation in Lithuanian education institutions. *TQM for university II: Proceedings of the international conference*. Verona.
2. Adomaitienė, R.; Ruževičius, J. 2002. Visuotinės kokybės valdymo diegimo ypatumai Vakarų šalių universitetuose. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*. Nr. 22.;
3. Adomaitienė, R. 2002. Ekonomistų ir vadybinkų rengimo kokybės tyrimas. *Ekonomika*, 58 tomas, Vilnius: 7 – 18 p.
4. Bagdanavičius, J. 2002. *Žmogiškasis kapitalas*. Mokymo metodinė priemonė. Vilnius.
5. Brown, K. 2008. *Human Resource Management in the Public Sector*. In *Human Resource Management in the Public Sector*, Edited by Rona S.Beattie and Stephen P.Osborne. Routledge: Taylor & Francis Group, London and New York.
6. Bruce, R. Jewell. 2002. Žmonių išteklių planavimas. *Integruotos verslo studijos*. The Baltic Press. p. 437 – 449.
7. Buckiūnienė, O.; Buckiūnienė, R. 2005. Lietuvos darbo rinkos pokyčiai įstojus į Europos Sąjungą. *Respublikinė mokslinė – praktinė konferencijos: Rengiamo specialisto atitikmuo rinkos poreikiams*, įvykusios Vilniuje 2005 m. gruodžio 14 d., medžiaga, Vilnius.
8. Čižiūnienė, K.; Štaraitė, E. 2015. Absolventų integracija į darbo rinką ir tęstinio mokymosi, kaip investicijų į žmogiškąjį kapitalą, poreikis. *Respublikinė mokslinė-praktinė konferencijos: Studijos kintančioje verslo aplinkoje*, įvykusios Alytaus kolegijoje 2015 m. balandžio 24 d., pranešimų medžiaga.
9. Jucevičius, G. 2007. *Inovatyvūs miestai ir regionai*. Kaunas: Technologija.
10. Kulakauskas, A.; Radžvilas V. 2005. *Lietuvos mokslo ir studijų sistemos reformos gairės*. Prieiga per internetą: <http://www.tspmi.vu.lt/files/news/lietuvos%20mokslo%20ir%20studiju%20reformos%20gaires.doc> (žiūrėta 2015 10 20).
11. Ledauskaitė, K., Štaraitė, E., Ledauskas, D. 2012. Vežimo kelių transporto vadybos studentų kūrybiškumo ugdymas gamybinių praktikų metu: studentų nuomonės tyrimas. *Konferencijos Taikomieji tyrimai – visuomenės kaita*, įvykusios Vilniuje 2012-04-27, pranešimų rinkinys, p.124-134. Vilnius: Socialinių mokslų kolegija.
12. Ledauskaitė, K. 2010. *Transporto sektoriaus žmogiškųjų išteklių potencialo ekonominis vertinimas*. Disertacija. Vilnius: Technika.
13. Ledauskaitė, K.; Štaraitė, E. 2009. Profesinės veiklos praktikų transporto įmonėse veiksmingumo vertinimas: studentų ir įmonių vadovų nuomonių tyrimas. *Respublikinė mokslinė – praktinė konferencija: Šiuolaikinės technologijos 2009: teorija, praktika ir inovacijos. Konferencijos pranešimų medžiaga*. p. 32-36.

14. Ledauskaitė, K.; Štaraitė, E. 2009. Vežimo kelių transportu vadybos studentų profesinės veiklos praktikų veiksmingumo tyrimas. *Tarptautinės mokslinės praktinės konferencijos: Inžinerinių studijų kaitos procesai socialinėje ir verslo aplinkoje. Pranešimų rinkinys*. Vilnius: p. 69-73.
15. Ledauskaitė, K. 2006. *Transporto vadybos specialistų rinkos poreikio tyrimas*. Magistrinis darbas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
16. Palšaitis, R., Bazaras, D. 2007. Theoretical aspects of logistics training process management. *TRANSPORT – 2007, Vol XXII, No 1, p. 14–18*
17. Rakauskienė, O.G. 2006. *Valstybės ekonominė politika*. Vilnius Mykolo Romerio universitetas
18. Ruževičius, J. 2007. Studijų kokybės vadybos sistemų tyrimas. *Ekonomika* (80), p. 51–69.
19. Šmergelienė, V. 2007. Lietuvos kolegijų bendradarbiavimo žmogiškųjų išteklių plėtros dalybių tinkle vertinimas. *Ekonomika, tomas 80*, Vilniaus universitetas, p. 70-83

EVALUATION OF COLLEGE TRANSPORT SPECIALIST GRADUATES PREPARATION

Summary

Transport plays an important role in creating material values and contributing to the country's gross domestic product and economic growth. In Lithuanian transport sector employs a relatively small number of employees, but their contribution to growth is significant. In view of these fundamental issues, it can be said that there is a high demand for the transport specialists professional competence and the ability to grow and adapt to the constantly changing market. This article is analyzed preparation of colleges graduates transport specialist training and their training needs.

Key words. Transport specialists, college, training (learning) methods and techniques.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorė. VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Logistikos ir transporto vadybos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Rinkos specialistų ugdymas, logistika, marketingas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 653 62824, k.ledauskaite@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Eugenija Štaraitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: inžinierė-ekonomistė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Specialistų ruošimas ir mokymas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 653 62824, e.staraitė@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius. VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Rinkos specialistų ugdymas, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 04169, j.matijosius@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Čižiūnienė.

Science degree and name: doctor, lector.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector. Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Logistics and Transport Management department associated professor.

Author's research interests: Market specialists development, logistics, marketing

Telephone and e-mail address: +370 653 62824, k.ledauskaite@vtdko.lt

Author name, surname: Eugenija Štaraitė.

Science degree and name: engineer-economist, lector.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Preparation and training of specialists

Telephone and e-mail address: +370 653 62824, e.staraitė@vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, lector.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector. Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Market specialists development, transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 684 04169, j.matijosius@vtdko.lt

MS VBA (VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS) IR MS EXCEL PRIEMONIŲ PANAUDOJIMAS AKADEMINIŲ GRUPIŲ KORTELIŲ FORMAVIMUI

Algimantas Ambrazas, Jolita Bučelienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Naujausios technologijos skverbiasi į visas mokslo, verslo, gamybos ir privataus gyvenimo sferas. Šiuolaikinės informacinės technologijos sudaro galimybę kokybiškai ir operatyviai kaupti ir apdoroti turimą informaciją. Straipsnyje pateikiama MS VBA ir MS Excel priemonių taikymas vienam iš pedagoginio krūvio skaičiavimo etapų, t.y. akademinių grupių kortelių formavimui. Parinkti sprendimai, sukurtos akademinių grupių kortelių formavimo priemonės palengvina ir supaprastina į akademinių grupių korteles įvestų duomenų koregavimą bei paspartina pedagoginio krūvio formavimo einamiesiems mokslo metams procesą. Sukaupta informacija toliau naudojama paskaitų tvarkaraščių sudarymui, darbuotojų etatų ir darbo užmokesčio apskaitai bei jų darbo kontrolei.

Reikšminiai žodžiai: informacinės technologijos, akademinių grupių kortelės, studijų planas, akademinė informacinė sistema, MS VBA, MS Excel.

Ivadas

Švietimo ir mokslo ministerija yra patvirtinusi rekomendacijas dėl aukštųjų mokyklų dėstytojų darbo laiko trukmės ir krūvio sandaros (patvirtintos Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministro 2011 m. gruodžio 23 d. įsakymu Nr. V-2538) [3], kuriose apibrėžtos į dėstytojo pedagoginio darbo krūvį įeinančios veiklos, nustatytas kontaktinių ir nekontaktinių valandų santykis.

Greta į dėstytojų pareigas įeinančių pagrindinių veiklų: paskaitų skaitymo, studentų konsultavimo bei mokslinės veiklos, dėstytojai nemažai laiko skiria studijų programų atnaujinimui, bendradarbiavimui su socialiniais partneriais, vadovėlių ir metodinės medžiagos rengimui, projektų paraiškų ruošimui ir kt. Nemažai šių darbų paprasčiausiai nėra įskaičiuojami į dėstytojo darbo krūvį. Todėl reikėjo parengti naujo pedagoginio krūvio skaičiavimo mechanizmą, kuris operatyviai ir kokybiškai skaičiuotų ne tik dėstytojų pedagoginį krūvį, bet ir kolegijos tarnyboms suteiktą galimybę gauti reikiamas ataskaitas, susijusias su personalu, darbo užmokesčiu ir pan. Vienas iš būdų, lengvinančių pedagoginio krūvio skaičiavimą yra akademinių grupių kortelių panaudojimas. Kuriant akademinių grupių korteles svarbu ne tik ankstesniųjų mokslo metų patirtis bei einamųjų mokslo metų duomenys, bet ir galimybė juos modifikuoti realiam laike keičiantis situacijai. Kortelių formavimas yra daugialypis ir daug žmogiškųjų resursų reikalaujantis procesas, todėl įvedimas automatizuotų informacinių technologijų (IT) programinių priemonių šiame procese yra vienas iš kertinių aspektų.

Straipsnio tikslas – apžvelgti IT priemonių panaudojimą viename iš pedagoginio krūvio skaičiavimo etapų - akademinių grupių kortelių formavime ir įvertinti įdiegtų priemonių funkcionalumą.

Tiksliui pasiekti numatyti **uždaviniai**:

- 1) Aptarti priemones, leidžiančias automatizuoti akademinių grupių kortelių formavimo procesą;
- 2) Pagrįsti sprendimus akademinių grupių kortelių formavimo programinėms priemonėms sukurti;
- 3) Pateikti duomenų tikslinimo ir užsiėmimų jungimo į srautus mechanizmus;
- 4) Identifikuoti sukurtų priemonių privalumus ir trūkumus.

Naudojami metodai: internetinių šaltinių analizė, detalizavimas ir apibendrinimas.

Priemonės: akademinės informacinės sistemos (AIS) duomenys, kolegijoje vykdomų studijų programų studijų planai, VBA ir MS Excel programinės priemonės.

IT priemonės akademinių grupių kortelių formavimo proceso automatizavimui

Informacijos apdorojimui galima naudoti įvairias IT priemones, pvz.: C++, Java, JavaScript, Ruby, MS VBA ir kt. Priemonės pasirinkimas paprastai priklauso nuo to, kiek ji tinkama konkrečiam uždaviniui išspręsti. MS VBA (Visual Basic for Applications) ir MS Excel priemonių pasirinkimą nulėmė tai, kad:

- 1) pagrindiniai dokumentai, kuriais remiantis formuojamos akademinių grupių kortelės yra KTK vykdomų studijų programų studijų planai, kurie nuo 2011 metų yra saugomi MS Excel lentelių formoje kiekvienai studijų programai;
- 2) galutinius rezultatus planuojama pateikti taip pat MS Excel lentelėse.
- 3) Microsoft (MS) Office paketas, o kartu ir MS Excel skaičiuoklė yra plačiai naudojama kolegijos kompiuteriuose, o MS VBA yra MS Office paketo dalis;
- 4) viena labiausiai paplitusių VBA Excel panaudojimo priežasčių yra pasikartojančių rutininių darbų automatizavimas [2]. VBA makrokomandų pagalba patogiau vykdyti Excel užduotis [1]. VBA taip pat leidžia kontroliuoti daugelį pagrindinės programos (šiuo atveju Excel) aspektų,

tokių kaip meniu ir įrankių juostos funkcijų panaudojimas, darbas su vartotojų formomis ar dialogo langais [4].

Akademinių grupių kortelių formavimo procesą numatyta išskaidyti keturiais etapais:

- I. akademinių grupių kortelių šablonų parengimas;
- II. formų akademinių grupių kortelėms tikslinti panaudojimas;
- III. vientiso srautavimo dokumento paruošimas;
- IV. valdiklių studijų moduliams jungti į srautus bei patvirtinti srautavimo procesą panaudojimas.

Kiekviename etape numatytos ir parengtos konkrečios automatizavimo priemonės. Rengiant grupių kortelių šablonus, duomenys automatiškai formuojami iš einamųjų metų studijų planų, akademinių grupių duomenys (grupės ir studentų skaičius) patikslinami importuojant juos iš akademinės sistemos, automatiškai užkeliami duomenys apie dėstytojus iš praeitų mokslo metų akademinių grupių kortelių.

Naudojamos akademinių grupių kortelių tikslinimo formos leidžia eliminuoti žmogiškąsias klaidas, atliekamas duomenų patvirtinimas. Formose įvesti apribojimai, leidžia vykdyti duomenų pakeitimus tik pagal iš anksto apibrėžtas taisykles. Pvz., koreguojant jungtinio studijų modulio sudedamųjų dalių kontaktines valandas, bendra valandų suma turi atitikti studijų programos jungtinio studijų modulio kortelėje nurodytą kontaktinių valandų skaičių.

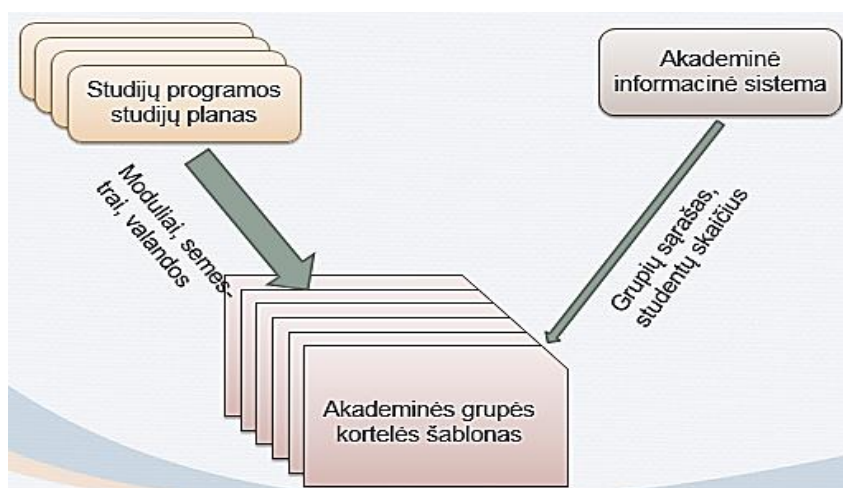
Studijų modulių, dėstomų visose kolegijos programose atrankai, dėstytojų priskyrimui, konkrečių studijų modulių užsiėmimų apjungimui reikalingas bendras dokumentas (srautavimo dokumentas), kuris užtikrintų visų studijų programų duomenų sukaupimą vienoje vietoje, tuo pačiu garantuotų galimybę analizuoti studijų proceso organizavimo duomenis ne atskiros studijų programos, bet visos kolegijos mastu. Naudojant jungimo į srautus ir tvirtinimo valdiklius, kartu ir MS Excel filtravimo ir rikiavimo priemones, užtikrinamas automatizuotas duomenų rinkimo, rūšiavimo ir žymėjimo procesas.

Pilnas akademinių grupių formavimo procesas apima informacijos rinkimą iš Kolegijoje realizuojamų studijų planų, duomenų perkėlimą į vieną bendrą dokumentą ir jų tolesnę analizę.

Akademinių grupių kortelių šablonų parengimas

Akademinių grupių kortelių šablonų formavimui sukurtas VBA programinis modulis „GrupesKortos“ (apie 1750 programinio kodo eilučių). Formuojant akademines kortelės šablono (1 pav.):

- 1) analizuojamas kiekvienos studijų programos studijų planas;
 - 2) atrenkami konkrečiam semestrai priklausantys moduliai bei jų apimtis valandomis;
 - 3) iš AIS importuojami duomenys apie konkrečias akademines grupes, priskirtas studijų programai.
- Akademinių grupių kortelių šablonai suformuojami automatiškai visoms einamųjų mokslo metų akademinėms grupėms.



1 pav. Akademinių grupių kortelių šablonų rengimo schema.

Šaltinis: sudaryta autorių

Suformuotame akademinės grupės kortelės šablone (2 pav.) pateikiami studijų dalykai, kuriuos grupės studentai turi išklausti einamaisiais mokslo metais, kontaktinės ir savarankiško darbo valandos, skirtos tų dalykų įsisavinimui, bei studijų dalykus koordinuojantys dėstytojai. Duomenys šablonuose yra netikslūs, jie sukuriama remiantis ankstesniųjų mokslo metų informacija. Einamųjų mokslo metų duomenis būtina patikslinti (nurodyti studijų modulių vedimo formas, priskirti dėstytojus ir kt.). Duomenis tikslina Studijų

						2015-2016 M.M.																												
Akademinei grupei	ATE-3/I		Studijų forma					NL	Mokymosi savaičių skaičius					12 R	6 P																			
Dalyko pavadinimas (dalyko kodas)	Studentų skaičius	Dalykas /PPD/LPD/prk	Kreditų sk.	Val. sk. pagal programą														Kontaktinių valandų paskirstymas														PRI, BD		Tabelio numeris
																		Rudens semestras							Pavasario semestras							Vertis	Kint.valandos	
																		P							P									
				T	P	K	KD	SD	Iš viso	T	Grupinė	Pogrūpiškai	Ilg	Ilp	K	KD	SD	Iš viso	T	Grupinė	Pogrūpiškai	Ilg	Ilp	K	KD	SD	Iš viso							
				Dėstytojas																														
T280B079 Dalykas 1	27	P	6	48	12	12	24	64	160	48	12			12	24	64	160										Testas Autr	4027						
T280B074 Dalykas 2	27	P	3	32	10		6	32	80	32	10			6	32	80										Testas Autt	4186							
T280B081 Dalykas 3	27	P	3	32	10		6	32	80	32	10			6	32	80										Testas Saugos	4061							
T00B025 Dalykas 4 praktika	27	PRI	9		8	160		72	240							R										1	27	Testas Autstp	4170					
T280B085 Dalykas 5	16	SP	6	48	12	12	24	64	160	48	12			12	24	64	160										Testas Autstp	4170						
T280B090 Dalykas 6	11	SP	6	48	12	12	24	64	160	48	12			12	24	64	160										Testas Saugos	4061						
H360B100 Dalykas 7	4	LPD	3	16	18		6	40	80	16	18			6	40	80											Testas Volkcp	4048						
T003B002 Dalykas 8	23	LPD	3	16	18		6	40	80	16	18			6	40	80											Testas Trans	4087						

Formų akademinių grupių kortelėms tikslinti panaudojimas

- 1) „DalykoForma“ (1480 kodo eilučių);
- 2) „IsorinesPraktikosForma“ (670 kodo eilučių) ir
- 3) „BaigiamojoDarboForma“ (1440 kodo eilučių).

1) automatinis dalyko teorinių valandų atskyrimas nuo praktinių užsiėmimų valandų (3 pav. a), Atsiranda galimybė priskirti atskirus dėstytojus teorijos paskaitoms ir praktiniams užsiėmimams. Be to, atsiranda galimybė teorines paskaitas, vedamas skirtingose grupėse, jungti į vieną bendrą srautą;

2) praktinių užsiėmimų, vedamų pogrupiais, valandų paskirstymas (3 pav. b). Šis pakeitimas inicijuojamas tada, kai praktinius užsiėmimus būtina vesti pogrupiais. Vedant užsiėmimus atskirais pogrupiais, praktinių užsiėmimų valandos dvigubėja, lyginant su planuose užduotu valandų skaičiumi;

Modulo taissymas

P001B001 Dalykas 1, 6kr.

P: Privatizacijos dalykas

ATE-5/1

Stud.sk	T	P	K	KD	SD	Viso
30	32	52	12	64	160	

Jungtinis modulis

Ivertis	T	GR	Ip	Iip	K	KD	SD	Viso	Dėstytojas:
30	32						32	4012 Testas Mat	
30		52			12	64	128	4012 Testas Mat	

Atskirė teorijos nuo praktikos Du pagraižyti

Atskirė teorijos nuo praktikos Du pagraižyti

Uždaryti

Nuo pradžių

Iš naujo

Modulio taikymas

P175B001 Dalykas 2, 3kr.

Priešimonei dalykas

ATE-S/1

Stud.sk	T	P	K	KD	SD	Viso
30	8	34	6		32	80

Įungtinis modulis

Ivertis	T	GR	Ip	Iip	K	KD	SD	Viso	Dėstytojas:
30	8						8	4039 Testas Bech1	
15			34		6		32	72	4039 Testas Bech1
15				34	6		32	72	2003 Testas Bech2

Atlikti teoriją nuo praktikos Du pogrupiai

Atlikti teoriją nuo praktikos Du pogrupiai

Užduotys Nuo praktikos Išsaugoti



Šaltinis: sudaryta autoriu

4) bet kurioje formos eilutėje yra galimybė parinkti dėstytoją (4 pav. b)

Modulo taisyms

T170B048 Jungtinis modulis, 6kr.

P-Privilegijos dalys

Stud.sk	T	P	K	KD	SD	Viso
30	48	36	12	64	160	

Jungtinis modulis

ATE-5/1

Ivertis	T	GR	Iip	K	KD	SD	Viso	Dėstytojas
30	24						24	4090 Testas Man
30	18			6	32	56	4090 Testas Man	
30	24						24	4090 Testas Man
30	18			6	32	56	4090 Testas Man	

Atsakyti teorijai nuo praktikos Du pogrupiai

Atsakyti teorijai nuo praktikos Du pogrupiai

Uždaryti Nuo pradžių Išsaugoti

a)

Modulo taisyms

P001B001 Dalykas 1, 6kr.

P-Privilegijos dalys

Stud.sk	T	P	K	KD	SD	Viso
30	32	52	12	64	160	

Jungtinis modulis

ATE-5/1

Ivertis	T	GR	Iip	K	KD	SD	Viso	Dėstytojas
30	32						32	4012 Testas Mat
30	52			12	64	128	4012 Testas Mat	
								0150 Testas BDV
								0151 Testas BOR
								0152 Testas BOR
								0153 Testas BOR
								0154 Testas BOR
								0155 Testas BOR
								4012 Testas Mat

Atsakyti teorijai nuo praktikos Du pogrupiai

Atsakyti teorijai nuo praktikos Du pogrupiai

Uždaryti Nuo pradžių Išsaugoti

b)

4 pav. Programinės formos „DalykoForma“ pavyzdžiai: a – jungtinis modulis, b – dėstytojo parinkimas *Šaltinis: sudaryta autorių*

Programinė forma „IsorinesPraktikosForma“ leidžia paskirstyti pagal nustatytus kriterijus kontaktines valandas vadovams, atsakingiems už kitose įmonėse vykdomas praktikas (5 pav.). Vienai akademinei grupei gali būti priskirta iki 3 praktikos vadovų.

Isorinė praktika

T003B006 Baigiamoji praktika, 6kr.

PRI - Isorinė praktika

ATE-3/1

Stud.sk	T	P	K	KD	SD	Viso
27	8	120			32	160

Dėstytojas:

Stud.sk	Ivertis	Kont.valandos	Dėstytojas
27	1	27	0012 Testas Pris

Uždaryti Nuo pradžių Išsaugoti

5 pav. Išorinės praktikos vadovų priskyrimas *Šaltinis: sudaryta autorių*

BD - Baigiamasis darbas

T003B007 Baigiamasis darbas, 12kr.

BDV - Baigiamasis darbas

ATE-3/1

Stud.sk	T	P	K	KD	SD	Viso
27			30		290	320

Dėstytojas:

Stud.sk	Ivertis	Kont.valandos	Dėstytojas
8	10	80	0150 Testas BDV
8	10	80	4098 Testas Jam
5	10	50	4068 Testas Pam
6	10	60	4090 Testas Man
27		270	

Uždaryti Nuo pradžių Išsaugoti

BD - Baigiamasis darbas

T003B007 Baigiamasis darbas, 12kr.

BDV - Baigiamasis darbas

ATE-3/1

Stud.sk	T	P	K	KD	SD	Viso
27			30		290	320

Dėstytojas:

Stud.sk	Ivertis	Kont.valandos	Dėstytojas
27	1	27	0151 Testas BOR
27		27	

Uždaryti Nuo pradžių Išsaugoti

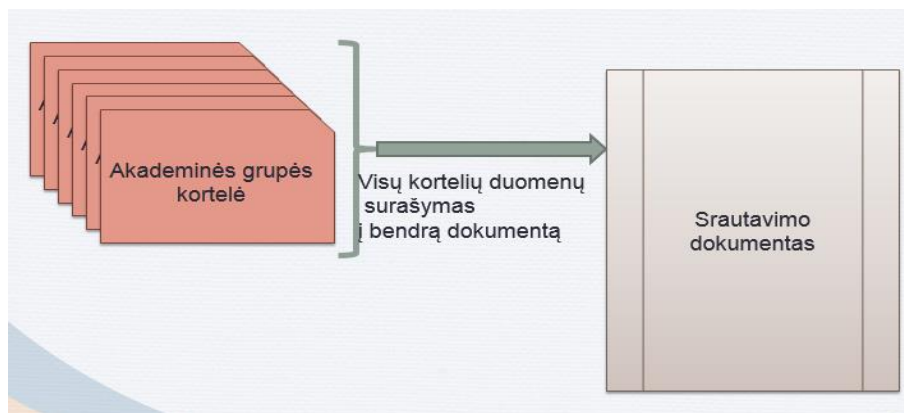
6 pav. Programinės formos „BaigiamojoDarboForma“ pavyzdžiai: a – baigiamojo darbo vadovas, b – baigiamojo darbo recenzentas *Šaltinis: sudaryta autorių*

Programinės formos „BaigiamojoDarboForma“ pagalba galima atlikti šiuos pakeitimus akademinė grupių kortelėse:

- 1) paskirstyti valandas baigiamųjų darbų vadovams (6 pav. a). Leidžiama vienos akademinės grupės studentams priskirti iki 10 vadovų;
- 2) priskirti kontaktines valandas baigiamųjų darbų recenzentams (6 pav. b);
- 3) priskirti kontaktines valandas už baigiamojo darbo atskirų dalių taisymą, baigiamojo darbo konsultavimą ir kt.

Srautavimo dokumento paruošimas

Srautavimo dokumento ruošimui yra sukurtas VBA programinis modulis „Srautavimas“ (apie 750 programinio kodo eilučių), kuris iš visų akademinė grupių kortelių suformuoja vieną bendrą dokumentą (7 pav.). Srautavimo dokumente sukaupiama detali informacija apie visų studijų programų studijų planus, visas einamųjų metų akademines grupes ir visus dėstytojus (8 pav.). Analizuojant šiame dokumente esančią informaciją, galima naudotis MS Excel rūšiavimo ir filtravimo priemonėmis.



7 pav. Srautavimo dokumento paruošimas.

Šaltinis: sudaryta autorių

Modulių jungimo į srautus ir patvirtinimo valdiklių panaudojimas

Studijų modulių srautavimo ir tvirtinimo funkcionalumas realizuotas VBA programinėmis priemonėmis (maždaug 680 programinio kodo eilučių), leidžiančiomis formuoti studijų modulių srautus pagal apribojimus: tas pats studijų modulis, tas pats dėstytojas, vienodas kontaktinių valandų skaičius. Priemonėse įdiegta vizualizacija, leidžianti lengviau kontroliuoti srautavimo procesą (8 pav.).

	A	B	C	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Pažinti	Srautuoti	Pažymėti klaidą										
2	Grupė	Atsako	Dalyko kodas, pavadinimas, kreditų skaičius										
3													
4													
5	1	2											22
742	EE-5	S210B014 Dalykas 1, 3kr.	13										
743	EE-5	S210B014 Dalykas 1, 3kr.	13	6		4,16							EE-5; TESI-5
744	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	7										
745	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	7	3		1,12							
746	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	7										
747	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	7	3		1,12							
748	EE-5	H120B010 Dalykas 2, 3kr.	8										
749	EE-5	H120B010 Dalykas 2, 3kr.	8	6		2,56							
814	EE-5	S210B014 Dalykas 1, 3kr.	7										
815	EE-5	S210B014 Dalykas 1, 3kr.	7	4		3,64							
816	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	3										I-EE-5; I-KI-5; I-PSI-5; I-SI-5/1; I-SI-5/2
817	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	3	2		,78							I-EE-5; I-KI-5; I-PSI-5; I-SI-5/1; I-SI-5/2
818	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	3										I-EE-5; I-KI-5; I-PSI-5; I-SI-5/1; I-SI-5/2
819	EE-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	3	2		,78							I-EE-5; I-KI-5; I-PSI-5; I-SI-5/1; I-SI-5/2
820	EE-5	H120B010 Dalykas 2, 3kr.	8										
821	EE-5	H120B010 Dalykas 2, 3kr.	8	4		4,16							
886	KI-5	H120B010 Dalykas 2, 3kr.	19										KI-5; SI-5/1; SI-5/2; SI-5/3
887	KI-5	H120B010 Dalykas 2, 3kr.	19	6		6,08							KI-5; SI-5/3
901	I-KI-5	H120B003 Jungtinis modulis 1, 3kr.	6										

8 pav. Srautavimo dokumento fragmentas

Šaltinis: sudaryta autorių

Akademinių grupių kortelių ruošimo procedūra leidžia formuoti korteles su galimybe tikslinti duomenis konkrečioms mokslo metams, įvedant informaciją, susijusią su akademinių grupių studijų procesu.

Srautavimo dokumente pateikiama informacija apie Kolegijoje realizuojamų studijų programų visų akademinių grupių studijų procesą. Tai įrankis, skirtas studijų proceso duomenų analizei ir ataskaitų sudarymui, kuriuo naudojasi įvairios KTK tarnybos: personalo specialistas, finansų ir apskaitos tarnyba, departamentai ir kt.

Eksplloatuojant sukurtas priemones, išryškėjo trūkumas: atliekant pakeitimus pirminiuose dokumentuose, t.y. studijų programų tinkliuose, tenka iš naujo atlikti akademinių kortelių performavimo procesą, kuris reikalauja nemažai laiko ir darbo sąnaudų.

Išvados

1. Akademinių grupių kortelių formavimo procesas realizuotas MS VBA ir MS Excel priemonėmis, kas palengvino ir supaprastino akademinių grupių korteles įvestų duomenų koregavimą bei paspartino vieną iš pagrindinių pedagoginio krūvio skaičiavimo etapų.

2. Sukurtos formos, skirtos akademinių grupių kortelių tikslinimui, palengvina ir supaprastina akademinių grupių kortelių duomenų koregavimo darbą studijų programų departamentų vadovams;
3. Srautavimo dokumento bei valdiklių panaudojimas sudarė galimybę lanksčiau manipuliuoti užsiėmimų jungimu į srautus, ieškant optimalaus sprendimo.
4. Įdiegtos MS VBA ir MS Excel priemonės, leido paspartinti pedagoginio krūvio formavimo einamiesiems mokslo metams procesą ir tuo pačiu pagerinti studijų organizavimo proceso kokybę.
5. Įdiegtos priemonės neturi funkcionalumo, kuris leistų iš naujo neformuoti akademinių grupių kortelių, kintant studijų programų studijų planams. Reikalingos naujos priemonės, kurios leistų studijų programų planų detalizavimą pagal kursus.

Literatūra

1. Excel VBA Tutorial - Easy Excel Macros. [žiūrėta 2015-12-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.excel-easy.com/vba.html>>.
2. Getting Started with VBA in Excel 2010. [žiūrėta 2015-12-01]. Prieiga per internetą: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ee814737%28v=office.14%29.aspx>>.
3. Parengtos rekomendacijos dėl dėstytojų darbo krūvio sandaros. [žiūrėta 2015-12-01]. Prieiga per internetą: <https://www.smm.lt/web/lt/pranesimai_spaudai/parengtos-rekomendacijos-del-destytoju-darbo-kruvio-sandaros>.
4. Visual Basic for Applications [žiūrėta 2015-12-01]. Prieiga per internetą: <https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications>.

ACADEMIC GROUP CARDS' PREPARATION BY USING MS VBA (VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS) AND MS EXCEL TOOLS

Summary

The latest technology is spreading through science, business, production and private life. Modern information technologies enable us to collect and process available information qualitatively and efficiently. The article presents one stage of the calculation for measuring academic loads using MS VBA and MS Excel. This stage is called the formation of academic groups' cards. Solutions and tools, chosen and implemented for the creation of academic group cards, facilitate and simplify the management of data that is entered into the aforementioned cards and accelerate the creation of teaching workloads for the current school year. The accumulated information is further used for scheduling classes, establishing staff work schedule, payroll accounting and control of their work performance.

Key words: information technology, academic groups' cards, study plan, academic information system, MS VBA, MS Excel.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Algimantas Ambrazas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Informatika ir informacinės sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 687 70873, algimantas.ambrazas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jolita Bučelienė.

Mokslo laipsnis ir vardas:

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos krypties studijų programų departamento lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: edukologiniai tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 26927, jolitabuceliene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Algimantas Ambrazas

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Kaunas Technical College, lecturer of Transport and Mechanical Engineering Study Fields Study Programs Department

Author's research interests: Information Technology.

Telephone and e-mail address: +370 687 70873, algimantas.ambrazas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Jolita Bučelienė.

Science degree and name:

Workplace and position: Kaunas Technical College, lecturer of Transport and Mechanical Engineering Study Fields Study Programs Department

Author's research interests: Research in Education

Telephone and e-mail address: +370 610 26927, jolitabuceliene@edu.ktk.lt

MATEMATIKA FIZIKOJE: PROBLEMOS IR GALIMYBĖS KOLEGINĖSE STUDIJOSE

Raimonda Sūdžiuvienė, Vilma Jakubauskienė, Vida Gerikienė, Svetlana Mitkuvienė

Klaipėdos valstybinė kolegija

Anotacija

Straipsnyje ieškome atsakymų į vieną svarbiausių rinkos diktuojamų klausimų: ar yra ribos tarp mokslinės ir praktinės veiklos? Naujas požiūris, technologijos proceso fizikinės prasmės suvokimas, atsakingos gamybinės manipuliacijos paverčia darbininką arba technologą naujo tipo gamybininku. Norint valdyti šiuolaikinės gamybos procesus, reikia išsamių mokslo žinių. Fundamentalios žinios – jau nebe daiktai, sustatyti garbingoje knygų lentynoje. Jos naudojamos kasdien ir padeda spręsti svarbius gamybos uždavinius. Ribos tarp mokslinės ir praktinės veiklos pamažu nyksta, o aukštojo mokslo misija – teikti jo gavėjams konkurencinį pranašumą ne tik dabar, bet ir ateityje. Studentas jau nuo pirmo kurso turi suprasti, kad būtent fundamentalios žinios suteikia inžinieriui galimybę suprasti ir įsisavinti naują techniką bei technologijas, naujus gamybos organizavimo principus, todėl fundamentalaus lavinimo suvokimas yra vienas iš Bolonijos proceso prioritetų. Tačiau šiems tikslams pasiekti vien norų neužtenka. Šio straipsnio tikslas: išanalizuoti koleginiio mokslo fizikos ir matematikos programas, vadovėlius, inovacijas studijų procese, kreipiant dėmesį į šių dalykų turinio suderinamumą studijų procese. Siekiant gauti atsakymą į iškeltas problemas atlikta literatūros šaltinių analizė. Norisi tikėti, kad išsprendus šias problemas, studentas, pasirinkęs universitetines ar kolegines studijas, nebekels klausimo: kam man bus reikalingi gyvenime fundamentalieji mokslai?

Reikšminiai žodžiai: fundamentalieji mokslai, fizikos ir matematikos mokymas, tarpdalykinė integracija.

Ivadas

Žinių svarba ekonomikos plėtrai vis didėja. Žinios lemia skirtumą tarp gerovės ir skurdo organizacijose, tarp individų, valstybėse bei tarp jų. Analizuojant žinių valdymo esminius principus, visų pirma svarbu suvokti kas yra žinios. Žinios – tai duomenys, faktai ir informacija, kurie yra žinomi ir kurie gali būti perduoti kitiems įvairiomis formomis, arba žmogaus žinojimo visuma, besiremianti asmenine patirtimi ir mąstymu. Geriausia darbuotojų patirtis, išmintis ir žinios, panaudotos reikiamu laiku bei būdu, gali padėti pasiekti pačių geriausių rezultatų profesinėje srityje. Klausimas kitas: kaip sugebėti valdyti ir taikyti tas įgytas žinias?

Dabartinis koleginių studijų tikslas – ne siaura profesinė specializacija, bet savarankiškos, nuolat besimokančios asmenybės, turinčios konkurencingą kvalifikaciją, ugdymas. Baigę kolegiją, studentai turi gebėti pademonstruoti kompetenciją bazinių žinių, susijusių su atitinkamu studijų dalyku, bei fundamentalių žinių mokėjimus. Šiuolaikinis inžinierius turės gebėti dirbti nuolat kintančiame technologijų pasaulyje, mokėti prisitaikyti prie rinkos diktuojamų sąlygų, todėl labai svarbu, kad besimokydamas jis įgytų ne tik profesinių, bet ir fundamentalių žinių. Nors mokslo įstaigos tai supranta, bet tos dvi tendencijos viena su kita mažai susiejamos. Klaidingą nuomonę susidarė aukštųjų mokyklų dėstytojai, kurie mano, jog kompetencijoms pasiekti ir įgyvendinti reikalingos tik specialybės dalykų žinios ir praktiniai gebėjimai, o fundamentalios žinios reikalingos tik tiek, kiek įsisavintos vidurinėje mokykloje.

Šiame straipsnyje bandysime pagrįsti mintį, kad fundamentalus absolvento paruošimas yra pagrindas jo būsimum profesiniam lankstumui, gebėjimui prisitaikyti kintančios rinkos sąlygomis viso profesinio gyvenimo laikotarpiu. Kadangi būtent fundamentalios žinios suteikia inžinieriui galimybę suprasti ir įsisavinti naują techniką bei technologijas, naujus gamybos organizavimo principus, todėl fundamentalaus lavinimo suvokimas yra vienas iš Bolonijos proceso prioritetų.

Tačiau čia svarbu prisiminti senovės išminčių tiesą, kad vienas lauke ne karys, ir įvertinti tarpdalykinių ryšių svarbą studijų procese. Literatūroje sakoma, kad dalykų integracija sudaro prielaidas pastebėti ne tik bendrybes, bet ir skirtumus. Dalykų ryšiai mažina faktinių žinių kiekį, moko studentus analizuoti ir remtis įgytomis žiniomis (Salienė, 2004). Pastaruoju metu tarpdalykinės integracijos problemas teoriniu aspektu nagrinėjo A. Blumas (1994), H. Jakobas (1987), T. Pjankova (1995), Ž. Jackūnas (1997), tačiau trūksta konkrečių praktinio taikymo pavyzdžių. Ir čia labai svarbi dėstytojo, kaip žinių perteikėjo, asmeninė patirtis, nes dėstytojas turi gebėti rasti ryšius tarp giminingų matematikos ir fizikos žinių ir mokėti juos jungti į vientisą sistemą. Taip pat dėstytojas turi turėti informacijos apie studento gebėjimus, įgytus mokantis gimnazijose, kad būtų galima sieti įgytas ir naujai įgyjamas žinias.

Matematika yra vienas seniausių ir fundamentaliausių mokslų, kurio metodai labai plačiai taikomi tiek inžinerijoje, tiek kituose moksluose. Ne veltui sakoma, jog šiais laikais matematika yra mokslų tarnaitė. Tačiau nežiūrint tokio „kuklaus“ jos įvertinimo, be matematikos ir jos metodų tiesiog nebūtų įmanomas joks šiuolaikinis mokslas. Ir ne tik mokslas – visa ekonomika ir finansų rinka laikosi ant matematinių prognozių ir analizių. Socialinių reiškinių modeliavimas tampa viena iš perspektyviausių veiklos sričių, be kurių išmanymo negali apsieiti ne tik verslininkai, bet ir politikai, ir joks inžinierius dar nėra sukūręs šiuolaikinio

įrenginio arba sistemos, nesinaudodamas matematiniais skaičiavimais. Kita vertus, tik eksperimentas atsako ar teorija yra teisinga, o fizika savo esme ir yra eksperimentinis mokslas. Išmanant fizikos mokslo pagrindus, pakanka labai nedidelio žingsnelio beveik į bet kurias inžinerinio profilio pareigas. Nėra keista – juk kiekviena inžinerijos kryptis remiasi konkrečiais taikomosios fizikos mokslo atradimais ir žiniomis. O jei išmanai pagrindinius dėsnius, iki jų pritaikymo ir panaudojimo praktikoje belieka mažas žingsnelis. Galileo Galilėjus (1564-1642) teigė, kad gamtos knyga parašyta matematikos kalba ir griežtai vienareikšmiškai fizikos dėsningumus galima užrašyti tik matematinėmis formulėmis. Jam pritarė ir Imanuelis Kantas (1724-1804) sakydamas, kad kiekviename gamtos moksle esama tiek tiesos, kiek esama matematikos. Taigi matematikos ir fizikos dalykų sąryšis buvo pastebėtas jau senai. Štai kodėl šiuos du dalykus aptariame straipsnyje.

Jau septintus metus skaičiuoja 2009-ųjų metų aukštojo mokslo reforma Lietuvoje. Šios reformos eigoje labai sumažėjo matematikos ir fizikos dalykų valandų skaičius inžinerinėse studijose. Tačiau Švietimo ir mokslo ministerija aukštojo mokslo inžinerinės krypties studijoms diktuoja poreikį praplėsti bendrosios fizikos bei matematikos studijų dalykų turinius, įtraukiant naujas žinias apie šiuolaikinės fizikos pasiekimus bei matematikos pritaikomumą. Dėstymo ir studijavimo strategija turi būti sukurta taip, kad studentams suteiktų aktualias dalykines žinias, gebėjimus ir praktinius įgūdžius, reikalingus darbui su bendrąja inžinerija susijusiose srityse. Dėstymo turinys turi būti nuolat atnaujinamas ir tobulinamas, į studijų procesą integruojant naujas žinias ir inovatyvius mokymo metodus, derančius su mokymosi visą gyvenimą koncepcija (Bendrosios inžinerijos studijų krypties aprašas, 2014m). Tačiau pastarojo dešimtmečio informacinės revoliucijos pasekmė privedė prie to, kad prieinamos informacijos kiekis tapo tokios apimties, kokios neįmanoma sėkmingai perteikti studentams per sąlyginai trumpą mokymo laikotarpį.

Iš kitos pusės, aukštas šiuolaikinės fizikos teorinis lygis verčia vis dažniau naudoti matematinius elementus bei skaičiavimo metodus. Pavyzdžiui, jau pirmoje bendrosios fizikos dalyje, perteikiant klasikinės mechanikos pradmenis, aukštosios mokyklos dėstytojas privalo naudoti diferencialinio bei integralinio skaičiavimo elementus. Tam tikri fizikos dėsniai ir formulės užrašomi, naudojant išvestinių, diferencialų bei integravimo sąvokas ir žymėjimus, laikantis nuostatų, kad studentas, tik įstojęs į aukštąją mokyklą, jau yra juos įsisavinęs vidurinį ugdymą teikiančiose mokyklose. Deja, praktika neatitinka realybės. Į kolegiją stoji dalis studentų, kurie mokykloje matematiką mokėsi bendruoju kursu ir su integralais nėra visiškai susipažinę. Kita dalis – paskutinius du metus mokykloje visiškai nesimokė fizikos, todėl dažniausiai net neprisimena fizikinių dydžių sąryšių.

Matematikos ir fizikos dalykai aukštosiose mokyklose dažniausiai, prasideda vienu metu – pirmame semestre. Tačiau matematikos dalyko kurse matematinės analizės skyriaus temos dėstomos tik pirmojo semestro antrojo pusėje, o fizikoje matematinės analizės elementai taikomi jau nuo semestro pradžios. Taigi akivaizdus metodologinis atotrūkis tarp fizikos ir matematikos dalykų dėstymo. Šio atotrūkio aplinkybės išryškina svarbią „ideologinę“ problemą, kurią galima suformuluoti klausimo pavidalu: kaip mokyti matematikos ir fizikos inžinerinių studijų programų studentus, kad būtų pasiektas inžinerinės krypties studijų bendrasis tikslas – įgyti pakankamų matematikos ir kitų fizinių mokslų, inžinerijos mokslų, inžinerinio projektavimo žinių, išsiugdyti gebėjimą tas žinias taikyti ir kurti naujas žinias (Bendrosios inžinerijos studijų krypties aprašas, 2014 m)? Siekiant realizuoti šį tikslą, aukštosiose mokyklose planuojamas studijų procesas ir parenkamos tinkamos mokymo priemonės (pavyzdžiui, vadovėliai) jam vykdyti.

Taigi šio **tyrimo problema** sudaro tai, kad lyg visi žinome, jog žmogui, išmanančiam fizikos mokslo pagrindus, pagrįstus matematiniais modeliais, pakanka labai nedidelio žingsnelio į bet kurias inžinerinio profilio pareigas, bet nei gimnazijose, nei aukštosiose mokyklose nesugebame sudėlioti programų, parašyti vadovėlių taip, kad ne atitolintume domėjimąsi tiksliaisiais mokslais, o pritrauktume jaunimą juos analizuoti, ugdant inžinerinių studijų pagrindus.

Tyrimo objektas: Klaipėdos valstybinės kolegijos Technologijų fakulteto bibliotekoje esantys fizikos ir matematikos vadovėliai bei atskiros studijų programos.

Tyrimo tikslas: siekiant suteikti studentams pakankamai fundamentalių žinių, atskleisti matematikos, fizikos ir profesinių studijų dalykų programų turinio suderinamumo aspektus.

Studijų proceso problemos, galimybės ir perspektyvos

Technologijų mokslų (inžinerijos) studijų srities fundamentalumą sudaro bendrųjų dalykų (matematikos, fizikos, informacinių technologijų, inžinerinės grafikos) bei technologijos fundamentaliųjų dalykų (elektrotechnikos ir mechanikos) apimtys. Bet pažvelgus atidžiau, atgaminame seną tiesą: lazda turi du galus. Kreditų daug, o kas po jais slepiasi? Fizikai skirtos 160 val., bet iš jų tik 34 val. teorijai, matematikai – 480 val., bet iš jų 64 teorijai. Ištęstinėse studijose skaičiai dar įspūdingesni: fizikai skirta 30 kontaktinių valandų, iš jų 14 teorijai; matematikai – 60 val., iš jų teorijai 20. kažkas paprieštaraus, kad

valandų skaičius nevaizdina lemiamo vaidmens perteikiant žinias, kad šiuolaikinėje mokslo įstaigoje akcentuojami ne žinių perteikimo, faktų įsiminimo, o mokymosi mokytis, kritinio mąstymo, komandinio darbo ir kiti gebėjimai. Visa tai puiku, kai tų žinių bagažas yra, bet jei jų nėra – visa tai netenka prasmės. O realybė yra būtent tokia.

Fizikos mokslų pažanga yra labai susijusi su matematika, o ir matematikoje gausu fizikos idėjų bei sąvokų, kurios įeina į pastarosios mokymo turinį. Tačiau tarp matematikos ir fizikos dėstymo ir įsisavinimo inžinerinėse studijose egzistuoja reikšmingi skirtumai.

Pateiksime trumpą palyginimą matematikos ir bendrosios fizikos dalykų programų inžinerinės krypties kolegines studijose (skirtingose aukštosiose mokyklose matematikos ir fizikos studijų programos gali skirtis, tačiau skirtumai nebūna labai reikšmingi ir nėra svarbūs). Kaip jau buvo pažymėta, fizikos kursas pradedamas klasikine mechanika, kurioje jau nuo pirmųjų užsiėmimų būtina naudoti vieno kintamojo funkcijos išvestinės ir integralo sąvokas, o spendžiant uždavinius, tenka atlikti matematines operacijas ir su kelių kintamųjų funkcijomis. Matematikos kurso pirmo semestro turinį sudaro: tiesinė algebra, vektorinė geometrija, plokštumos ir erdvės analizinė geometrija, riba ir tolydumas, vieno kintamojo funkcijų išvestinė ir jos taikymas bei kelių kintamųjų funkcijų diferencialinis skaičiavimas. Akivaizdu, kad prie matematinės išvestinės sąvokos prieinama tik pirmojo semestro pabaigoje, o integralo sąvoka pateikiama jau antrame semestre, kai bendrosios fizikos kursas dažniausiai jau būna baigtas.

Skyriuje „Klasikinė mechanika“ fizikams tenka nagrinėti paprasčiausias pirmojo bei antrojo laipsnio diferencialines lygtis. Be šių lygčių neįmanoma paaiškinti antrojo Niutono dėsnio, kinematinio judėjimo lygčių, įvairaus pobūdžio virpesių lygčių ir pan. Savo ruožtu, matematikoje diferencialines lygtis nagrinėti pradedama tik antrojo semestro viduryje. Taigi, fizikai priversti papildomai pateikti bent trumpą informaciją apie dalines išvestines, diferencialines lygtis, norint nagrinėti virpesių teoriją bei pernešimo reiškinius ir dalį molekulinės kinetinės teorijos.

Situacija dar daugiau komplikuojasi, kai studentai pradeda nagrinėti skyrių „Elektros srovė ir magnetizmas“, į kurį įtraukti beveik visi aukštosios matematikos elementai: integralinis kūno tūrio ir paviršiaus ploto skaičiavimas, tiesinis integralas ir t.t. Nagrinėjant elektromagnetinių bangų spektrinį skaidymą, reikalingas Furje eilučių išmanymas. Tačiau šios temos matematikos paskaitose dėstomos tik antrame semestre.

Ypatingai dideli neatitikimai matematikos ir fizikos dalykuose išryškėja, kai kalbame apie tikimybių teorijos bei matematinės statistikos elementų nagrinėjimą. Be tikimybių teorijos elementų neįmanoma fizikoje paaiškinti Maksvelo bei Bolcmano pasiskirstymo funkcijų, entropijos statistinės prasmės. Puikiai suprantame, kad tik remdamiesi statistikos elementais, galime paaiškinti paklaidų teoriją, kurią studentai turi išmanyti jau pirmuosiuose laboratoriniuose darbuose. Trumpai paanalizavus koleginių studijų fizikos ir matematikos dalykų turinį bei studijų sąryšį laike, galime teigti, kad fizikos ir matematikos ryšius riboja studijų programų bei vadovėlių informacijos turinys ir, kad šių dalykų dėstymas nėra pilnai suderintas laike.

Fizikos dalyko studijų rezultatus lemia studentų pasirėngimas savarankiškai ir kūrybinei veiklai, gebėjimas suvokti fizikinę informaciją. Studentai paskaitose manipuliuoja ne vien realiu daiktu, bet ir sąvoka, matematiniu simboliu, grafiku, schema. Ypač sudėtinga pereiti nuo manipuliavimo realiais daiktais prie veiksmų su matematiniais simboliais (Šlekienė, 2000: 226). Reikia žinoti matavimo vienetų, matavimo taisyklės, įvertinti paklaidas, analizuoti uždavinius, pateikti rezultatus grafiškai, išreikšti fizikinių dydžių funkcinius sąryšius, o tam būtinas geras matematikos žinojimas (Šedžiuvienė, 2006: 76) ir tai akivaizdu mūsų atliktoje analizėje (1 lentelė).

1 lentelė

Matematikos ir fizikos dalykų turinio integracija

Paskaitų ir praktinių užsiėmimų temos	Fizikos ir kitų studijų dalykų temos, kuriose naudojamos/reikalingos šios matematinės žinios ir gebėjimai
1. Tiesinė algebra.	Fizikinių reiškinių modeliavimas. Valdymo sistemų formalūs modeliai. Grandinių analizė. Skaičiavimai elektros grandinėse.
2. Vektorinė geometrija.	Teorija ir skaičiavimai elektros grandinėse. Elektrinės galios skaičiavimai.
3. Plokštumos ir erdvės analizinė geometrija.	Naudojamos daugelyje fizikos kursų. Šviesos technika. Teorija ir skaičiavimai elektros grandinėse.
4. Vieno kintamojo funkcijų diferencialinis skaičiavimas	Klasikinė mechanika Naudojamos visuose fizikos kursuose. Optimizavimo uždaviniai. Elementarieji skaičiavimai.
5. Kelių kintamųjų funkcijų diferencialinis skaičiavimas.	Klasikinė mechanika

Paskaitų ir praktinių užsiėmimų temos	Fizikos ir kitų studijų dalykų temos, kuriose naudojamos/reikalingos šios matematinės žinios ir gebėjimai
	Optimizavimo uždaviniai. Elementarieji skaičiavimai. Virpesių teorija.
6. Neapibrėžtinis integralas.	Klasikinė mechanika Sistemų modeliavimas. Elementarieji skaičiavimai.
7. Apibrėžtinis integralas ir jo taikymas.	Elektros srovė ir magnetizmas.
8. Diferencialinės lygtys.	Klasikinė mechanika. Naudojamos visuose fizikos kursų. Dinaminių schemų modeliavimas. Virpesių teorija.
9. Skaičių ir funkcijų eilutės.	Elektromagnetinių bangų spektrinis skaidymas.
10. Kompleksiniai skaičiai.	Optika. Automatinis valdymas, sistemų modeliavimas. Teorija ir skaičiavimai elektros grandinėse.
11. Tikimybių teorija ir matematinė statistika.	Paklaidų teorija. Maksvelo bei Bolcmano pasiskirstymo funkcijos.

Šaltinis : sudaryta autorių, remiantis Pečiuliauskienė P. *Vidinis ir tarpdalykinis fizikos turinio integravimas* (2002).

Prieiga per internetą: <<http://www.biblioteka.vpu.lt/elvpu/35633.pdf>>

Dar viena problema siejasi su bendrojo lavinimo mokyklomis, kur mokiniai įgyja šių dalykų pagrindus. Ten taip pat matomas stiprus atotrūkis tarp kai kurių fizikos ir matematikos žinių pateikimo ir įsisavinimo. Pavyzdžiui, tokius matematikos skyrius, kaip veiksmai su trupmenomis, apytikslės reikšmės, matavimo vienetai ir t.t., mokiniai mokosi 5-10 klasėje, o įgytas matematinės žinias fizikoje panaudoja 11-12 klasėje sprendžiant uždavinius. Dėl šios priežasties ir moksleiviai, ir studentai dažnai negeba fizikos užduočių atlikti iki galo, t.y. iki bendro skaitinio atsakymo gavimo.

Atrodo visi žinome ir suprantame, kad mokinių gebėjimas manipuluoti tarpusavyje susijusiais dalykais, labai svarbus dalykų tarpusavio sąryšiui, bet, vartant vadovėlius, matome visai ką kitą ir susidaro įspūdis, kad vadovėlius rašo žmonės niekada nedirbę mokymo įstaigose. Anot Šlekienės V. (2000), mokantis 9 klasės fizikos kursą, reikalingos 5-9 klasių matematikos pamokose įgytos žinios. Dalį matematikos kurso žinių mokiniai įgijo maždaug prieš 3-4,5 metus (koordinatų plokštuma prieš 3 m., skaičiaus kvadratas prieš 3,5 m., apytikslės reikšmės prieš 4,5 m.).

Paminėti neatitikimai matematikos ir fizikos dalykų turiniuose dar stipriau išryškėja dėl skirtingų matematinių ir fizikinių dydžių, simbolių žymėjimų. Tai labai akivaizdu lyginant gimnazijų ir aukštųjų mokyklų matematikos ir fizikos metodines priemones bei aukštųjų mokyklų ir universitetų knygas skirtingiems studijų dalykams (mechanikos, hidraulikos, medžiagotyros ir t.t.). Todėl pirmo kurso studentams, turintiems gerus matematinius pagrindus, labai sunku juos pritaikyti kitų dalykų studijose.

Ir čia verta prisiminti Komenskį J. A., kuris „Didžiojoje didaktikoje“ rašė: gamta nuolat žengia į priekį, niekada nesustoja, niekada neima naujo dalyko, pametus jau pradėtą, bet varo jį toliau, plečia ir baigia (1986). Todėl mokyklose visas mokymas turi būti taip sutvarkytas, kad einamas dalykas visuomet remtųsi išeitu, o išeitąjį sutvirtintų einamas (Komenskis, 1986: 38). Tačiau technologinė pažanga ir didžiulis gyvenimo tempas dažnai šias gerai žinomas tiesas priverčia pamiršti.

Vadovėliai ir jų atitikimas studijų programoms

Mokslinė literatūra, vadovėliai yra viena svarbiausių studijų proceso dalių. Geras vadovėlis garantuoja aukštą studijų kokybę ir ne tik suteikia žinių, bet ir ugdo požiūrį, plėtoja studentų vertybių sistemą. Net ir labiausiai pažengusiose šalyse, pavyzdžiui, Islandijoje, apie 60 proc. paskaitų laiko studentai dirba su vadovėliu (Johnsen, 1993: 14). Jokia švietimo reforma neduos vaisių, kol naujos idėjos nebus išdėstomos vadovėliuose. Vadovėlis studentui - viena iš saviugdos priemonių, o dėstytojui - studijų organizavimo priemonė.

Suprantama, vykstant aukštųjų mokyklų pertvarkai, nuolat atnaujinamos studijų programos. Todėl vadovėlių šiuolaikiškumas bei jų kokybė tampa aktualia problema. Vadovėliu laikoma tokia priemonė, kuri skiriama ne mažiau kaip vieno dalyko modulio studijoms; humanitarinių mokslų, meno ir socialinių mokslų studijų vadovėliai gali būti skiriami ir dalyko modulio dalies studijoms (Lietuvos respublikos Švietimo ir mokslo ministro įsakymas „Dėl aukštųjų mokyklų vadovėlių kokybės vertinimo komisijos nuostatų patvirtinimo, 2009). Aukštųjų mokyklų vadovėlis turi atitikti tam tikrus reikalavimus. Bendruosiuose reikalavimuose vadovėliams rengti (2006) keliama tokie didaktiniai reikalavimai:

- integralumas. Vadovėlyje vartojamos sąvokos ir terminai bei naudojami sutartiniai žymenys ir santrumpos turi būti pripažinti ir suderinti su kitais mokslais. Vadovėlyje taip pat rekomenduojama pateikti medžiagą, kuri integruoja gretimų mokslų žinias;
- sistemingumas. Vadovėlis turi būti sudaromas pagal aiškią loginę sistemą. Vadovėlio medžiaga turi būti pateikiama atsižvelgiant į anksčiau įgytas žinias ir apibendrintą mokslo žinių sistemą;
- atitikimas pasirengimo lygi. Medžiaga turi būti pateikiama atsižvelgiantį studentų ankstesnį pasirengimą, pagal jų išsilavinimo lygį ir jiems būdingą pažinimo logiką, o ne tik akademinę sistemą.

Tačiau problemų yra labai daug, nes habilituoti mokslo daktarai, profesoriai, docentai, parengę vadovėlius universitetams ar kitoms aukštosioms mokykloms, yra labai toli nuo bendrojo lavinimo mokyklų problemų ir atvirksčiai: mokyklų ekspertams, metodininkams, išleidusiems vieno ar kito dalyko vadovėlius, visai svetimos aukštųjų mokyklų problemos. Be to, vadovėlių leidyba nespėja atliepti mokyklų programų kaitos. Pavyzdžiui, aukštųjų mokyklų fizikos ir matematikos vadovėliuose naudojami tokie žymėjimai, kokių pirmo kurso studentas, ką tik baigęs bendrojo lavinimo mokyklą, dar nėra matęs, nes mokykliniame matematikos kurse nenaudojami diferencialo bei ribos žymėjimai, kelių dėmenų sumos simbolis ir panašiai. Keletas fizikos formulų, kurias rastume pirmo kurso studento užrašuose jau rugsėjo mėnesį:

$$a) \text{ taško greitis: } \vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}; \quad (1)$$

$$b) \text{ taško pagreitis: } \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{s}}{dt^2}; \quad (2)$$

$$c) \text{ kampinis greitis: } \omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}; \quad (3)$$

$$d) \text{ uždaros sistemos impulso tvermės dėsnis: } \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const.} \quad (4)$$

Ir čia reikia pripažinti, kad pirmojo kurso studentams yra sunkiai suprantama mokomoji medžiaga, kuri pateikiama aukštosioms mokykloms skirtuose leidiniuose, todėl studentai dažniau naudojami studijų dalykų (matematikos ir fizikos) paskaitų konspektais, nes juose medžiaga geriau susisteminta, jos yra tiek, kiek pakanka atsiskaitymui ir atitinka besimokančiųjų lygmenį.

Labai svarbu suprasti, kad realaus turinio užduočių sprendimas fizikos mokyme(si) turi ypatingą svarbą. Taip yra todėl, kad tikrovėje glaudžiai tarpusavyje susiję gamtos reiškiniai, fizikos moksle yra išskirstyti į atskiras grupes: mechaninius, elektrinius, šiluminius ir t.t. Kiekvienos tokios grupės reiškiniai, objektai yra supaprastinti, sukuriant tam tikrus pavienius, izoliuotus jų modelius (Pečiuliauskienė, 2002: 208). Bet kai tokie abstraktūs modeliai įsisavinami, vėl yra svarbu panaikinti dėl tokio supaprastinimo atsiradusias ribas, suprastus fizikinius modelius grąžinti į tikrovę. Tačiau tokio modelio perkėlimas į realų pasaulį reikalauja atidumo ir daug pastangų. Juk, gerai mokėdami konkretų fizikos dėsni, apibrėžimą, ne visi mokiniai geba jį taikyti sudėtingesnėms fizikos užduotims atlikti, pasinaudojant juo paaiškinti konkrečioje buitinėje aplinkoje vykstančius reiškinius. Viena iš priežasčių, trukdanti taikyti įgytas fizikos ir kitų dalykų žinias praktikoje, pasak Pečiuliauskienės P. (2002), yra ta, kad vadovėlio užduotys yra tvarkingos, grynos, abstrahuotos, o tikrovėje - netvarkingos, sudėtingos, realios. Bet vadovėliuose paprastos realybės dažnai pasigendame.

Svarbu suprasti, kad tarpdalykinių ryšių realizavimas turėtų būti abipusis, t. y. vykti tiek fizikos, tiek matematikos paskaitose, tačiau dėl mažo kontaktinių valandų skaičiaus matematikos dėstytojas neturi galimybės plačiau nagrinėti fizikinių uždavinių. Todėl stengiamasi bent pademonstruoti ryšį tarp fizikos ir matematikos dėsnių ir formulų konkrečiais pavyzdžiais (2 lentelė).

2 lentelė

Tarpdalykinė fizikos ir matematikos formulų integracija

Nr.	Fizikinė diferencialinė lygtis	Matematinė interpretacija	Matematinė diferencialinė lygtis
1.	Harmoninių svyravimų diferencialinė lygtis: $\frac{d^2s}{dt^2} + \omega_0^2 s = 0$ s- tiriamo dydžio nuokrypis nuo pusiausvyros laiko atžvilgiu t; ω_0- ciklinis dažnis	$s(t) = y$, tai $\frac{d^2s}{dt^2} = y''$ $\omega_0 = C$ - duotas dydis	$y'' + Cy = 0$ $y'' = Cy$ $(y'' = f(y, y'))$ - paprasčiausia antros eilės diferencialinė lygtis

Nr.	Fizikinė diferencialinė lygtis	Matematinė interpretacija	Matematinė diferencialinė lygtis
2.	Slopinamųjų svyravimų lygtis: $\frac{d^2 s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = 0$ s - svyravimą reiškiantis dydis, ω_0 - sistemos savasis ciklinis dažnis, δ - slopinimo koeficientas	$s(t) = y$, tai $\frac{ds}{dt} = y'$ $\frac{d^2 s}{dt^2} = y''$ $2\delta = p$ - duotas dydis $\omega_0 = q$ - duotas dydis	$y'' + py' + q = 0$ - tiesinė homogeninė antros eilės diferencialinė lygtis su pastoviais koeficientais
3.	Priverstinių svyravimų diferencialinė lygtis: $\frac{d^2 s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = x_0 \cos(\omega_0 t)$ x_0 - apskaičiuojamas dydis	$s(t) = y$, tai $\frac{ds}{dt} = y'$ $\frac{d^2 s}{dt^2} = y''$ $2\delta = p$ - duotas dydis $\omega_0 = q$ - duotas dydis x_0 - duotas dydis $x_0 \cos(\omega_0 t) = f(t)$	$y'' + py' + q = f(t)$ - tiesinė nehomogeninė antros eilės diferencialinė lygtis su pastoviais koeficientais

Šaltinis: sudaryta autorių

Diferencialinių lygčių sprendimui taikomos įvairios nemokamos kompiuterinės programos bei skaičiuoklės (<http://reshit-online.ru/diff-equation.html>).

Tačiau kolegijose neanalizuojamos lygtys

$$* \text{ bangos lygtis } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}; \quad (5)$$

$$* \text{ šilumos laidumo lygtis } \frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}; \quad (6)$$

$$* \text{ Laplaso lygtis } \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0. \quad (7)$$

Tokių lygčių sprendimai nagrinėjami, pvz., matematinės fizikos bei matematinio modeliavimo dalykų atskirose temose. Kiekvienos fizinės sistemos (elektrinės, mechaninės, ekonominės ir kt.) arba proceso (šiluminio ir kt.) valdymas yra susijęs su poveikiu jos elgsenai, pagal nustatytą dėsnį, keičiant sistemos (proceso) užduoties įėjimus. Matematinė išraiška pateiktas fizinės sistemos arba proceso elgsenos aprašymas yra vadinamas matematiniu modeliu. Diferencialinės lygtys naudojamos bemaž visuose matematiniuose modeliuose, kuriais bandoma aprašyti realaus gyvenimo laiko srities problemas. Dauguma gamtos dėsnių ir hipotezių gali būti aprašyti matematine kalba - diferencialinėmis lygtimis (diferencialinių lygčių sistemomis), kuriose įvertinama išvestinių fizinė ir geometrinė prasmė. Kai sistemos (proceso) matematinis modelis yra aprašytas diferencialine lygtimi, tai kitas žingsnis, sprendžiant jos valdymo analizės uždavinį, turėtų būti šios diferencialinės lygties sprendimas (integravimas) ir surasto sprendinio panaudojimas sistemos (proceso) elgsenai prognozuoti.

Nors inžinerinėje praktikoje sistemų valdymo analizės uždaviniams spręsti vis dar tebenaudojamos įvairios diferencialinių lygčių transformacijos (Laplaso ir pan.), šiuolaikinių sprendimo metodų ir modeliavimo priemonių evoliucija leidžia teikti pirmenybę klasikiniams diferencialinių lygčių sprendimo metodams.

Peržvelgus kelių kolegijų matematikos dalyko programas, nei vienoje iš jų neteko matyti matematinio modeliavimo kurso. Gal tame ir yra problema, nes, norint parengti gerą specialistą, gebantį išgyventi konkurencinėje aplinkoje, reikia jam suteikti labai daug žinių, kurios nebūtų padrikos, bet turėtų glaudų ryšį tarpdalykiniame ir ekonominiame kontekste.

Išvados

1. Siekiant tinkamai panaudoti sukaupią informaciją, paverstą žiniomis, o žinias - išmintimi, paremta geriausia praktika, pasitelkus informacines technologijas būtina sukurti sėkmingą žinių valdymo sistemą.
2. Fizikos ir matematikos ryšius riboja studijų programų bei vadovėlių informacijos turinys ir šių dalykų nesuderinamumas laike: dalis matematinių žinių jau būna pamirštos, o dalis – iš viso dar nežinoma.
3. Matematinių žinių ekstrapoliacijos į fizikos turinį sunkumai dažnai susiję su iš esmės skirtingais medžiagos pateikimo stiliais fizikos ir matematikos vadovėliuose.
4. Kolegijose dėstomas klasikinis matematikos kursas grindžiamas fundamentaliomis žiniomis, be realaus pasaulio suvokimo uždavinių pavyzdžių. To priežastis dažniausiai yra mažas kontaktinių valandų skaičius. Todėl daugelis studentų sunkiai geba pritaikyti įgytas matematines žinias profesinių studijų dalykuose.
5. Diferencialinėmis lygtimis aprašomi įvairūs mechaniniai, šiluminiai, elektriniai procesai fizikoje nagrinėjami dar prieš tai, kai matematikoje pradedama nagrinėti tema diferencialinės lygtys. Glaudūs tarpdalykiniai ryšiai yra, tačiau jie neatlieka savo funkcijų.

Literatūra

1. Dėl aukštųjų mokyklų vadovėlių kokybės vertinimo komisijos nuostatų patvirtinimo. (2009) [žiūrėta 2014 m. gruodžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalACT/TAR.7DooDC310B38>>.
2. Johnsen, E. (1993). Textbooks in the kaleidoscope: a critical survey of literature and research on educational texts. Oslo: Scandinavian University Press.
3. Komenskis, J. A. (1986). Pedagoginiai raštai. Kaunas: Šviesa.
4. Pečiuliauskienė, P. (2002). Vidinis ir tarpdalykinis fizikos turinio integravimas. [žiūrėta 2015 m. sausio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.biblioteka.vpu.lt/elpu/35633.pdf>>.
5. Ramsden, P. (2000). Kaip mokyti aukštojoje mokykloje. Vilnius: Aidai.
6. Rumšas, P. (1976). Trumpas aukštosios matematikos kursas. Vilnius: Mokslas.
7. Šlekiene, V. (2000). Orientuojamųjų užduočių naudojimas fizikos sąvokų plėtrai pagrindinėje mokykloje//Daktaro disertacija. Šiauliai, p. 226-234.
8. Šedžiuvienė, N. (2006). Inovatyvus ugdymo (si) socialinis – didaktinis projektavimas aukštojoje mokykloje žinių visuomenės iššūkių kontekste. Profesinės studijos: teorija ir praktika, Šiauliai: ŠU leidykla. p. 76.

Mathematics in Physics: Problems and Perspectives in Non-university Higher Education

Summary

In the article we are looking for an answer to the most important question dictated by the market: are there any frontiers between the theoretical and practical activities? New point of view, perception of technological process in physical sense, accountable industrial manipulations turn a worker or technologist into a manufacturer of a new kind. In order to control the modern industrial processes, it is necessary to have comprehensive theoretical knowledge. Fundamental knowledge – it is not the things put on the honourable book- shelf anymore. They are used every day and help to solve important industrial tasks. The frontiers between theoretical and practical activities are gradually disappearing, while the mission of higher education is to provide competitive superiority to recipients not only today but also in the future. Student being on the first course already has to understand that fundamental knowledge gives engineer an opportunity to understand and assimilate new techniques and technologies, new manufacturing organization principles, that's why fundamental education perception is one of the main Bolonian process priorities. The purpose of this article was to analyze science of college physics and mathematics programs, textbooks, innovation in the educational process, focus on the compatibility of the content of these things in the study process. We have provided specific examples in physics and mathematics subject content incompatibility, considering one study program. There is an obvious methodological gap between physics and mathematics teaching things. The situation of this gap highlights an important “ideological” problem that can be formulated as question: how to teach mathematics and physics engineering programs students, to achieve the engineering study course general purpose – to gain sufficient mathematics and physical sciences, engineering sciences, engineering design knowledge, enhance their ability to apply that knowledge and create new knowledge (General engineering study course description 2014)?

Keywords: fundamental science, physics and mathematics education, interdisciplinary education.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimonda Sūdžiuvienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Geodezijos ir kraštotvarkos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: fizika, hidraulikos ir pneumatikos pagrindai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37064518092, r.sudziuviene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vilma Jakubauskienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Informacinių technologijų katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: matematika, skaitiniai metodai, informacinės technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068791941, v.jakubauskiene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vida Gerikienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Geodezijos ir kraštotvarkos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: kraštovaizdžio planavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 1235021, v.gerikiene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Svetlana Mitkuvienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla, Bendrųjų dalykų katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: matematika, taikomoji matematika, tikimybių teorija ir statistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 7001912, s.mitkuviene@lajam.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Raimonda Sūdžiuvienė.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipėda State College, Faculty of Technologies, Department of Geodesy, lecturer.

Author's research interests: Physic, basic of hydraulics and pneumatics.

Telephone and e-mail address: +370 46 4518092, r.sudziuviene@kvk.lt

Author name, surname: Vilma Jakubauskienė

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipėda State College, Faculty of Technologies, Department of Information technology, lecturer.

Author's research interests: Mathematics, numerical method, information technology.

Telephone and e-mail address: +37068791941, v.jakubauskiene@kvk.lt

Author name, surname: Vida Gerikienė

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipėda State College, Faculty of Technologies, Department of Geodesy, lecturer.

Author's research interests: Landscape architecture.

Telephone and e-mail address: +370 1235021, v.gerikiene@kvk.lt

Author name, surname: Svetlana Mitkuvienė.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Lithuanian Maritime Academy, General Education Department, lecturer.

Author's research interests: Mathematics, Applied Mathematics, Linear algebra and mathematical analysis, Probability and Statistics.

Telephone and e-mail address: +370 7001912, s.mitkuviene@lajam.lt

GIS TAIKymo TRANSPORTO PRIEMONĖSE TOBULINIMO POREIKIS

Rūta Reikaitė, Artūras Petraška, Kristina Čižiūnienė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Iki dabar gerai tarnavę popieriniai žemėlapiai bei kelių atlasai tampa greit senstančia brangia investicija, nes dažniausiai ką tik sudaryti ir išleisti žemėlapiai jau vėl turi netikslumų. Viso pasaulio žemėlapiai buvo perkelti į elektroninę terpę. Todėl, duomenų apdorojimo, analizės, valdymo, planavimo informacinė sistema, skirta transportui optimizuoti, įvairioms su transportu susijusioms operacijoms tvarkyti, kelių ir kitokio transporto sistemoms, žemės kasimo darbams, vandentiekiiui ir energetikai (GIS), pradėjo teikti tobulesnius erdvinių duomenų saugojimo ir tvarkymo būdus, negu popieriniai žemėlapiai. Atsižvelgiant į tai, kad šiandieniniame gyvenime palydovine navigacija naudojasi dauguma vairuotojų, keliautojų, tai nepakeičiama technologija keliuose, straipsnyje bus nagrinėjama GIS sistema, bei pateikti tyrimo, apie šios sistemos tobulinimo poreikį, rezultatai.

Raktiniai žodžiai. GIS, transporto priemonės, navigacinės sistemos.

Įvadas

Logistikoje Geografinės informacinės sistemos (GIS) populiarumas ir galimybės auga, todėl naujausios šios sistemos įrangos galimybės vis labiau supaprastina transporto įmonių ir žmonių darbus. Šiandieninėje situacijoje, kai paprastėja GIS technologijų naudojimo priemonės ir atsiranda vis daugiau skaitmeninių duomenų, geografinė informacinė sistema gali būti naudojama maršrutų analizei, maršrutams planuoti ir optimizuoti, transporto priemonėms sekti ir valdyti, kroviniui sekti, transporto priemonių parkui valdyti. Šiuolaikinė geografinės informacinės sistemos (GIS) funkcionuoja arba yra diegiamos valstybinėse įmonėse ir privačiose struktūrose ir padeda tvarkyti bei kontroliuoti įmonės darbą, analizuoti turimus išteklius, rinką, klientų poreikius, modeliuoti tolimesnį vystymąsi.

Pagrindinis geografinės informacinės sistemos privalumas – naudojimas koordinuota, orientuota erdvėje informacija. Informacija apie objektą ar jo dalį gali būti pateikiama eilėje konkrečios teritorijos tematinų žemėlapių, atspindinčių tam tikrą vietovės bruožą, pavidalu.

Visame pasaulyje plečiantis miestams tampa vis sunkiau orientotis aplinkoje. Tam, kad būtų lengviau surasti reikiamą objektą, pradėtos kurti palydovinės navigacinės sistemos. Atsirado įrenginiai, galintys priimti informaciją iš žemės palydovų ir apskaičiuoti įrenginio buvimo vietos koordinatas. Turint šias koordinatas galima lengviau naudotis žemėlapiu.

Straipsnio tikslas – nustatyti GIS taikymo transporto priemonėse tobulinimo poreikį.

Uždaviniai tikslui pasiekti:

- išanalizuoti šiuo metu transporto priemonėse naudojamas navigacines sistemas;
- identifikuoti navigacinių sistemų trūkumus;
- nustatyti naujų funkcijų poreikį navigacinėse sistemose.

Metodika:

- Literatūros šaltinių analizė;
- Kiekybinis tyrimas;
- Ekspertinis vertinimas.

GIS – tai viena iš pažangiausių šiuolaikinė kompiuterinė informacinė technologija, kuri tapo ne tik būtinybe, bet ir tolesnio progreso sąlyga. Todėl straipsnyje bus nagrinėjama palydovinių navigacinių sistemų taikymo transporto priemonėse teoriniai aspektai, bei pateikiami tyrimo rezultatai.

Palydovinių navigacinių sistemų taikymas transporto priemonėse

JAV karinio laivyno navigacijos sistema „Tranzit“, sukurta šeštojo dešimtmečio pabaigoje, pradėjo funkcionuoti septintojo dešimtmečio viduryje. Sistema turėjo teikti tikslus navigacijos duomenis raketiniams povandeniniams laivams. „Tranzit“ projekto sėkmė skatino amerikiečių karinio jūrų ir oro laivynus tirti ir kurti tobulesnes navigacijos sistemas. 1996 metais „Tranzit“ navigacijos sistemos atsisakyta.

Visame žemės paviršiuje šiuo metu veikia dvi palydovinės navigacinės sistemos – tai JAV sukurta NAVSTAR GPS ir Rusijoje sukurta GLONASS. Dar dvi sistemos yra veikiančios bei dar kuriamos ir pilnai pradės veikti 2019-2020 m. – tai Kinijos BEIDOU (kin. BeiDou – Kompasas) ir Europos Sąjungos užsakymu kuriama GALILEO GPS.

GPS pradėta kurti Jungtinių Valstijų Gynybos departamente 1973 metais, siekiant tikslios navigacijos. Buvo vadinama NAVSTAR (ang. Navigation System with Timing and Ranging), o naudojama tik kariniams tikslams (spaceandtech.com).

GPS (angl. Global Positioning System) – tai visuotinė padėties nustatymo sistema, apimanti 24 Žemės palydovus. Visą parą šie palydovai nuolat transliuoja aukšto dažnio radijo signalus su tiksliais palydovo vietos ir laiko duomenimis ir kiekvienam, turinčiam GPS imtuvą, suteikia galimybę nustatyti savo padėtį bet kurioje žemės vietoje. GPS imtuvas, įrengtas automobilyje, lėktuve, laive ar bet kurioje kitoje transporto priemonėje, priima informaciją iš mažiausiai trijų palydovų ir, atlikdamas reikiamus skaičiavimus, nustato tikslią vietą Žemės paviršiuje (akis.mii.lt).

GPS taikymas logistikos srityje pradėtas daugiau nei prieš dešimt metų, tačiau Lietuvos rinkoje yra palyginti mažai tokios aparatūros, ir ji pradėta taikyti gana neseniai. Navigacijos sistema informuoja, parenka maršrutus ir taip labai palengvina vairuotojų darbą.

Naujausios sistemos gali palaikyti ryšį su TMC (angl. Traffic Message Chanel – eismo pranešimų kanalas) stotimis (jei šalyje jų yra). Jos perduoda informaciją apie kelio taisymo darbus, spūstis ir kt. Jei navigacijos sistema turi TMC priėmimo funkciją ir aktyvųjį laikiklį, ji gali veikti kaip radijas, priimdama TMC stočių siunčiamą informaciją. Gavusi informaciją, sistema operatyviai perskaičiuoja kelionės laiką, maršrutą ir siūlo alternatyvius apvažiavimo maršrutus. TMC veikia: Austrijoje, Belgijoje, Danijoje, Čekijoje, Ispanijoje, Italijoje, Jungtinėje Karalystėje (Anglijoje), Norvegijoje, Olandijoje, Prancūzijoje, Slovakijoje, Suomijoje, Švedijoje, Šveicarijoje, Vokietijoje (euronet.lt).

GLONASS sistema sukurta Rusijoje. Iš pradžių ji galėjo apskaičiuoti koordinates tik Rusijos teritorijoje ir naudojo 18 palydovų, bet ilgainiui šią sistemą papildė dar 6 palydovai ir atsirado galimybė apskaičiuoti koordinates bet kurioje žemės vietoje. Šios sistemos palydovai skrieja arčiausiai žemės iš visų šiuo metu sukurtų sistemų. 2007 metais buvo pradėti kurti GLONASS navigaciniai įrenginiai automobiliams, o 2011 metais atsirado pirmieji mobilūs telefonai, galintys naudoti tiek NAVSTAR GPS, tiek GLONASS sistemas (glonass-iac.ru). GPS ir GLONASS sistemas galima naudoti daugumoje civilinių sprendimų. GPS signalų, bei koregavimo pataisų priėmimui naudojami skirtingo tikslumo, priklausančio nuo poreikių, GPS imtuvai. Tikslūs imtuvai, naudojantys koregavimo signalus, vartojami kartografijos tikslams ir besiplečiančioje GIS (angl. Geographic Information System) rinkoje (topcon.lt).

Trečioji, jau veikianti, bet tik Kinijos teritorijoje, yra BeiDou (COMPASS) navigacinė sistema. Šiuo metu ji naudoja 10 palydovų, bet 2020 metais (tuomet žadama sistemos kūrimo pabaiga) jų bus net 35. Šioje sistemoje yra planuojamos dviejų rūšių licencijos: naudojant gyventojų licenciją sistema veiks su 10 m paklaida, o su armijos licencija bus tik 10 cm paklaida (en.beidou.gov.cn).

Ketvirtoji palydovinė navigacinė sistema GALILEO GPS yra kuriama ES užsakymu. Planuojama, kad ši sistema bus tiksliausia (kiekvienas žmogus galės naudotis navigacija, turinčia tik 1 m paklaidą), ją užtikrins 30 palydovų. Rengiamasi šią sistemą pradėti naudoti jau nuo 2019 m. GALILEO sistemos paskirtis – visų rūšių transporto sistemų tobulinimas ir plėtra.

GALILEO taikymo sritys – aviacija, geležinkelių, jūros ir antžeminis transportas, gelbėjimo operacijos, moksliniai tyrimai ir laiko parametrų perdavimas. Kuriant GALILEO sistemą, ypatingas dėmesys skiriamas jos tinkamumui organizuoti paieškos ir gelbėjimo operacijas (Batarlienė 2011).

GIS sistema vykdo procesą, kurio metu ji tampa duomenų integravimo mechanizmu. GIS sistemoje saugojimas ir pateikimas yra atskirti, todėl tai sudaro galimybę iš tos pačios duomenų bazės sukurti labai platų produktų asortimentą. Visos šios technologijos padeda greičiau, efektyviau ir sklandžiau sekti transporto priemonę, parinkti optimalų maršrutą ir perduoti informaciją (Duncan, Mummery 2007).

Didėjant konkurencijai, krovinių transporto įmonės priverstos pažvelgti į transporto priemonių valdymą globaliu mastu. Informacijos pritaikomumas ir komunikacinės technologijos kelių transporto srityje tapo būtina sąlyga efektyviai logistikai (Batarlienė 2011). Lietuvoje yra įvairių transporto sekimo ir kontrolės sistemų. Visų jų veikimo principas yra panašus. Mobilųjų objektų stebėjimo įranga, nustačiusi savo buvimo koordinates, persiunčia jas (ir papildomus stebėjimo duomenis) į darbo stotį (Antonova, Griškevičienė 2007).

Transporto priemonių kontrolės sistemos funkcijos (Antonova, Griškevičienė 2007):

- transporto parko išdėstymo stebėjimas;
- judėjimo maršrutų, stovėjimo vietų, judėjimo greičio kontrolė;
- variklio darbo valandų kontrolė;
- apsaugos funkcijos – pavojaus signalų peradresavimas, automobiliui kirtus nustatytą geografinių zonų ribas.

Transporto priemonių stebėjimo sistema yra aukštųjų technologijų sistema, kuri apima geografinę informacinę sistemą (GIS), globalinės padėties nustatymo sistemą (GPS) ir šiuolaikines ryšių technologijas. Transporto stebėjimo sistema gali stebėti ir būti panaudota transporto priemonių buvimo vietos nustatymui, pasinaudojant komunikacinėmis technologijomis ir skaitmeniniais žemėlapiais (Tan 2010).

Sistemų nauda ir papildomų, naujų funkcijų poreikis GIS

Apklausoje dalyvavo 365 transporto įmonės, bei buvo atlikta ekspertų vertinimo (daugiakriterinio vertinimo) tyrimas.

GIS yra aktualiausia kelių transporto įmonėse. Daugiausia atsakiusių įmonių buvo turinčios 11-15 metų patirtį ir metinę apyvartą, kuri sudaro 1,5 - 2,5mln Eur 6-10 mln. Lt, todėl šie tyrimo rezultatai parodė, kad GIS diegia jau seniai dirbančios įmonės ir turinčios gana aukštą metinį pelną. Taip pat respondentai teigė, kad jų transporto įmonės yra įsidięsusios GIS ir tikrai įsidięgtų dar kartą, jei šios sistemos neturėtų, tai reikšia, kad GIS transporto įmonei atneša didelę pridėtinę vertę. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad GIS funkcijų įvairovė yra labai svarbi transporto įmonių darbuotojams, nes kuo daugiau reikiamų funkcijų, tuo produktyvesnis darbas. Dar svarbiausia, kad funkcijos būtų vienoje bendroje programoje, o ne daugelyje atskirų, kadangi taip yra supaprastinamas darbo procesas, nereikia ieškoti, atsidarinti daugelio programų, kai galima vietoj daug programų, atsidarius vieną bendrą programą išspręsti visus reikiamus dalykus susijusius su transporto priemonėmis.

Atlikus tyrimą buvo nustatyta GIS, palydovinių navigacinių sistemų nauda:

- **GIS nauda:** Padeda greičiau planuoti krovinius transporto priemonėms, mažina prastovas, padeda kontroliuoti vairuotojus, rasti objektus, planuoti maršrutus; Automobilių sekimas realiu laiku, kuro sąnaudų sunaudojimo kontrolė, parodo greičio viršijimą, galima matyti kokia temperatūra yra transporto priemonėje; Operatyvi informacija ir tikslumas, palengvina duomenų apdorojimą, ekologija, ekonomija; Palengvina transporto vadybininkų darbą analizuojant nuvažiuotus reisus, leidžia greičiau suplanuoti būsimus pasikrovimus, palengvina darbo procesus ir komunikaciją; Supaprastina turimo transporto parko kontrolę.

- **Palydovinių navigacinių sistemų nauda:** Tiesioginis vairuotojo darbo kontroliavimas, krovinių sekimas, maršruto išpildymo kontrolė; Padeda nepasiklysti vairuotojams; Galima bet kada matyti transporto priemonės buvimo vietą, patikrinti nuvažiuotus kilometrus. Informacija išlieka ilgam, tad galima patikrinti norimus duomenis, tarkime, po mėnesio ar dar vėliau; Žymiai palengvina išsikrovimo/pakrovimo vietų suradimą; lengvina vairuotojo darbą; Padeda kontroliuoti situaciją, taupo darbo laiką ir mažina išlaidas; Galima stebėti degalų sunaudojimo, temperatūrinius režimus; Padeda rasti adresus, ypač aktualu kai pastatai ar gatvės realiai nepažymėtos, o žemėlapyje numeracija yra; Lengviau planuoti darbus, klientą galima tiksliai informuoti apie transporto priemonės buvimo vietą, kur randasi jo kroviny. Išvengiama vairuotojų sukčiavimo, kai pasirenkamas ilgesnis negu reikia maršrutas nuo taško A iki B; Naudinga, nes galima greitai surasti greičiausią/trumpiausią maršrutą nuo taško A iki B; Naudinga, siekiant didesnės transporto priemonės judėjimo kontrolės.

Taip pat tyrimo metu buvo nustatyta transporto priemonių valdymo ir kontrolės sistemų, maršrutų planavimo sistemų nauda:

- **Transporto priemonių valdymo ir kontrolės sistemų nauda:** Galima stebėti transporto parko išsidėstymą; Galima stebėti judėjimo maršrutus, kontroliuoti stovėjimo vietas, judėjimo greitį; Galima kontroliuoti transporto priemonės variklio darbo valandas; Teikiama apsaugos funkcija – pavojaus signalų peradresavimas, apsauga nuo vagysčių; Kontroliuojamas degalų kiekis, pateikiama operatyvi ir tiksli informacija apie transporto priemonę.

- **Maršrutų planavimo sistemų nauda:** Padeda stebėti transporto priemonės judėjimo maršrutus, kontroliuoti stovėjimo vietas, judėjimo greitį, pasirenkamos optimalios maršrutų kryptys, sutrumpėja krovinių pristatymo laikas; Pastovi vairuotojų kontrolė, didėja darbo efektyvumas; Ekonomija, ekologija; Gerėja transporto operacijų efektyvumas, didėja klientų pasitenkinimas; paslaugų kokybė; Aptarnaujama daugiau klientų, sutaupoma pinigų bei laiko.

Ištyrus sistemų teikiamas naudas, jos yra labai vertingos norint patobulinti GIS teikiamas funkcijas, darbo procesus, transporto priemones ir išanalizuotos naudos prisideda prie naujo transporto GIS tobulinimo modelio formavimo.

Kuriant naują sistemą svarbu yra atsižvelgti į transporto ir kontrolės sistemų bei maršrutų planavimo sistemų siūlomas naujas funkcijas:

- **Transporto valdymo ir kontrolės sistemų funkcijos:** Degalų likučio davikliai galėtų matuoti degalų likutį tiksliau; Galėtų rodyti 4D trajektoriją; Sistema galėtų neįtraukti į maršruto skaičiavimą kėlimosi keltų; Reikėtų sistemose įdiegti lietuvių kalbą; Reikėtų pagerinti sistemą, kad būtų web kamerų režimas; Reikėtų pagerinti darbo-poilsio režimo perteikimą; Galėtų būti labiau pritaikyta naudoti telefonu ar planšetiniu kompiuteriu (pvz.: kad ir apps'o sukūrimas).

- **Maršrutų planavimo sistemų funkcijos:** „Tvms“ ir „Traffic“ pagrinde automatiškai sumėto taškus pagal kryptis, o galėtų leisti sudėlioti taškus rankiniu būdu; Reikėtų patobulinti geresne paieška pagal pašto kodus; Trūksta adresų tikslumo ieškant vietovės; Būtų puiku, jei būtų galima matyti tiltų aukščius ir

tonažą kokį jie atlaiko, nes yra įmonių, kurios specializuojasi stambiagabaričių, sunkiasvorių krovinių vežime; Maršrutų planavimo sistemos galėtų būtų pagerintos web kameromis.

Kuriant naują GIS galima pasiūlyti į vieną sistemą sujungti kelių programų funkcijas ir tyrimo metu surastas papildomas siūlomas funkcijas. Kadangi transporto įmonės naudoja „NaviSat“, „WebFleet“, „Geotrek“, „Seklys“, „Route 66“, „ArcLogistics Route“, „Auto Route“ ir kitas sistemas, tai būtų tikslinga kuriant naują bendrą sistemą pasinaudoti visomis funkcijomis iš šių sistemų ir pridėti papildomai dar tyrimo metu pasiūlytas naujas funkcijas.

Įgyvendinus šiuos pasiūlymus, pagerėtų transporto įmonės produktyvumas, sumažėtų krovinių pristatymo laikas, degalų ir kitos išlaidos, pagerėtų darbuotojų darbo kokybė. Būtų lengviau stebėti transporto priemonės judėjimo maršrutus, kontroliuoti stovėjimo vietas, judėjimo greitį, padidėtų darbo efektyvumas, pagerėtų transporto operacijų efektyvumas, padidėtų klientų pasitenkinimas, paslaugų kokybė, būtų aptarnaujama daugiau klientų, sutaupoma pinigų bei laiko.

Transporto geografinės informacinės sistemos tobulinimo siūlymai

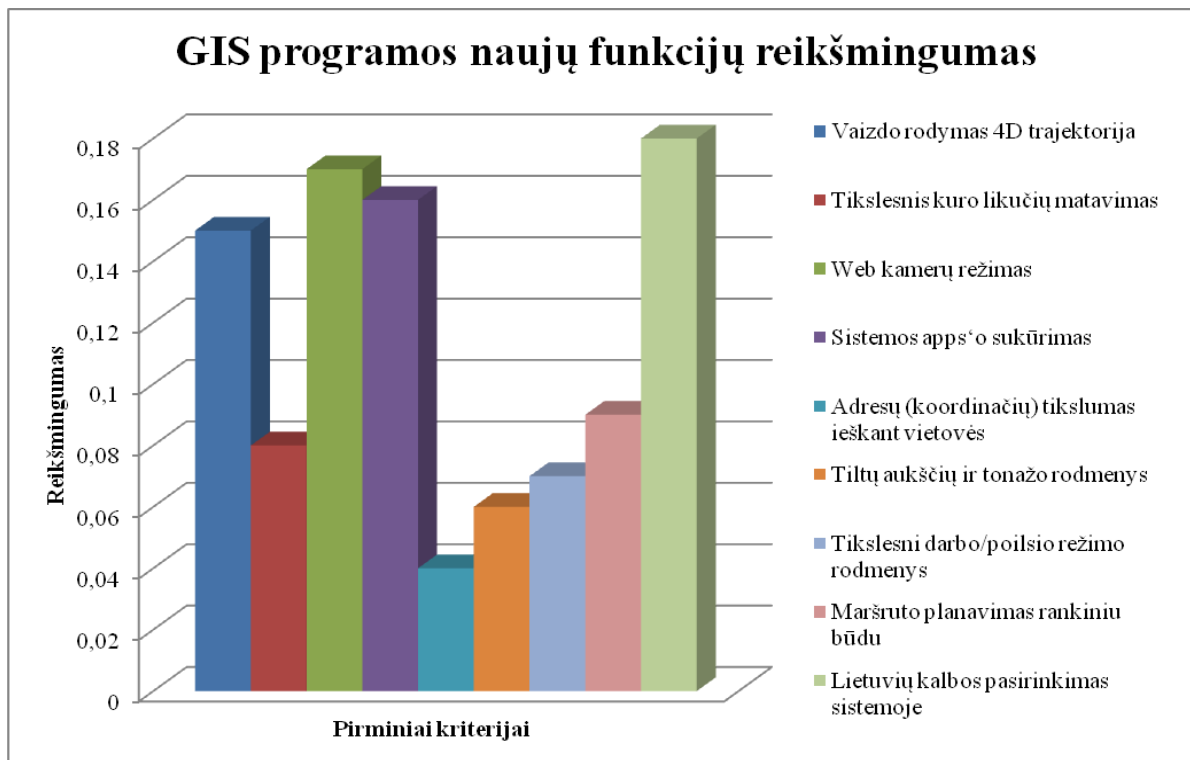
Geografinę informacinę sistemą galima pritaikyti krovinių vežimo informacinei sistemai patobulinti, duomenų vaizdumui ir greito reagavimo galimybei, įvykus avarijai. Įdiegus skaitmeninį žemėlapi avarijų likvidavimo uždaviniams spręsti, pasikeistų darbų apimtys, reagavimo laikas ir sprendimo patikimumas. Specializuotų programų pagalba būtų galima greitai ir patikimai:

- Surasti avarijos vietą;
- Surasti optimalų nuvykimo būdą ir kelią;
- Greitai suformuoti ir pateikti vietovės detalią informaciją bei techninę dokumentaciją;
- Remiantis pradiniu avarijos apibūdinimu pateikti dalinį problemos sprendimo būdą. Nurodyti,

kokius veiksmus reikia atlikti, užkertant kelią krovinių patekimui į aplinką. Taip pat galima įvertinti avarijos rizikos laipsnį ir paskaičiuoti, per kiek laiko avarija turi būti likviduota.

Transporto ir logistikos versle yra dažniausiai naudojamos šios programos, kurios leidžia įmonėms atlikti lengvesnę apskaitą, vykdyti kontrolę bei planavimą (Čižiūnienė, Vasiliauskienė, Ivankovas 2014):

- Transporto priemonių stebėjimo sistemos.
- Maršrutų sudarymo programos.



1 pav. GIS programos naujų funkcijų reikšmingumas (sudaryta autorių)

Pagal teorinius aspektus aktualiausia transporto ir logistikos verslui GIS programa – „ArcLogistics“. Tai programa skirta logistinėms įmonėms. Ši programinė įranga leidžia sudaryti tam tikrus maršrutus,

tvarkaraščius, kad transportavimas būtų atliktas laiku ir kuo ekonomiškiau sumažinant kuro sunaudojimą, darbo jėgos poreikį bei mašinų naudojimą. GIS programa turi prieigą prie kelių duomenų bazės, kurios dėka leidžiama sudėlioti taškus ir kliūtis keliuose, pakrovimo ar iškrovimo taškus. Įdiegta programa padeda įmonėms padidinti darbo našumą ir efektyviau panaudoti turimas transporto priemones. Statistika rodo, kad įdiegus šią sistemą apie 30 procentų sutrumpėja nuvažiuotas atstumas, o apie 15 procentų sumažėja reikiamų automobilių kiekis. Tuo pačiu, mažėja laiko sąnaudos, skirtos maršrutų sudarymui ir klientų taškų pasiekimui. Su vienu automobiliu pasiekiamas didesnis aptarnaujamųjų klientų skaičius. „ArcLogistics“ prisideda ir prie taršos mažinimo, nes taupo kurą, trumpina nuvažiuotą atstumą ir mažina kitas automobilių sąnaudas.

Yra ir daugiau GIS programų, kurias apžvelgus buvo prieita bendra išvada kokias funkcijas turi programos ir kokių dar reikėtų.

Atlikus daugiakriterinį vertinimą buvo išsiaiškintas naujų funkcijų reikšmingumas, kurių labiausiai reikia norint sukurti naują ir efektyvią transporto geografinę informacinę sistemą. GIS programos naujų funkcijų reikšmingumas parodytas 1 paveiksle (žr. 1 pav.).

Atlikus tyrimą buvo nustatyta, kokių GIS programos funkcijų trūksta, kad būtų užtikrinta sklandi transporto priemonės veikla ir transporto įmonės darbas. Espertų įvertintos GIS programos naujos funkcijos pasiskirsto nuo 0 iki 1 intervale pagal reikšmingumą. Didžiausią reikšmę turi šie kriterijai: lietuvių kalbos pasirinkimas sistemoje, web kamerų režimas, sistemos apps'o sukūrimas ir vaizdo rodymas 4D trajektorija.

Šių funkcijų transporto įmonėms labiausiai reikėtų patobulinti GIS programą, kad būtų užtikrinamas efektyvus įmonės darbas ir platesnės GIS taikymo galimybės transporto priemonėse.

Išvados

1. Atskleidus GIS teorinius aspektus galima teigti, kad GIS skirta geografinių objektų, jų charakteristikų ir kitų su žeme susijusių sričių informacijai kaupti, saugoti, tvarkyti, apdoroti, analizuoti, atvaizduoti skaitmeninėje erdvėje. Nustatyta, kad GIS technologijomis siekiama efektyviai valdyti įvairių rūšių transporto priemones bei analizuoti, planuoti ir optimizuoti maršrutus, atvaizduoti bei analizuoti struktūras ir pokyčius, kuriuos nulemia laikas.

2. Identifikavus palydovinių navigacinių sistemų taikymo transporto priemonėse galimybes, nustatyta, kad palydovinės navigacijos sistemos informuoja, parenka maršrutus, padeda sekti ir kontroliuoti įvairias transporto priemones. Navigacijos sistemos labai palengvina visų transporto rūšių žmonių darbą todėl, kad imtuvai, priimančys palydovų signalus, montuojami į beveik visus išmaniuosius telefonus bei į palydovinius navigatorius, kurie yra įrengiami transporto priemonėse.

3. Tyrimais nustatyta, kad dabartinėse sistemose, norint sėkmingai jas adaptuoti Lietuvos įmonėse, reikėtų: diegti lietuvių kalbą; užtikrinti web kamerų režimą, sukurti apps'ą, užtikrinti vaizdo rodymą 4D trajektorija ir pan.

Literatūra

1. Akis.mii.lt. *AKIS-AVL programa* [interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. spalio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://akis.mii.lt/index.php?fuseaction=spec_versijos.browse>.
2. Akis.mii.lt. *Geografinės informacijos sistema. Klausimai ir atsakymai* [interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. lapkričio 5 d.]. Prieiga per internetą: <<http://akis.mii.lt/index.php?fuseaction=duk.browse#16>>.
3. Antonova, M.; Griškevičienė, D. 2007. *Transporto priemonių sekimo ir kontrolės sistemų efektyvumo tyrimas* [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. lapkričio 27 d.]. Prieiga per internetą: <http://leidykla.vgtu.lt/conferences/JMK_TRANSPORTAS_2007/Pagalbiniai/PDF/VGTU-Transportas-461-465.pdf>.
4. Batarlienė, N. 1999. *Pavojingų krovinių vežimo informacinių-technologinių procesų modeliavimas ir jų taikymas Lietuvoje*. Daktaro disertacijos santrauka. Vilnius: Technika. 39 p.
5. Batarlienė, N. 2007. Implementation of advanced technologies and other means in dangerous freight transportation, in *Transport* 22 (4): 290-295.
6. Batarlienė, N. 2011. *Informacinės transporto sistemos*. Vilnius: Technika. 336 p.
7. Čižiūnienė, K.; Vasiliauskienė, V. V.; Ivankovas, V. 2014. Transporto ir logistikos verslo specialistų kompetencijų transformacijų teorinės išvalgos informacinių technologijų amžiuje, iš *vezejugidas.lt*. Lietuva [interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. spalio 14 d.]. Prieiga per internetą: <<http://vezejugidas.lt/transporto-ir-logistikos-verslo-specialistu-kompetencitransformaciju-teorines-izvalgos-informaciniu-technologiju-amziuje/>>.
8. Duncan, M. J.; Mummery, W. K. 2007. GIS or GPS? A Comparison of Two Methods For Assessing Route Taken During Active Transport, *American Journal of Preventive Medicine* 33 (1): 51–53.
9. En.beidou.gov.cn. *Beidou navigacinė sistema* [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. lapkričio 29 d.]. Prieiga per internetą: <<http://en.beidou.gov.cn/introduction.html>>.

10. Euronet.lt. *TMC imtuvai* [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. lapkričio 15 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.euronet.lt/produktai/gps-navigacijos/tmc>>.
11. Spaceandtech.com. *Navstar GPS* [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. gruodžio 8 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/navstar-gps_consum.shtml>.
12. Topcon.lt. *GPS ir GLONASS* [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. spalio 15 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.topcon.lt/down/gps2.pdf>>.

THE NEED OF IMPROVEMENT OF GIS APPLICATION IN VEHICLES

Summary

By now well served in paper maps and road atlases is aging rapidly expensive investment, because in most cases just create and publish maps have been re inaccuracies. Total world maps were transferred to an electronic medium. Therefore, data processing, analysis, management, planning, information system for traffic optimization and various transport-related operations, manage, roads and other transportation systems, excavation work, water supply and energy (GIS), began to provide improved spatial data storage and management techniques than paper maps. Given the fact that today the life of satellite navigation by the majority of drivers, travelers, is an essential technology for the road, the article will examine the GIS system and to provide a study on the need for improvement of the system results.

Key words. GIS, vehicle navigation systems.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Rūta Reikaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Logistikos ir transporto vadybos katedros magistrė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: informacinės technologijos, GIS.

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 274 5099, ruta.reikaite@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Petraška.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Logistikos ir transporto vadybos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Sunkiasvorių ir didžiagabaričių krovinių gabenimas, informacinės technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 274 5099, arturas.petraska@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Logistikos ir transporto vadybos katedros docentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogiškieji ištekliai ir jų valdymas transporto sektoriuje, transporto vadyba, transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 237 0632, kristina.ciziuniene@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Rūta Reikaitė.

Science degree and name: master.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Logistics and Transport Management department, master.

Author's research interests: information technologies, GIS.

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 5099, ruta.reikaite@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Artūras Petraška.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Logistics and Transport Management department associated professor.

Author's research interests: Transportation of Oversized and Heavyweight Cargo, information technologies.

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 5099, arturas.petraska@vgtu.lt

Author name, surname: Kristina Čižiūnienė.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Logistics and Transport Management department associated professor.

Author's research interests: human resources and their management in the transport sector, transport management, transport engineering.

Telephone and e-mail address: (8 5) 237 0632, kristina.ciziuniene@vgtu.lt

EKOLOGINIŲ KELIŲ TRANSPORTO PROBLEMŲ SPRENDIMAS IT PAGALBA. TEORIJŲ APŽVALGA

Aidas Vasilis Vasiliauskas, Virgilija Vasilienė-Vasiliauskienė, Jonas Matijošius, Agnieška Marija Lobačevska

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija

Kelių transporto sektorius yra svarbi Europos ūkio dalis, pasižyminti didžiausiais augimo tempais ir prisidedanti prie bendro ekonominio ir socialinio augimo. Sparčiai augant kelių transporto sektoriaus veiklos apimčiai neišvengiamai didėja ir neigiamos pasekmės – energijos suvartojimas, aplinkos tarša, neigiama įtaka žmonių sveikatai bei gyvenimo kokybei. Lengvieji automobiliai ir krovininės transporto priemonės didžiąja dalimi prisideda prie sąlyginai neatsinaujinančių resursų taršos.

Egzistuoja įvairūs būdai kaip kovoti su kenksmingais kelių transporto veiklos padariniais. Tačiau bėgant laikui tradiciniai kelių transporto sektoriaus ekologinių problemų sprendimo būdai tampa neefektyvūs. Spręsti kelių transporto sektoriaus sukeltas ekologines problemas reikėtų pasitelkiant inovatyvias priemones, tokias kaip informacinės transporto sistemos. Teoretikai ir praktikai šia tema plačiai diskutuoja, tačiau vieningos problemos sprendimo strategijos kol kas nėra priimta.

Reikšminiai žodžiai: kelių transportas, tarša, aplinkosauga, informacinės technologijos.

Įvadas

Veiksminga transporto sistema prisideda prie ekonomikos augimo. Kelių transportas yra viena konkurencingiausių verslo rūšių, kuri lenkia beveik visus sektorius per vieną darbo valandą sukuriamą pridėtinę vertę bei daro įtaką šalies ekonomikos augimui per laisvo žmonių, prekių, paslaugų judėjimo įgyvendinimą. H. Sivilevičius (2011), A. Mačiulis *et al.* (2009), O. Lingaitienė (2006), M. Hesse ir J. P. Rodrigue (2004) išskiria krovinių gabenimą kelių transportu kaip esminį ekonominį variklį. Laiku pristatytas atitinkamas žaliavų kiekis sumažina vidaus gamybos sąnaudas, didina masto ekonomiją, integruoja rinkas, sukuria ekonomines galimybes. Tai pagerina šalies konkurencinį pranašumą prekių gamyboje ir skatina prekybą (M. Z. Faridi *et al.* 2011). Pagal B. Mrówczyńska *et al.* (2012) ekonominiu požiūriu kelių transporto svarbą lemia efektyvumas, lankstumas, greitumas, galimybė pasiekti klientą labiausiai nutolusiose šalies vietose. U. R. Tuzkaya (2009) pabrėžia kelių transporto patogumą bei greitumą pristatant prekes nuo durų iki durų kaip veiksnius, kurie lėmė šios transporto rūšies populiarumą ir augimo tempus. Neabejotina, kad tai yra populiariausia susisiekimo priemonė tenkinanti visuomenės bei pramonės mobilumo poreikius.

Sparčiai augant kelių transporto sektoriaus veiklos apimčiai neišvengiamai didėja ir neigiamos pasekmės – energijos suvartojimas, aplinkos tarša, neigiama įtaka žmonių sveikatai bei gyvenimo kokybei. Lengvieji automobiliai ir krovininės transporto priemonės didžiąja dalimi prisideda prie sąlyginai neatsinaujinančių resursų taršos. Egzistuoja įvairūs būdai kaip kovoti su kenksmingais kelių transporto veiklos padariniais. Teoretikai ir praktikai šia tema plačiai diskutuoja, tačiau vieningos problemos sprendimo strategijos kol kas nėra priimta. Vieni yra už inovacijų diegimą, kiti yra už tradicinių priemonių taikymą. Straipsnio tikslas – išanalizuoti įvairių autorių nuomones kelių transporto neigiamo poveikio aplinkai tema ir identifikuoti galimas ekologinių problemų sprendimo priemones, išskiriant informacinių technologijų ir sistemų galimybes bei naudą šioje srityje. Straipsnis baigiamas apibendrinančiomis išvadomis.

Kelių transporto įtaka aplinkai

Analizuojant Lietuvos ir užsienio autorių mokslinius leidinius išskiriami besikartojantys kelių transporto privalumai ir trūkumai. Remiantis B. Tahzib ir L. Zvijáková (2012), U. R. Tuzkaya (2009), O. Lingaitiene (2006) sudaryta lentelė atspindinti kelių transporto privalumus ir trūkumus.

1 lentelė

Kelių transporto privalumai ir trūkumai

Kelių transporto privalumai	Kelių transporto trūkumai
Krovinių pristatymas nuo durų iki durų	Ribotas transporto priemonės tūris
Trumpas pristatymo laikotarpis	Didelis triukšmo lygis
Didelis krovinių priėmimo, išdavimo ir gabenimo terminų lankstumas	Nesaugus eismas
Prekės gabenamos dideliais greičiais	Teisiniai apribojimai
Maža krovinių pažeidimo rizika gabenimo metu	Apribojimai vežant pavojingus krovinius
Mažos prastovos ir laukimo trukmė	Klaidingas vežimas
Didelis kelių transporto pasirinkimo spektras	Vagystės

Kelių transporto privalumai	Kelių transporto trūkumai
Galimybė pasiekti labiausiai nutolusius pristatymo punktus	Aukštos kuro sąnaudos
Manevravimas	Aplinkos tarša
Paprastas krovinio pakavimas	Įtaka žmonių sveikatai
Galima derinti važiavimo greitį priklausomai nuo kelio sąlygų	
Tarptautinių mainų augimas	
Išvengiama tarpinių krovinio perkrovimo operacijų, dėl to mažėja krovinio pristatymo kaina bei pažeidimų grėsmė	

Šaltinis: sudarytas autorių

Išanalizavus ir palyginus skirtingų autorių nuomones darytina išvada, kad egzistuoja tam tikri šios transporto rūšies trūkumai, kurie kelia įvairias problemas. Dauguma iš jų turi įtakos aplinkai pvz.: ribotas transporto priemonės tūris. Automobiliai, lyginant su geležinkelio ar vandens transporto priemonėmis, yra mažesnės keliamosios galios. Tai reiškia, kad dažnai reikia panaudoti didesnę kelių transporto priemonių skaičių užsakymui įvykdyti (pervežti tą patį krovinio kiekį). Panašiai yra ir su kuro sąnaudomis. Krovinius vežančios transporto priemonės naudoja vis labiau senkančius naftos išteklius, o pakeitimas kitomis energijos rūšimis įgyvendinamas gana lėtai. Didesnės kelių transporto darbų apimtys sąlygoja ir didesnę triukšmo lygį, kuris kenkia žmonių sveikatai. Visuomenė kelių transportą laiko viena didžiausių grėsmių aplinkai ir žmogui. Jis gali kenkti žmogui tiek fiziškai, tiek psichologiškai. Paminėtini ir eismo įvykiai, kurie sąlygoja kuro bei kitų transporto priemonėse naudojamų medžiagų išsiliejimą ir patekimą į dirvožemį bei požeminius vandenis. Švari ir sveika aplinka, neužteršta gamta yra didžiausias žmonijos turtas – tai būtina sąlyga žmonijos išlikimui ir egzistavimui. Nuo to, kaip mes saugome gamtą, naudojamės jos teikiamomis gėrybėmis, puoselėjame ir tausojame aplinką, priklauso mūsų visų ateitis. Šiuo metu neigiamas poveikis aplinkai pasiekė kritinę ribą.

Remiantis E. Demir *et al.* (2013), Baltąja knyga (2011), H. Sivilevičiumi (2011), A. Kalašova ir M. Stacho (2010), A. Vasiliu Vasiliausku *et al.* (2008), didžiulę įtaką aplinkai turi transporto priemonių sukeliama kenksmingų medžiagų emisija. Pagal A. Vasilį Vasiliauską *et al.* (2008) transporto sektorius išskiria apytiksliai 70% visų kenksmingų medžiagų. Didžiausia kelių transporto sektoriaus problema yra būtent krovininis kelių transportas. Naudojamas kuras yra šių kenksmingų medžiagų emisijų šaltinis: azoto suboksido (N₂O), kietųjų dalelių (PM), anglies dioksido (CO₂).

Azoto suboksidas sukelia smogą, o kietosios dalelės sukelia sveikatos problemų. Pagal A. Khan ir A. G. de Barros (2008) šios medžiagos pripažįstamos kaip labiausiai toksiškos ir turi įtakos žmonių nervų ir širdies sistemų veiklos sutrikimams bei sukelia onkologines ligas. Visos patenkančios į aplinką kenksmingų dujų dalelės sąlygoja globalų atšilimą. Remiantis Baltąja knyga (2011) kenksmingos dujos sukelia šiltnamio efektą.

Remiantis E. Demir *et al.* (2013), H. Alwakiel (2011), A.Y. Bigazzi ir R. L. Bertini (2009), nustatyta, kad kuro sunaudojimui ir kenksmingų dalelių emisijos kiekiui įtakos turi: transporto priemonė (jos svoris, techninė būklė, naudojamo kuro tipas), aplinka (kelių danga, temperatūra, vėjo stiprumas), eismo sąlygos (spūstys, sustojimų skaičius), vairuotojo kvalifikacija (vairavimo būdas, psichinė ir fiziologinė būseną) ir kiti veiksniai (procesai).

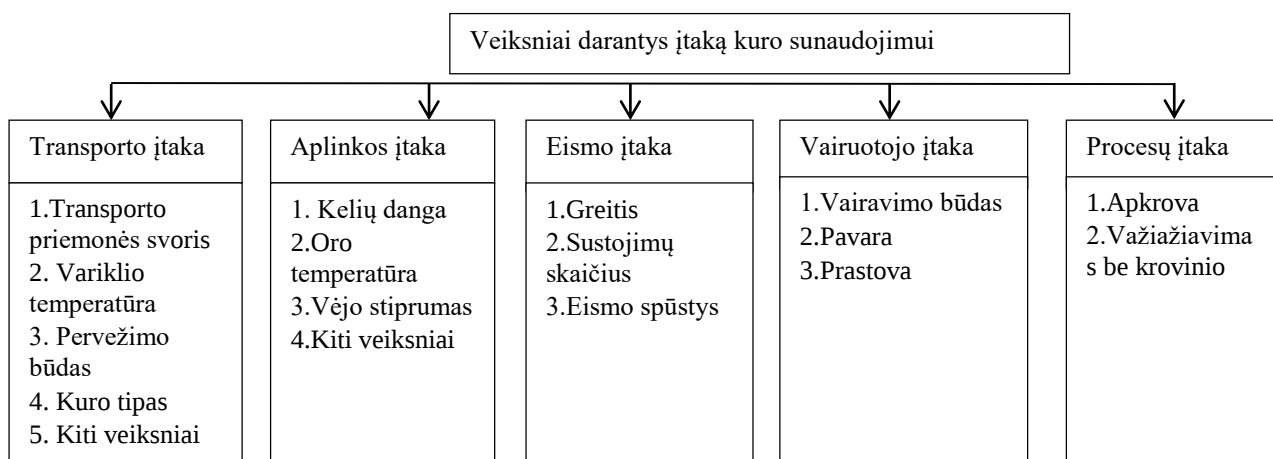
Analizuojant kelių transporto sektorių reikėtų atsižvelgti į tai, kad neigiama įtaka aplinkai daroma ne tik dėl kuro išskiriamų kenksmingų dalelių emisijų, bet ir dėl automobilių saugumą užtikrinančių medžiagų pvz.: alyvos, druskos. Druskos kiekis patenka į dirvožemį ir požeminius vandenis. Druska, naudojama siekiant sumažinti slidumą keliuose, ir atsižvelgiant į pigumą yra efektyvi sprendžiant kelių problemas žiemą, tačiau tuo pačiu metu daro neigiamą įtaką aplinkai. Visų pirma, su nuotėkiais arba lietumi druska patenka į gruntinius vandenis ir tokiu būdu pasiekia dirvožemį ir augaliją. Užterštoje žemėje auginame daržoves, kurios patenka į žmogaus organizmą ir tokiu būdu kenkiama žmonių sveikatai. Antra, druska gadina kelius. Sugadintas kelias reiškia sunkesnę pravažiavimą ir didesnę kuro kiekio sunaudojimą. E. Demir, T. Begtas, G. Laporte (2013) išskyrė veiksnius darančius įtaką kuro sunaudojimui (žr. 1-mą paveikslą).

Remiantis B. Tahzib ir L. Zvijáková (2012) kiti kelių transporto neigiami poveikiai būtų: klimato kaita, oro užterštumas, padidėjęs triukšmas, dirvožemio užterštumas. Tuo tarpu U. R. Tuzkaya (2009) išskiria sekančias problemas: triukšmas, emisijų išsiskyrimas, kraštovaizdžio bei laukinės gamtos suardymas, saugumo trūkumas, energijos resursų išnaudojimas.

Akivaizdu, kad skirtingi autoriai mini panašius dalykus, todėl tikslinga detaliau apibrėžti jų keliamą problematiką:

- **Triukšmas.** Pagal R. Tuzkaya (2009) tai labiausiai pastebimas ir neigiamą poveikį žmonių sveikatai turintis veiksnys. Jis kelių transporte yra neišvengiamas (pvz. stabdant automobilį). Remianti B. Tahzib ir L. Zvijáková (2012) triukšmas turi didelę įtaką gyvenimo kokybei. Jeigu per ilgą laiką žmogus yra

apsuptas 75dB triukšmo, jam pablogėja klausa. Be to triukšmas gali sukelti neigiamą poveikį ir žmogaus psichologinei būklei.



1 pav. Veiksniai darantys įtaką kuro naudojimui
Šaltinis: E. Demir, T. Begtas, G. Laporte (2013)

- **Oro užterštumas.** Oro užterštumas yra susijęs su vėžio, širdies ligomis, kvėpavimo ir nervų sistemų sutrikimais, odos problemomis, akių uždegimu, įvairių rūšių alergijomis. Įkvėpus anglies monoksido yra paveikiama kraujotaka, sumažėja deguonies lygis kraujyje. Be to, oro užterštumas sukelia rūgštų liūtų bei smogą. Rūgštus lietus mažina žemės ūkio derlingumą, sukelia miškų nykimą. Tuo tarpu smogas turi neigiamą įtaką gyvenimo kokybei bei turistinės vietos patrauklumui (B. Tahzib ir L. Zvijáková 2012). Be to, R. Tuzkaya (2009) pabrėžia, kad oro užterštumas sukelia šiltnamio efektą. Didžiausia žala daroma klimato kaitai, žmonių sveikatai, ozono sluoksniui.

- **Kraštovaizdžio ir laukinės gamtos suardymas.** Šiltnamio efektas yra kenksmingas gamtai ir gyvūnijai. Išnyksta daugelis augalijos bei gyvūnų rūšių. Tuo tarpu tiesiant kelius yra ardomas kraštovaizdis (R. Tuzkaya 2009). Norint, kad automobiliai judėtų greitai bei saugiai, yra tiesiami vis nauji keliai. Tai darant yra žalojama toje vietovėje auganti augalija mažėja ir tam tikrų gyvūnų rūšių populiacija (B. Tahzib ir L. Zvijáková 2012).

- **Dirvožemio ir požeminio vandens kokybė.** Pagal B. Tahzib ir L. Zvijáková (2012) išsilieję degalai patenka į dirvožemį. Remiantis R. Tuzkaya (2009), kelių transporte galimi eismo įvykiai, kurių metu gali išsiliesti degalai, alyva, tepalai, kurie yra užteršia dirvožemį bei požeminius vandens telkinius.

- **Klimato kaita.** Kelių transportas kiekvienais metais išskiria į atmosferą kelis milijonus tonų kenksmingų dujų tokių kaip: švinas (Pb), anglies dioksidas (CO₂), metanas (CH₄), azoto oksidai (NO_x), chlorfluorangliavandeniliai (CFC), perfluorangliavandeniliai (PFC), sieros heksafluoridas (SF₆) ir kiti komponentai, sunaikina metalus (cinkas, chromas, varis), kietosios dalelės. Yra žinoma, kad kai kurios iš išvardintų medžiagų prisideda prie planetos apsauginio sluoksnio, kuris apsaugo nuo ultravioletinių spindulių, naikinimo (B. Tahzib ir L. Zvijáková 2012).

- **Energijos resursų išnaudojimas.** Energijos arba kuro panaudojimas kelionės metu priklauso nuo daugelio veiksnių. Kuo tokių veiksnių poveikis intensyvesnis, tuo sudėtingesnės transporto priemonės darbo sąlygos, ir tuo daugiau kuro suvartojama. Tai savo ruožtu sekina neatsinaujinančių resursų atsargas. Deja, nafta yra vienas daugiausiai kelių transporto sektoriuje naudojamų bei greičiausiai nykstančių energijos šaltinių (R. Tuzkaya 2009).

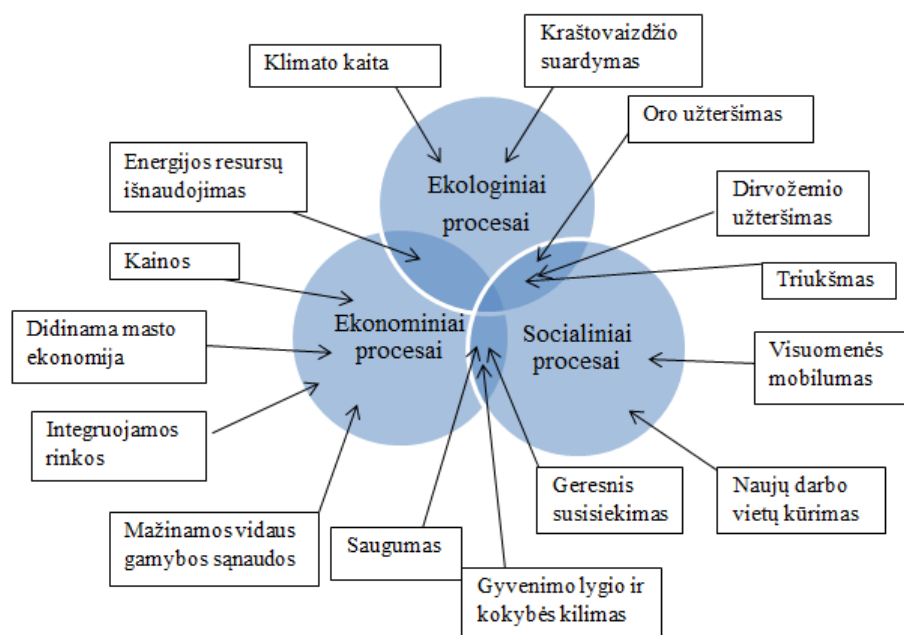
Apibendrinus skirtingų šaltinių susijusių su kelių transporto veiklos specifika informaciją, galima įvardinti 3 pagrindines darnios plėtros sferas, kurioms kelių transportas turi ypatingą poveikį (2 pav.).

Paveiksle matoma, kad kai kurie veiksniai gali turėti įtakos kelioms sferoms. Be to, kelių transporto įtaka ekonominei ir socialinei sferai dažniau yra teigiama palyginus su jo įtaka ekologiškai sferai.

Priemonių ekologinių problemų sprendimui kelių transporte apžvalga

Ekologinės problemos yra viena aktualiausių temų Europos Sąjungoje. Augant kelių transporto priemonių skaičiui bei šio sektoriaus darbų mastams, taršos lygis irgi didėja. Tiek rytų, tiek vakarų Europos šalyse ši problema yra vienodai aktuali.

Dėl šios priežasties Europos Sąjungos komisija iškėlė visoms šalims bendrus tikslus ir uždavinius, kaip spręsti aplinkosaugos problemas transporto sektoriuje.



2 pav. Kelių transporto poveikis ekologiinei, ekonominei ir socialinei sferai

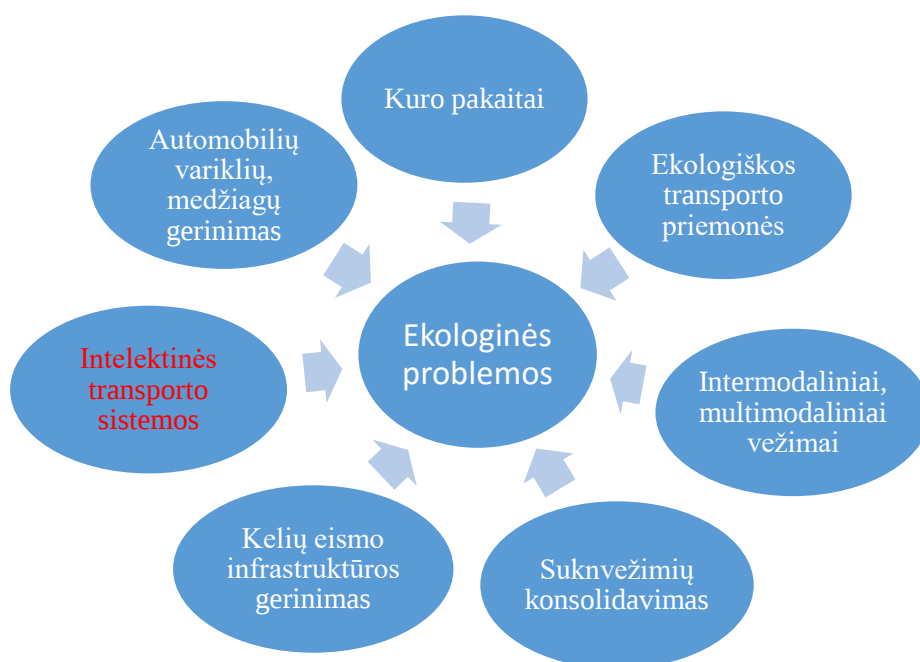
Šaltinis: sudaryta autorių

Apibendrintos vienos grupės autorių nuomonės, kaip mažinti ekologines problemas kelių transporto sektoriuje tradiciniais būdais ir metodais yra tokios:

1. Naudoti ekologiškas transporto priemones (Thiel *et al.* 2011);
2. Naudoti multimodalinius vežimus (McKinnon *et al.* 2010);
3. Sunkvežimių konsolidavimas (Thiel *et al.* 2011);
4. Kelių eismo infrastruktūros gerinimas (McKinnon *et al.* 2010).

Tuo tarpu kiti autoriai, tokie kaip V. Tamulis *et al.* (2012), A. Khan ir A. G. de Barros (2008), Vasilis Vasiliauskas *et al.* (2008), bei Europos komisija Baltojoje knygoje (2011) siūlo spręsti ekologines transporto sektoriaus problemas pasitelkus informacines technologijas.

Visi išvardintų ekologinių problemų sprendimo būdai pavaizduoti 3-me paveiksle.



3 pav. Transporto sektoriaus ekologinių problemų sprendimo būdai

Šaltinis: sudaryta autorių

ITS taikymas kelių transporto ekologinių problemų sprendimui

Kelių transporto sektoriaus ekologinių problemų sprendimas tradiciniais būdais dažnai tampa brangia ir neefektyvia priemone. Tuo tarpu intelektinės transporto sistemos (ITS) yra pažangios ir jos sparčiai vystosi. Tai yra naujas žingsnis transporto sistemos evoliucijoje, nes leidžia spęsti problemas skirtinguose lygiuose.

Pagal ITS veiklų klasifikatorių galima išskirti 11 svarbiausių veiklų:

1. Informacija keliautojui;
2. Eismo valdymas ir operacijos;
3. Transporto priemonių paslaugos – pagalba vairuotojui ir transporto priemonių kontrolė;
4. Krovinio transporto ir komercinių transporto priemonių operacijos;
5. Viešojo transporto operacijos;
6. Avarinių atvejų valdymas;
7. Elektroninis mokesčių rinkimas;
8. Asmeninė apsauga;
9. Oro ir gamtinių sąlygų monitoringas;
10. Reakcijos į stichines nelaimes koordinavimas;
11. Nacionalinis saugumas;

Europos komisija (2011) skaido ITS į tris pagrindinės sudedamąsias dalis:

- bevielis ryšys skirtas duomenų pasikeitimui (UHF, VHF, WiMAX, GSM ir pan.);
- pagrindinių procesų kontrolė pasitelkus dirbtinį intelektą arba kompiuterizaciją;
- jutimo technologijos – veikia jutiklių dėka, kurie apdoroja transporto priemonės duomenis (radar prietaisas, RFID skaitytuvai ir pan.) arba infrastruktūros duomenis (remiantis jutikliais arba sensoriais, kurie įtaisyti aplink kelią);

Intelektinės transporto sistemos ir paslaugos remiasi informacinių ir komunikacinių technologijų tarpusavio sąveikavimu su transporto infrastruktūra gerinant ekonominį efektyvumą, saugumą, mobilumą ir aplinkos apsaugą. ITS yra tiltas tarp transporto priemonių, informacinių technologijų ir mobiliųjų prietaisų.

Pagal M. Kirikova *et al.* (2003) ITS įrenginiai tai visų pirma komunikacijos įrenginiai skirti užtikrinti krovinių, žmonių sveikatos bei aplinkos saugumą. Pagal A. M. Chowdhury ir W.A. Sadek (2003) ITS lengvina transporto srautų valdymą, mažina oro taršą ir laiką spūstyse. Taip pat didina saugumą išpėjant apie pavojingas situacijas, kurios yra sukkeliamos dėl žmonių ar aplinkos veiksmų. G. Jakubauskas (2012) atkreipia dėmesį, kad ITS sistema didina transporto sektoriaus produktyvumą, gelbėja žmonių gyvybes, taupo pinigus ir gamtinius išteklius. Remiantis A. Jarašiūniene (2008) ITS ar kiti jos programiniai įrankiai gali užtikrinti žaliosios logistikos koncepcijos įgyvendinimą, mažinant neigiamą transporto poveikį aplinkai, didina saugumą ir sumažina nelaimingų atsitikimų skaičių keliuose.

Remiantis A. Vasiliu Vasiliausku *et al.* (2013), J.A.Z. Cortes *et al.* (2013), B. Beškovnik ir E. Twrdy (2011), A. Jarašiūniene (2006) ITS yra vienas veiksmingiausių būdų galinčių sumažinti kelių transporto įtaką aplinkai. Pagal J. Mikulski ir A. Kwasny (2010) ITS nauda aplinkai pasireiškia maksimaliu kelių panaudojimu, minimaliu eismo intensyvumu, sumažėjusiu triukšmu ir oro užterštumu bei bandymais sukurti neperkrauto eismo zonas.

Intelektinės transporto technologijos yra reikalingos efektyviai kovoti su aplinkos problemomis. IT sistemos grindžiamos gerai išvystytu tinklu skirtu informuoti vairuotoją apie kelią, oro sąlygas ir t.t. ITS suteikia galimybę mažinti neigiamą įtaką aplinkai kontroliuojant kelių transporto tinklą ir leidžia pasirinkti optimalų kelionės maršrutą.

Taikant informacines technologijas, perėjimas prie efektyvesnės ir darnesnės Europos transporto sistemos yra žymiai greitesnis ir pigesnis.

Visgi reikėtų atsižvelgti į tam tikrus dalykus, kurie galėtų būti kliūtimis jas diegiant. Tai būtų:

- pakankamai žemas techninių ir organizacinių žinių lygis šioje srityje;
- žemas politinis ir visuomeninis žinių lygis bei palaikymas;
- neužtikrintas finansavimas iš visuomeninių ir privačių šaltinių;
- tarpinstitucinio bendradarbiavimo sunkumai. (A. Jarašiūniene 2008)

Be to, remiantis J. Mikulski ir A. Kwasny (2010), egzistuoja ekologiniai ir socialiniai barjerai transporto valdymo sistemų vystymuisi. Akivaizdu, kad automobilių kainos irgi kiltų kartu su ITS diegimu. Tai yra neparanku pirkėjams, nes jie nori mokėti kuo mažiau. Taigi, ši sritis vis dar reikalauja didžiulių pastangų tiek iš automobilių gamintojų, tiek IT paslaugų tiekėjų, tiek ir iš valdžios institucijų.

Išvados

Kelių transportu vykdomų vežimų skaičiaus augimas ne tik prisideda prie didesnio BVP rodiklio, gyvenimo lygio kylimo, naujų darbo vietų atsiradimo, bet daro įtaką ir mus supančiai aplinkai. Tokie veiksniai kaip ribotas transporto priemonės tūris, keliamas triukšmo lygis, eismo saugumas, kuro suvartojimas yra esminės aplinkos taršos lygio augimo priežastys.

Kelių transportas – šiuo metu didžiausia sąlyginai neatsinaujinančių resursų, kaip oro, vandens ir dirvožemio, taršos priežastis. Išskiriama kenksmingų medžiagų emisija ir kelių dangai apsaugoti nuo slidumo naudojama druska labiausiai teršia aplinką. Neigiamas kelių transporto poveikis aplinkai pasireiškia klimato kaita, oro užterštumu, padidėjusiu triukšmo lygiu, dirvožemio užterštumu, kraštovaizdžio bei laukinės gamtos suardymu, energijos resursų naudojimu.

Skirtingose šalyse yra ieškoma įvairių būdų kenksmingam kelių transporto poveikio aplinkai mažinti: ekologiškų transporto priemonių naudojimas, multimodalinių vežimų naudojimas, sunkvežimių konsolidavimas, kelių eismo infrastruktūros gerinimas. Visgi, daugelio mokslininkų, o kartu ir Europos komisijos nuomone, efektyviausias būdas ekologinėms problemoms spręsti yra IT pasitelkimas.

ITS – tai perėjimas prie efektyvesnės ir darnesnės Europos transporto sistemos. IT sistemų nauda aplinkai pasireiškia maksimaliu kelių panaudojimu, minimaliu eismo intensyvumu, sumažėjusiu triukšmu, oro užterštumu, greitesniu informacijos apsikeitimu, įspėjimais apie pavojingas situacijas, bandymais sukurti neperkrauto eismo zonas, pinigų ir gamtinių išteklių taupymu, nuolatiniu transporto stebėjimu.

Tačiau nepaisant galimo ITS teigiamo poveikio aplinkosauginių problemų kelių transporto sektoriuje sprendimui, reikėtų įvardinti ir tam tikras IT sistemų diegimo kliūtis: nepakankamas techninių žinių lygis; žemas politinis ir visuomeninis palaikymas; neužtikrintas finansavimas; tarpinstitucinio bendradarbiavimo sunkumai.

Literatūra

1. Alwakiel, H. N. 2011. *Leveraging Weigh-In-Motion (WIM) data to estimate link-based heavy-vehicle emissions*. Daktaro disertacija.
2. Baltoji knyga. 2011. *Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas*. Briuselis, p.31.
3. Beškovnik, B.; Twrdy, E. 2012. Green Logistics Strategy for South East Europe: to improve intermodality and establish green transport corridors. *Transport*, 27(1): 25–33.
4. Bigazzi, A.Y.; Bertini, R.L. 2009. Adding Green Performance Metrics to a Transportation Data Archive. *88th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 2–13.
5. Chowdhury, M. A.; Sadek, A. W. 2003. *Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning*. Massachusetts: Artech House, p. 212.
6. Cortes, J.A.Z; Serna, M.D.A.; Gomez, A.R. 2013. Information systems applied to transport improvement, *Dyna* 180, 77–86.
7. Demir, E.; Bektas, T.; Laporte, G. 2013. A Review of Recent Research on Green Road Freight Transportation. *European Journal of Operational Research*, 237(3): 775–793.
8. Faridi, Z., M.; Malik, M.S.; Bashir, F. 2011. Transportation, Telecommunication and Economic Development in Pakistan. *Interdisciplinary Journal of Research in Business*, 1(7): 45–52.
9. Hesse, M.; Rodrigue, J.P. 2004. The Transport Geography of Logistics and Freight Distribution, *Journal of Transport Geography*, 12(3):171–184.
10. Jakubauskas, G. 2012. Lietuvos politika ir įgyvendinimas: status quo ir esminiai pokyčiai formuojant ITS darbotvarkę, *Konferencija „Intelektinės transporto sistemos ir išmaniosios technologijos transporte ir logistikoje“*, Vilnius.
11. Jarašūnienė, A. 2006. Analysis of Possibilities and Proposals of Intelligent Transport System (ITS) Implementation in Lithuania. *Transport*, 21(4): 245–251.
12. Jarašūnienė, A. 2008. *Intelektualios transporto sistemos*, Vilnius: Technika, p.199.
13. Kalašová, A.; Stacho, M. 2010. Smooth Traffic Flow as One of the Most Important Factors for Safety Increase in Road Transport. *Transport*, 21(1): 29–33.
14. Khan, A.; Barros, A. G. 2008. The Role of Intelligent Transportation Systems in Reducing the Impact of Traffic Pollution on the Environment and Health. *43rd Annual Conference, Canadian Transportation Research Forum*: 1–15.
15. Kirikova, M.; Grundspenkis, J.; Wojtkowski, W.; Wojtkowski, W. G.; Wrycza, S.; Zupančič, J. 2003. *Information Systems Development: Advances in Methodologies, Components and Management*, New York: Springer. p.460.
16. Lingaitienė, O. 2006. *Transporto priemonių poreikio modeliavimas krovinių vežimo logistikos grandinyje*. Daktaro disertacija.
17. Mačiulis, A., Vasilis Vasilias, A., Jakubauskas G. 2009. The Impact of Transport on the Competitiveness of National Economy, *Transport*, 24(2): 93–99.
18. McKinnon, A. C.; Cullinane, S.; Browne, M.; Whiteing, A. 2010. *Green Logistics: Improving the Environmental*

- Sustainability of Logistics*, Kogan Page, USA, p. 384.
19. Mikulski, J.; Kwaśny, A. 2010. Role of Telematics in Reducing the Negative Environmental Impact of Transport, *Transport Systems Telematics*, 104:11–29.
 20. Mrówczyńska, B.; Łachacz, K.; Haniszewski, T.; Śladowski, A. 2012. A Comparison of Forecasting the Results of Road Transportation Needs, *Transport*, 27(1):73–78.
 21. Sivilevičius, H. 2011. Modelling the Interaction of Transport System Elements, *Transport*, 26(1): 20–34.
 22. Tahzib, B.; Zvijáková, L. 2012. Environmental Impact of Land Transport. *Colloquium on Landscape Management*, 70–77.
 23. Tamulis, V.; Guzavičius, A.; Žalgirytė, L. 2012. Factors Influencing the Use of Green Logistics: Theoretical Implications. *Landscape and Urban Planning*, 95: 130–137.
 24. Thiel, M.; Zuluaga, J.P.S.; Montanez, J.P.M.; Hoof, B. 2011. Green Logistics - Global Practices and their Implementation in Emerging Markets, *Green Finance and Sustainability: Environmentally-Aware Business Models and Technologies*, 334–357.
 25. Tuzkaya, U. R. 2009. Evaluating the Environmental Effects of Transportation Modes Using an Integrated Methodology and an Application. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 6(2): 277–290.
 26. Vasilis Vasiliauskas, A.; Jakubauskas, G.; Barysienė, J. 2008. Analysis of Sustainable Freight and Passenger Road Transport Development Using ITS, *Transport and Telecommunication*, 9: 4–8.
 27. Vasilis Vasiliauskas, A.; Zinkevičiūtė, V.; Šimonytė, E. 2013. Implementation of The Concept of Green Logistics Referring to IT Applications for Road Freight Transport Enterprises, *Business: Theory and practise*, 43–50.

SOLUTION THE ECOLOGICAL PROBLEMS OF ROAD TRANSPORT BY IT. REVIEW OF THE THEORIES

Summary

The road transport sector is an important part of the European economy, characterized by the largest growth rates and contributing to the overall economic and social growth. The rapid growth of the road transport sector will inevitably increase the volume and the negative effects - energy consumption, environmental pollution, negative impact on people's health and quality of life. Passenger cars and commercial vehicles are largely contributing to the relatively non-renewable resource pollution.

There are various ways to combat the harmful effects of road transport activities. However, over time the traditional solutions of road transport sector to environmental problems become ineffective. Addressing the road transport sector to cause by environmental problems through innovative measures, such as information transport systems. Theorists and practitioners on the subject of wide debate, but a unified solution strategy have not involved.

Keywords: road transport, pollution, environmental, information technologies.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Aidas Vasilis Vasiliauskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Logistikos ir transporto vadybos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto sistemos, logistika, marketingas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 612 53527, aidas.vasilis-vasiliauskas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Virgilija Vasilienė Vasiliauskienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentė

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Logistikos ir transporto vadybos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Strateginis valdymas, logistika, marketingas.

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 274 5030, virgilija.zinkeviciute@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Rinkos specialistų ugdymas, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Agnieška Marija Lobačevska.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantė

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Logistikos ir transporto vadybos katedros magistrantė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Rinkos specialistų ugdymas, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 683 22445, agniux@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Aidas Vasilis Vasiliauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Logistics and Transport Management department associated professor.

Author's research interests: Transport systems, logistics, marketing

Telephone and e-mail address: +370 612 53527, aidas.vasilis-vasiliauskas@vgtu.lt

Author name, surname: Virgilija Vasilienė Vasiliauskienė.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Logistics and Transport Management department associated professor.

Author's research interests: Strategic possession, logistics, marketing

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 5030, virgilija.zinkeviciute@vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Market specialists development, transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Agnieszka Marija Lobačevska.

Science degree and name: master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Logistics and Transport Management department master student.

Author's research interests: Market specialists development, transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: 8 683 22445, agniux@gmail.com

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В РАСЧЕТЕ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Оробей В.Ф., Лимаренко А.М., Хамрай В.В.

Одесский национальный политехнический университет, Украина

Резюме

Разработаны методики расчета тонкостенных стержней открытого профиля методами граничных и конечных элементов (МГЭ и МКЭ). Для реализации МГЭ использована среда MATLAB, а для реализации МКЭ — программа ANSYS. Сравнение полученных результатов свидетельствует об их хорошей сходимости. Сделан вывод о том, что при одинаковых результатах расчета эффективнее метод граничных элементов.

Ключевые слова: тонкостенный стержень, граничный элемент, конечный элемент, MATLAB, ANSYS

Введение

Тонкостенные конструкции наилучшим образом отвечают требованиям экономичности при обеспечении надлежащих прочности и жесткости. Этим объясняется их широкое применение в различных областях техники – машиностроении, строительстве, авиации и т.д. Расчет тонкостенных систем методами теории оболочек сложен и далеко не всегда оправдан. Теории расчета тонкостенных стержней, созданные В.З.Власовым [2], А.А.Уманским [4], и развитые целым рядом их учеников и последователей упрощают задачу, но и здесь возникают проблемы при расчете сложных несимметричных систем. Весьма эффективным оказывается использование численных методов.

Целью работы является отработка методик расчета тонкостенных стержней открытого профиля методами граничных и конечных элементов с последующим сравнением полученных результатов.

В качестве объекта исследования выбрана двутавровая балка, имеющая составленное из трех прямоугольников поперечное сечение (Рис.1).

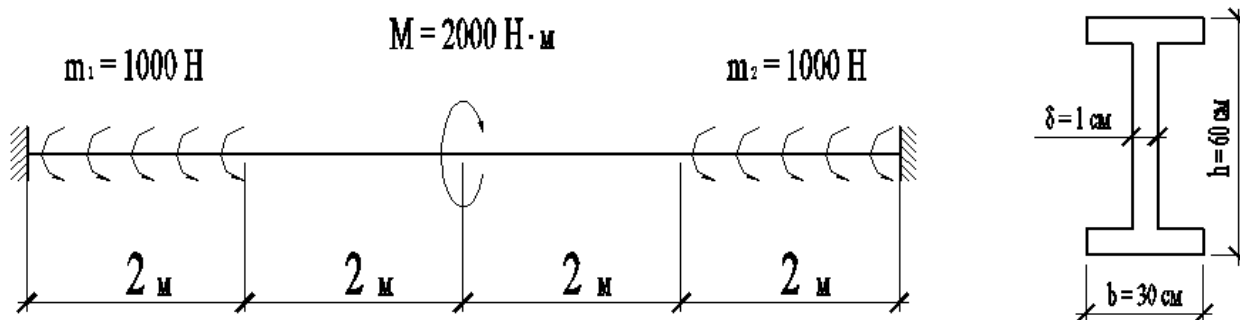


Рис.1. Объект исследования

Расчет по методу граничных элементов

Уравнение стесненного кручения тонкостенного стержня имеет вид [2]

$$\theta^4(x) - k^2 \theta(x) = \frac{m(x)}{EI_w}, \quad (1)$$

где k – изгибно-крутильная характеристика поперечного сечения

$$k = \sqrt{\frac{GI_d}{EI_w}}; \quad (2)$$

EI_w – секториальная жесткость; GI_d – жесткость при чистом кручении; θ – угол закручивания.

Уравнение (1) дополняется начальными параметрами: кинематические

$GI_d \theta(0)$ – угол закручивания в масштабе жесткости;

$GI_d \theta'(0)$ - производная угла закручивания (имеет механический смысл крутящего момента);
 статические
 $B_w(0) = -GI_d \theta''(0)$ - бимомент;
 $M_w(0) = -GI_d \theta'''(0)$ - изгибно-крутящий момент.

(3)

Отметим, что при стесненном кручении кинематический параметр $\theta'(x)$ имеет механический смысл статической величины — крутящего момента, а статические параметры $B_w(x)$ и $M_w(x)$ не определяются из уравнений статики.

Уравнение (1) и начальные условия (3) образуют задачу Коши стесненного кручения тонкостенного стержня. По стандартному алгоритму ее решение удобно представить в матричной форме [1]

$GI_d \theta(x)$
$GI_d \theta'(x)$
$B_w(x)$
$M_w(x)$

 $=$

1	x	$-A_{13}$	$-A_{14}$
	1	A_{23}	$-A_{13}$
		A_{33}	A_{34}
		A_{33}	A_{33}

 $\cdot$

$GI_d \theta(0)$
$GI_d \theta'(0)$
$B_w(0)$
$M_w(0)$

 $+$

$B_{11}(x)$
$B_{21}(x)$
$-B_{13}(x)$
$-B_{41}(x)$

 $,$

(4)

где фундаментальные ортонормированные функции и слагаемые от внешней нагрузки имеют вид

$$\begin{aligned}
 A_{13} &= chkx - 1; \quad A_{14} = \frac{shkx - kx}{k}; \quad A_{23} = kshkx; \quad A_{33} = chkx; \quad A_{34} = \frac{shkx}{k}; \\
 B_{11} &= M \times A_{14}(x - a_M)_+ + B_w \times A_{13}(x - a_B)_+ + m[A_{15}(x - a_H)_+ - A_{15}(x - a_K)_+]; \\
 B_{21} &= M \times A_{13}(x - a_M)_+ + B_w \times A_{23}(x - a_B)_+ + m[A_{14}(x - a_H)_+ - A_{14}(x - a_K)_+]; \\
 B_{31} &= M \times A_{34}(x - a_M)_+ + B_w \times A_{33}(x - a_B)_+ + m[A_{13}(x - a_H)_+ - A_{13}(x - a_K)_+] \div k^2; \\
 B_{41} &= M \times A_{33}(x - a_M)_+ + B_w \times A_{23}(x - a_B)_+ + m[A_{34}(x - a_H)_+ - A_{34}(x - a_K)_+ - A_{34}(x - a_K)_+]; \\
 A_{15} &= \frac{chkx - H(x)}{k^2} - \frac{x^2}{2};
 \end{aligned}$$

(5)

M - сосредоточенный крутящий момент; B_w - сосредоточенный бимомент;

m - распределенный крутящий момент; a_M, a_B, a_H, a_K - координаты внешней нагрузки.

Для определения неизвестных начальных параметров в уравнении (4) составляется и решается система линейных алгебраических уравнений по схеме (при $x = l$)

$$Y(l) = A(l) \times X(0) + B(l) \rightarrow A(l) \times X(0) - Y(l) = -B(l) \rightarrow A_*(l) \times X_*(l, 0) = -B(l); \quad (6)$$

Из уравнения (6) определяются неизвестные начальные параметры, а напряженное деформированное состояние во всех внутренних точках стержня определяется по уравнению (4).

Рассмотрим на примере (рис.1).

Расчетные соотношения по МГЭ [1]:

$GI_d \theta(x)$
$GI_d \theta'(x)$
$B_w(x)$
$M_w(x)$

 $=$

		$-A_{13}$	$-A_{14}$
		$-A_{23}$	$-A_{13}$
-1		A_{33}	A_{34}
	-1	A_{23}	A_{23}

 $\cdot$

$B_w^{0-1}(l)$
$M_w^{0-1}(l)$
$B_w^{0-1}(0)$
$M_w^{0-1}(0)$

 $=$

$-B_{11}^{0-1}(l)$
$-B_{21}^{0-1}(l)$
$B_{31}^{0-1}(l)$
$B_{41}^{0-1}(l)$

(7)

Для практической реализации (7) использована среда MATLAB. Определено НДС рассматриваемой конструкции, которое представлено на рис.2 в виде эпюр углов закручивания

$GI_d\theta(x)$, крутящих моментов $GI_d\theta'(x)$, бимоментов $B_w(x)$ и изгибно-крутящих моментов $M_w(x)$.

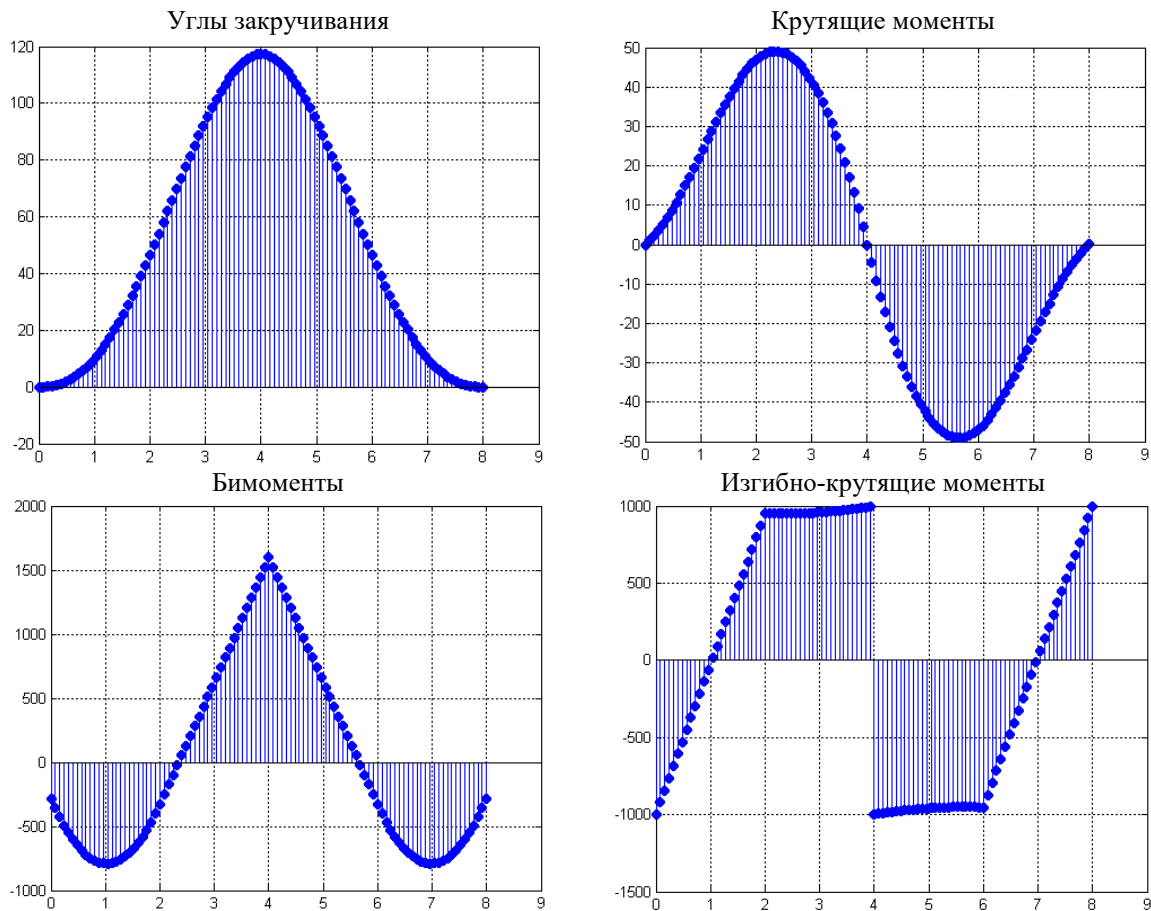


Рис.2. Расчет по методу граничных элементов

Расчет по методу конечных элементов

Для реализации алгоритма МКЭ выбрана программа ANSYS, которая является ведущим конечно-элементным пакетом на мировом рынке.

Аппроксимация трехмерной модели (рис.1) выполнена элементом BEAM189 из библиотеки конечных элементов программы ANSYS. Это квадратичный трехузловой стержневой элемент, используемый главным образом при расчете тонкостенных профилей (рис.3).

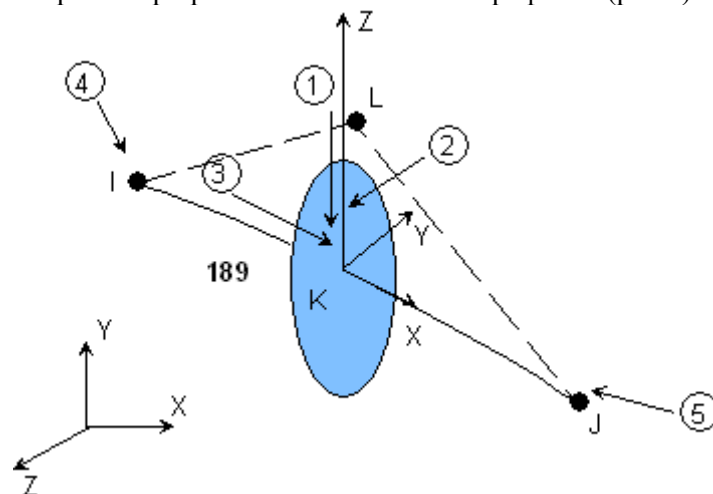


Рис.3. Квадратичный трехузловой стержневой элемент, используемый главным образом при расчете тонкостенных профилей

Конструкция элемента BEAM189 (как и BEAM188) позволяет выводить в результате расчета изгибно-крутящие бимоменты B_w , что не предусмотрено при использовании других балочных элементов. При этом на тонкостенный профиль не накладывается никаких ограничений.

На рис.4 показано деформированное состояние стержня, эпюры изгибно-крутящих бимоментов, крутящих моментов и углов закручивания, полученных в результате расчета в программе ANSYS.

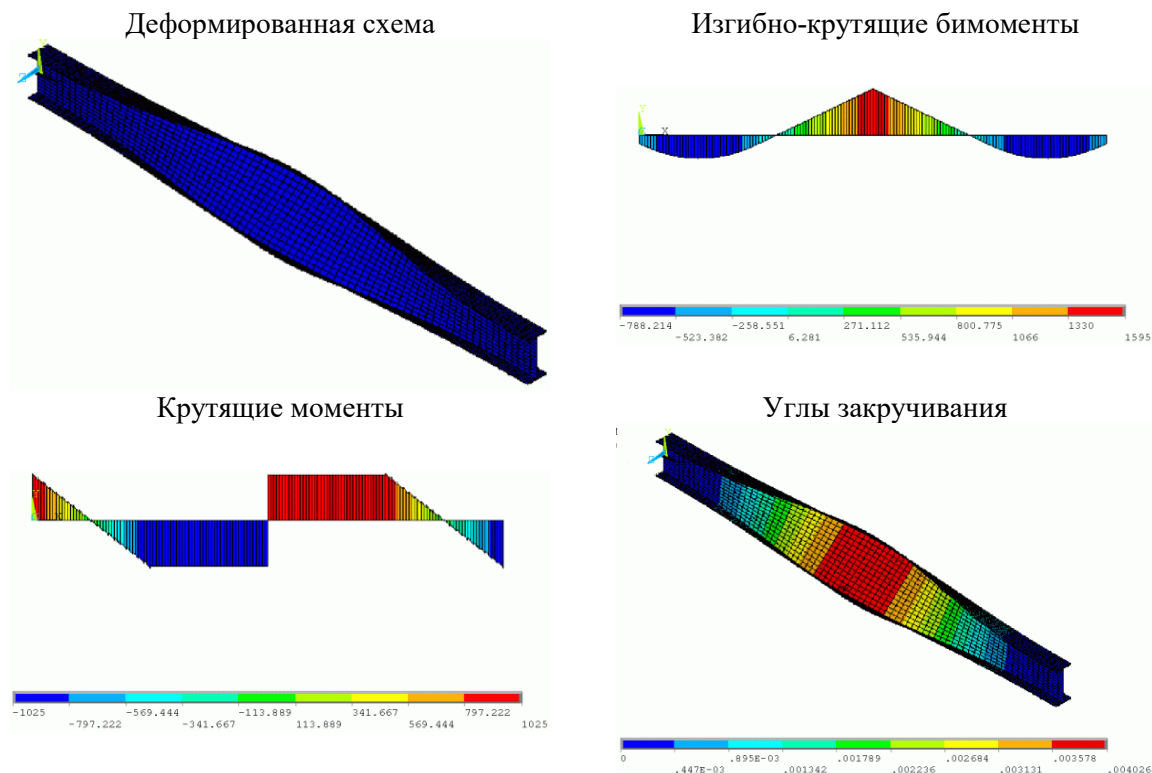


Рис.4. Деформированное состояние стержня, эпюры изгибно-крутящих бимоментов, крутящих моментов и углов закручивания

Сравнение результатов

В таблице представлены бимоменты, крутящие моменты и углы закручивания, вычисленные для ряда сечений стержня обоими численными методами.

Таблица 1

Сравнение результатов МГЭ и МКЭ

x, м	Угол поворота			Крутящий момент			Бимомент		
	МГЭ	МКЭ	%	МГЭ	МКЭ	%	МГЭ	МКЭ	%
0,0	0	0	0	-1000	-1025	2,44	-281,19	-273,82	2,62
0,5	0,000067	0,000068	1,47	-500	-512,50	2,44	-658,19	-650,72	1,13
1,0	0,000335	0,000340	1,47	0	0	0	-791,14	-783,35	0,98
1,5	0,000845	0,000861	1,86	500	512,50	2,44	-681,29	-674,37	1,01
2,0	0,00156	0,00159	1,89	1000	1025	2,44	-327,61	-320,54	2,16
2,5	0,00238	0,00242	1,65	1000	1025	2,44	148,10	144,29	2,57
3,0	0,00315	0,00320	1,56	1000	1025	2,44	625,20	618,81	1,02
3,5	0,00372	0,00379	1,85	1000	1025	2,44	1108,13	1102,94	0,47
4,0	0,00395	0,00403	1,98	-1000	-1025	2,44	1601,43	1595	0,40
4,5	0,00372	0,00379	1,85	-1000	-1025	2,44	1108,13	1102,94	0,47
5,0	0,00315	0,00320	1,56	-1000	-1025	2,44	625,20	618,81	1,02
5,5	0,00238	0,00242	1,65	-1000	-1025	2,44	148,10	144,29	2,57
6,0	0,00156	0,00159	1,89	-1000	-1025	2,44	-327,61	-320,54	2,16
6,5	0,000845	0,000861	1,86	-500	-512,50	2,44	-681,29	-674,37	1,01
7,0	0,000335	0,000340	1,47	0	0	0	-791,14	-783,35	0,98
7,5	0,000067	0,000068	1,47	500	512,50	2,44	-658,19	-650,72	1,13
8,0	0	0	0	1000	1025	2,44	-281,19	-273,82	2,62

Сравнение результатов свидетельствует об их незначительных расхождениях. Заметим, однако, что при решении методом граничных элементов пришлось решать 4 алгебраических уравнения, в то время как решение этой же задачи методом конечных элементов потребовало решения 160 алгебраических уравнений.

NUMERICAL METHODS IN CALCULATION OF THIN-WALLED STRUCTURAL COMPONENTS

Summary

This paper is devoted to the calculation of the rode elements of the boundary element method (its numerical analytic option), and the finite element method.

Initially, the finite element method is by far the more popular. Moreover, it is the most common method in the world, since its base built such high-end units like the Ansys, Solid Works, and so on.

However, it has significant drawbacks, such as the need to prove the convergence, and refine the results.

Such deficiencies deprived boundary element method, while it has a much less cumbersome mathematical apparatus that automatically makes it a very promising method in the future.

In this paper, we compared two methods. In the case of the finite element method, we have used heavy computing equipment (Ansys programs Solidworks), then the matrix is numerically analytic variant of the method of boundary elements were counted MATLAB program.

Key words: finite element method, rode elements, boundary elements, thin-walled structure.

Литература

1. Баженов В.А., Дашенко А.Ф., Коломиец Л.В., Оробей В.Ф. Строительная механика специальный курс применение метода граничных элементов. Одесса, «Астропринт», 2004. – 285 с.
2. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 568 с.
3. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. Изд.2-е, испр., М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.
4. Уманский А.А. Строительная механика самолета. М.: Государственное научно-техническое издательство ОБОРОНГИЗ, 1961. – 529 с.
5. Расчет арок на устойчивость методом граничных элементов / В.Ф. Оробей, А.Ф. Дашенко, А.М. Лимаренко. Одеський національний морський університет, Хмельницький національний університет, Науково-виробничий журнал Проблеми техніки – Одесса 2009 – 114-123 с.
6. Лимаренко А.М. Применение численных методов к определению параметров деформированного состояния станин металлорежущих станков. А.М. Лимаренко, А.С. Лимаренко, А.А. Дашенко, В.В. Хамрай. Шоста Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів «Сучасний стан та перспективи розвитку системи технічного регулювання метрології та якості». Одеська державна академія технічного регулювання та якості. Одеса 2015. с. 129-133.
7. Kolomiets L., Non-conservative problems of the stability of bar structures / Leonid Kolomiets, Viktor Orobey, Aleksandr Lymarenko – Croatia, Sientifie professional journal of University Noth, Technical journal 9, 3(2015) p. 311-316.
8. Orobej V., Boundary element method in problem of plate elements bending of engineering structures / Viktor Orobej, Leonid Kolomiets, Aleksandr Limarenko – Metallurgical and Mining Industry, 2015, № 4 p. 295 – 302.
9. Kolomiets L. Application of numerical methods for the calculation of core structural elemens with the discrete nature of rigidities, Winkler coefficients and detachment of the elastic supports foundation. Leonid Kolomiets, Aleksandr Lymarenko, Alina Lymarenko – Metallurgical and Mining Industry, 2015, № 6 p. 548 – 555.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Viktor Orobey

Science degree and name: PHD Professor.

Workplace and position: Odessa National polytechnic university, Institute of Machine-Building Engineering, head of Chair Dynamics, Capacity of Machines and Resistance of Materials

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: +38(048) 705-83-89, orvict@mail.ru

Author name, surname: Lymarenko Olexander

Science degree and name: PHD Associate Professor.

Workplace and position: Odessa National polytechnic university, Scientific Secretary of the Institute of Mechanical Engineering, Chair Dynamics, Capacity of Machines and Resistance of Materials

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: +38 048 771 39 60, Aml28@mail.ru

DECOMPOSITION FRAME MODEL ON THE ONE-DIMENSIONAL MODULE AND ANALYSIS IN THE BOUNDARY ELEMENT METHOD

V.F. Orobey, O.F. Dashchenko, O.M. Lymarenko, V.V. Khamrai
Odessa National Polytechnic University, Ukraine

Abstract

Paper describes the first stage of the calculation of the design by numerical analytic option, boundary element method. Decomposition of the parts of the structure and its analysis is the most important problem of numerical methods for solving problems of mechanics

Key words: Decomposition, frame, finite element method, boundary element method.

Calculation of rod systems with distributed parameters

In modern engineering, construction, aviation and other fields of science and technology is still widely used designs of the rods.

Rod elements have variable weight, hardness, elastic foundation parameters and boundary conditions. Such systems have the advantages over constructions where the elements are constant parameters. Calculation of rod systems with distributed parameters can be done using numerical methods, such as finite element method (FEM). However, this calculation requires a convergence of evidence and the reliability of results. Disadvantages of numerical methods have led to the emergence of more effective methods of solving boundary value problems. In particular, the boundary element method (BEM).

We form the calculation scheme of the frame, breaking the longitudinal and transverse elements in the one-dimensional modules *Fig 1*

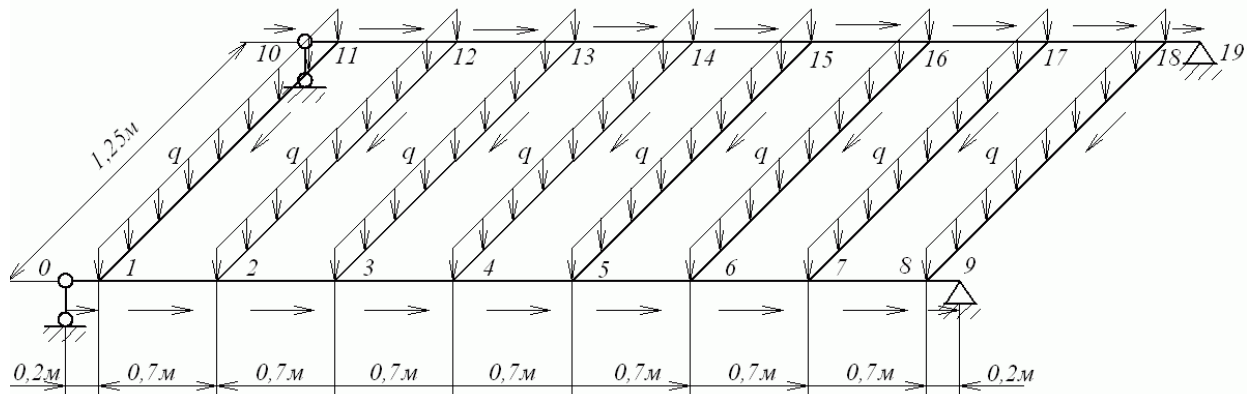


Fig 1. Estimated frame scheme

The total load on the system is 10 tons, and is distributed over the surface of the eight cross members, where $q = 10\kappa H / m$. (*Fig 1.*)

Cut out the nodes 1, 2, 3 ... and form the equation of compatibility of linear and angular displacements, as well as the equation of equilibrium units for shear forces, bending moments, torque and bimoment.

Equations of linear and angular displacements of node 1 (*Fig 2.*)

$$\begin{aligned} V^{0-1}(l) &= V^{1-2}(0) = V^{11-1}(l); \\ \varphi^{0-1}(l) &= \varphi^{1-2}(0) = \theta^{11-1}(l); \\ \theta^{0-1}(l) &= \theta^{1-2}(0) = -\varphi^{11-1}(l). \end{aligned} \tag{1}$$

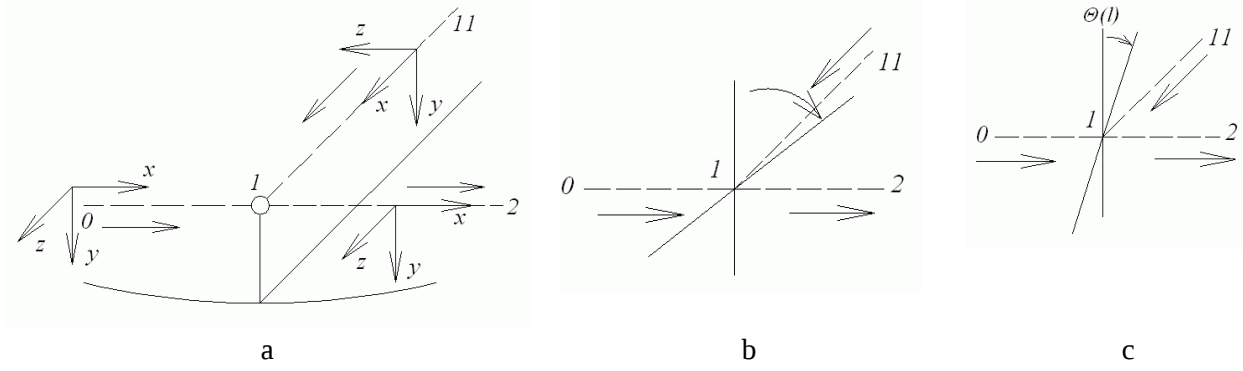


Fig 2 Displacements of node 1

Node equilibrium equations 1 for the transverse forces, (fig. 3, a) bending moments, (fig. 3, b) torques (fig. 3, c), and bimoment (fig. 3, d)

$$\begin{aligned}
 Q^{0-1}(l) &= Q^{1-2}(0) - Q^{11-1}(l); \\
 M^{0-1}(l) &= M^{1-2}(0) + L^{11-1}(l) = M^{1-2}(0) + M_{\omega}^{11-1}(l) + GI_k \theta^{11-1}(l); \\
 M_{\omega}^{0-1}(l) &= M_{\omega}^{1-2}(0) - M^{11-1}(l); \\
 B_{\omega}^{0-1}(l) &= B_{\omega}^{1-2}(0).
 \end{aligned} \tag{2}$$

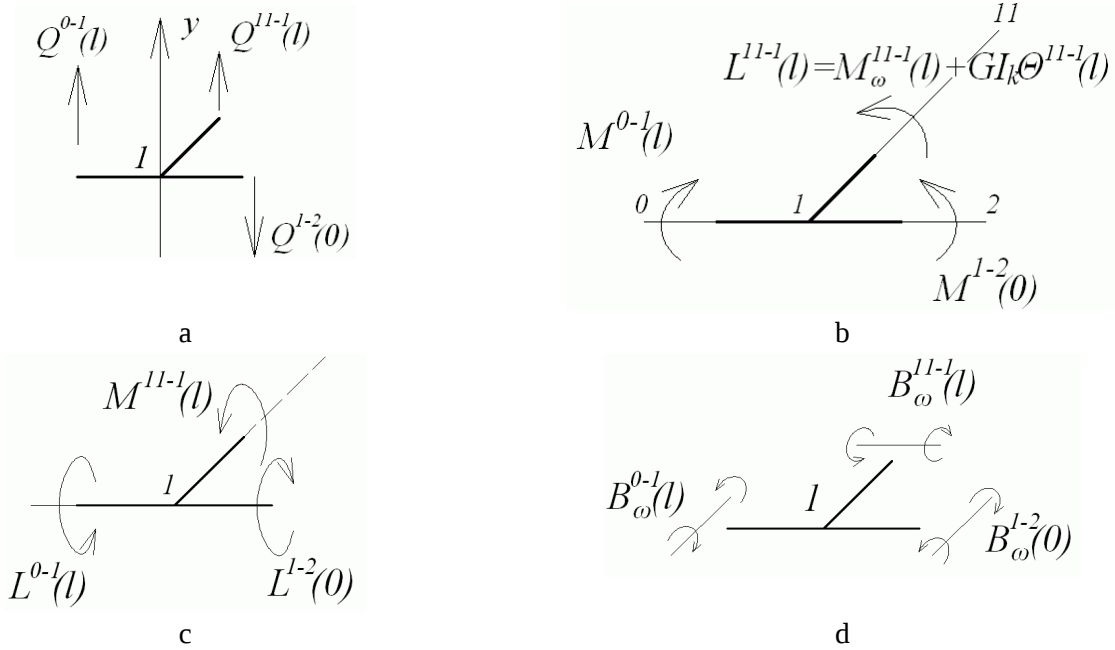
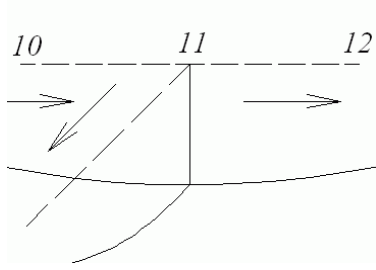


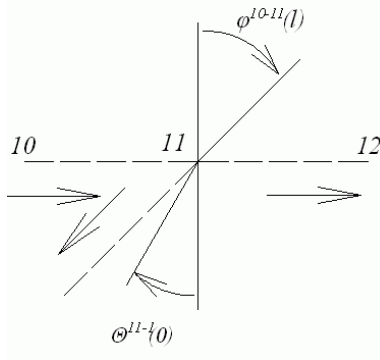
Fig 3. Equilibrium node 1

For nodes of the second longitudinal member, recorded higher ratios will be a different look. Equations of linear (Fig. 4, a) and angular (Fig. 4, b, c) displacements of node 11.

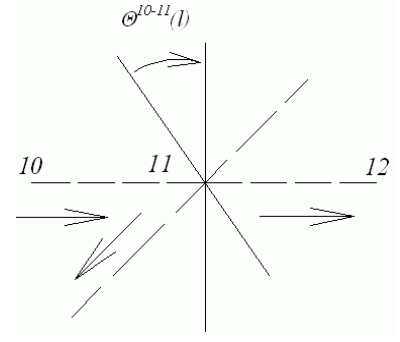
$$\begin{aligned}
 V^{10-11}(l) &= V^{11-12}(0) = V^{11-1}(0); \\
 \varphi^{10-11}(l) &= \varphi^{11-12}(0) = \theta^{11-1}(0); \\
 \theta^{10-11}(l) &= \theta^{11-12}(0) = -\varphi^{11-1}(0).
 \end{aligned} \tag{3}$$



a



b

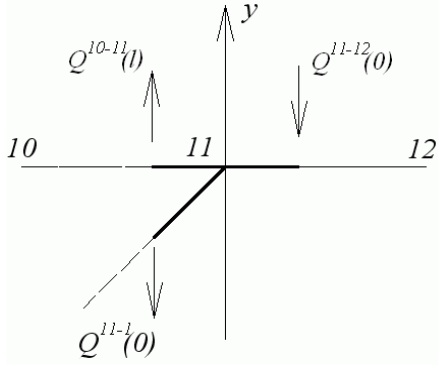


c

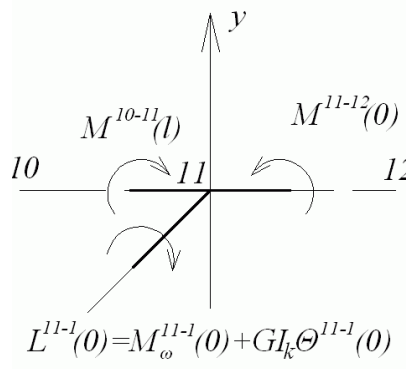
Fig 4. Equilibrium note 11

Node equilibrium equations 11 for the transverse forces, (Fig. 5, a) bending moments, (Fig. 5, b) torques (Fig. 5, c)

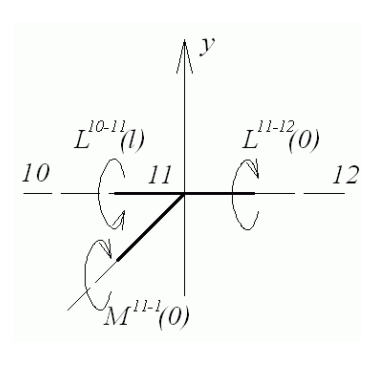
$$\begin{aligned} Q^{10-11}(l) &= Q^{11-12}(0) + Q^{11-1}(0); \\ M^{10-11}(l) &= M^{11-12}(0) - L^{11-1}(0) = M^{11-12}(0) - M_{\omega}^{11-1}(0) - GI_k \theta'^{11-1}(0); \\ M_{\omega}^{10-11}(l) &= M_{\omega}^{11-12}(0) + M^{11-1}(0). \end{aligned} \quad (4)$$



a



b



c

Fig 5 Equilibrium note 11

Similarly equates compatibility of displacements and the equilibrium equations for the other system components.

Dimensional mathematical model of each module is described by a system of differential equations.

$$\begin{cases} \theta^{IV} - k^2 \theta'' = \frac{m}{EI_{\omega}}; \\ EI_x y'' = M_x. \end{cases} \quad (5)$$

The state vector of each module

$$\bar{P}^T = \parallel EI_{V_x} \quad EI \phi_x \quad M_x \quad Q_y \quad \theta GI_k \quad \theta' GI_k \quad B_{\omega} \quad M_{\omega} \quad \parallel \quad (6)$$

When considered vertical load occur transverse bending in the vertical plane and torsion; block-diagonal matrix of orthonormal basic functions will be the eighth order.

The matrix equation for one-dimensional BEM module

$EIV(l) = 0$
$EI\varphi(l) = 0$
$M(l)$
$Q(l)$
$GI_k\theta(l) = 0$
$GI_k\theta'(l) = 0$
$B_\omega(l)$
$M_\omega(l)$

=

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	l	$-l^2/2$	$-l^3/6$				
2		1	$-l$	$-l^2/2$				
3			1	l				
4				1				
5					1	l	$-A_{13}$	$-A_{14}$
6						1	$-A_{23}$	$-A_{13}$
7							A_{33}	A_{34}
8							A_{23}	A_{33}

x

$EIV(0) = 0$
$EI\varphi(0) = 0$
$M(0)$
$Q(0)$
$GI_k\theta(0) = 0$
$GI_k\theta'(0) = 0$
$B_\omega(0)$
$M_\omega(0)$

x
+

$B_{11}(l)$
$B_{21}(l)$
$-B_{31}(l)$
$-B_{41}(l)$
$B_{51}(l)$
$B_{61}(l)$
$-B_{71}(l)$
$-B_{81}(l)$

	1	2	3	4	5	6	7	8
1			$-l^2/2$	$-l^3/6$				
2			$-l$	$-l^2/2$				
3	-1		1	l				
4		-1		1				
5							$-A_{13}$	$-A_{14}$
6							$-A_{23}$	$-A_{13}$
7					-1		A_{33}	A_{34}
8						-1	A_{23}	A_{33}

x

$M(l)$
$Q(l)$
$M(0)$
$Q(0)$
$B_\omega(l)$
$M_\omega(l)$
$B_\omega(0)$
$M_\omega(0)$

x
-

$M(l)$
$Q(l)$
$B_\omega(l)$
$M_\omega(l)$

=

$B_{11}(l)$
$B_{21}(l)$
$-B_{31}(l)$
$-B_{41}(l)$
$B_{51}(l)$
$B_{61}(l)$
$-B_{71}(l)$
$-B_{81}(l)$

The system of equations are unknown to the initial settings $M(0)$, $Q(0)$, $B_\omega(0)$, $M_\omega(0)$, which is easy to calculate the parameters of the stress-strain state of the module.

The system under consideration contains twenty-six-dimensional modules, so the vectors X_* , Y , B consists of 208 members, and the fundamental matrix of orthonormal functions is a square matrix size of 208 x 208.

In this case, the initial parameters of the modules are defined similarly, as described above

To calculate only a thin wall of the frame member, such as the cross, the finite element method is needed to solve the differential equations of more than 100. However, if you use the BEM, it is necessary to solve only 4 equations.

Summary

Thus, it is obvious that the determination of stress strain state of the entire frame though and will require significant resources, but in any case not exceed the amount of computation used in the finite element method for solving a similar problem.

References

1. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. – М.: Физматгиз, 1959. – 568 с.
2. Коломиец Л.В. Компьютерное моделирование и численный анализ телескопической стрелы автомобильного крана / Л.В. Коломиец, А.М. Лимаренко, А.А. Дашенко, Н.Н. Дашенко // Сборник научных трудов Одесской государственной академии технического регулирования и качества. – 2015. – вып. 1(6). – с. 102 – 105.
3. Оробей В.Ф. Основы расчета элементов машиностроительных конструкций / В.Ф. Оробей, Л.В. Коломиец, А.М. Лимаренко // Учебное пособие. Одесса 2015. – 44 с.
4. Оробей В.Ф. Метод граничных элементов в задачах с неустойчивыми решениями / В.Ф. Оробей, А.Ф. Дашенко, А.М. Лимаренко // Труды Одесского национального политехнического университета 2013. – вып. 2 (41). – с. 27 – 31.
5. Оробей В.Ф. Расчет арок на устойчивость методом граничных элементов / В.Ф. Оробей, А.Ф. Дашенко, А.М. Лимаренко // Научно-производственный журнал, Одесский национальный водный университет, Хмельницкий национальный университет 2009. – вып. 2. – с. 114-124.
6. Kolomiets Leonid. Application of numerical methods for the calculation oof core structural elements and detachment of the elastic supports foundation / Leonid Kolomiets, Alexandr Lymarenko, Alina Lymarenko // Metallurgical and Mining Industry, 2015, № 6. – p. 549 – 555.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Oleksandr Dashchenko

Science degree and name: PHD Professor.

Workplace and position: Odessa National polytechnic university, Director of Institute of Mechanical Engineering (IME)

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: +38(048) 705-84-70, daschenko-o-f@mbei.opu.ua

Author name, surname: Viktor Orobey

Science degree and name: PHD Professor.

Workplace and position: Odessa National polytechnic university, Institute of Machine-Building Engineering, head of Chair Dynamics, Capacity of Machines and Resistance of Materials

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: +38(048) 705-83-89, orvict@mail.ru

Author name, surname: Olexander Lymarenko

Science degree and name: PHD Associate Professor.

Workplace and position: Odessa National polytechnic university, Scientific Secretary of the Institute of Mechanical Engineering, Chair Dynamics, Capacity of Machines and Resistance of Materials

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: +38 048 771 39 60, Aml28@mail.ru

Author name, surname: Vadym Khamrai

Science degree and name: PHD student.

Workplace and position: Odessa National polytechnic university, Institute of Machine-Building Engineering, Chair Dynamics, Capacity of Machines and Resistance of Materials

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: +38(063) 122 57 56, Khamray@mail.ru

NETIESIOGINIŲ INVESTICIJŲ Į NEKILNOJAMĄJĮ TURĄ PORTFELIO VALDYMAS

Darius Gudelis, Rasa Apanavičienė

Kauno technologijos universitetas

Anotacija

Nekilnojamasis turtas (NT) yra pripažinta turto klasė, tokia pat kaip akcijos ar obligacijos, ir įprastai investuotojų vertinama kaip stabili investicijų portfelio dalis, generuojanti pastovią gražą.

Tiesioginės investicijos į NT apima investavimą ir materialaus turto valdymą, tačiau kyla problemų dėl aukštų kainų, likvidumo ir gebėjimo valdyti NT. Netiesioginės investicijos į NT suprantamos, kaip saugus investavimo instrumentas ir yra vertinamos tarp investuotojų dėl skaidrumo, aukšto likvidumo lygio ir plačių diversifikavimo galimybių. Straipsnyje pateikiama finansų inžinerijos sukurtų netiesioginio investavimo į NT instrumentų apžvalga, jų naudojimas formuojant investicijų į NT portfelius, analizuojami atlikto tyrimo, valdant investicijų į NT portfelius aktyvia ir pasyvia strategijomis, rezultatai.

Reikšminiai žodžiai: nekilnojamasis turtas, investicijų portfelis, investiciniai fondai, REIT, ETF.

Ivadas

Lietuvos banko duomenimis 2015 metų kovo 15d. Lietuvos Respublikos gyventojų bankuose laikomų indėlių suma pasiekė visų laikų rekordą - 16,3 mlrd. EUR (Lietuvos bankas, 2015). Žinant, kad banko indėlio generuojamos palūkanos retai padengia vidutinę metinę infliaciją, galima teigti, kad daugumos LR gyventojų banko indėlio pavidalu laikomos santaupos kasmet nuvertėja.

Atlikus Lietuvoje veikiančių nekilnojamojo turto fondų (NTF) analizę (Gudelis, Apanavičienė, 2015) nustatyta, kad Lietuvoje veikia 16 NTF, kurių bendrai valdomo NT turto vertė 2013 metais sudarė vos 30,22 mln. EUR (Jarašius, 2013). Analizuojant priežastis, kodėl Lietuvos gyventojai neinvestuoja į Lietuvoje veikiančius NTF, nustatyta, kad visi veikiantys Lietuvoje NTF yra skirti Informuotiesiems investuotojams, o Informuotasis investuotojas investuoja arba įsipareigoja investuoti ne mažiau kaip 125 000 EUR (Lietuvos Respublikos informuotiesiems investuotojams skirtų kolektyvinio investavimo subjektų įstatymas XII-376, trečias straipsnis). Reikia pripažinti, kad ne kiekvienas LR gyventojas turi Informuotojo investuotojo statusą, taip pat ne kiekvienas turi susitaupęs 125 000 EUR, kuriuos laisvai galėtų skirti netiesioginiam investavimui į NT. Kaip alternatyva šiai situacijai galėtų būti investavimo į NT finansiniai instrumentai, siūlomi tarptautinėse vertybinių popierių biržose, kuriais galima naudotis atsidarius vertybinių popierių prekybos sąskaitą Lietuvoje veikiančiuose bankuose.

Pasiryžus investuoti kyla daug klausimų, kaip teisingai tai daryti. Dažnai neturint aiškaus investavimo loginio pamato, pradedama vadovautis emocijomis ir pridaroma klaidų, kurios kainuoja itin brangiai. Finansų rinkų burbulus ir po to sekančias krizes sukelia ne atsitiktinės klaidos, o kolektyvinis viso pasaulio investuotojų iracionalumas (baimė ir godumas). Siekiant apsisaugoti nuo neigiamos psichologijos įtakos priiminėjant savo asmeninius investavimo sprendimus, būtina turėti aiškią sistemą (strategiją) (Macijauskas, 2015).

Tyrimų objektas - netiesioginių investicijų į NT portfelio formavimas ir valdymas taikant aktyvią ir pasyvią valdymo strategijas.

Darbo tikslas - suformuoti iš NT rinkoje esamų finansinių instrumentų du netiesioginių investicijų į NT portfelius valdomus pasyvia ir aktyvia strategijomis, suskaičiuoti portfelio rizikos ir pelno rezultatus remiantis istoriniais kainų pokyčiais, atlikti portfelio lyginamąją analizę.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti finansų rinkose esančius netiesioginių investicijų į NT finansinius instrumentus ir pagal apibrėžtus kriterijus parinkti tinkamiausius tyrimui.
2. Iš atrinktų finansinių instrumentų suformuoti pasyvia ir aktyvia strategijomis valdomus investicijų į NT portfelius.
3. Atlikti abiejų portfelio imitacinį modeliavimą naudojantis finansinių instrumentų istoriniais kainų kitimo duomenimis.
4. Atlikti abiejų portfelio gautų rezultatų lyginamąją analizę.

Tyrimo metodai: mokslinių šaltinių analizė, matematinė-statistinė analizė, imitacinis modeliavimas.

Netiesioginių investicijų į NT formos ir ypatumai

REIT investiciniai fondai. Smulkiems investuotojams norintiems netiesiogiai investuoti į NT, buvo sukurti specialūs finansiniai instrumentai. REIT (angl. Real Estate Investment Trust) – tai investicinis fondas, kurio tikslas yra investuoti į nekilnojamojo turto sektoriuje veikiančias bendroves, kurių pagrindinė veikla yra nekilnojamojo turto objektų įsigijimas, jų priežiūra bei nuoma. Kaip ir tiesiogiai investuojant į

nekilnojamą turtą, taip ir investuojant į REIT uždarbis yra generuojamas iš dviejų pagrindinių šaltinių: gaunamų turto nuomos pajamų bei turto vertės padidėjimo, kuri taip pat turi tendenciją augti. Taip pat REIT turtą gali sudaryti ir NT paskolų portfelis (angl. Mortgage REIT) (LHV bankas, 2015). Išskiriami tokie REIT valdomo NT sektoriai: gyvenamieji pastatai, biurai, sandėliavimo statiniai, prekybos centrai, sveikatingumo įstaigos, duomenų centrai, gamybiniai statiniai, viešbučiai, miškai, specialios paskirties (pvz. golfų aikštynai, dirbama žemė) ir mišrūs. Šiuo metu vien JAV vertybinių popierių rinkose yra daugiau nei 200 biržose prekiaujamų REIT, kurių bendra rinkos vertė siekia apie 900 mlrd. USD.

Vienas didžiausių REIT fondo privalumų yra palanki mokestinė aplinka. Pavyzdžiui, JAV REIT nemoka įmonių pelno mokesčio. Be to, REIT privalo dividendais išmokėti daugiau nei 90% apmokestinamojo pelno, ne mažiau kaip 75% viso turto REIT turi būti investavęs į NT ir atitikti kitus įstatymų reikalavimus (LHV bankas, 2015).

REIT ETF investiciniai fondai. Naujausias finansų inžinerijos sukurtas instrumentas yra biržoje prekiaujami fondai. ETF (angl. exchange traded funds) – tai investiciniai fondai, kurių vienetais yra prekiaujama biržoje. Biržoje prekiaujamais investiciniais fondais, kaip ir bet kokiomis akcijomis, galima prekiauti visą dieną konkrečios biržos prekybos valandomis. ETF yra valdomi kompiuterinių programų, ir absoliuti dauguma jų siekia kuo tiksliau atkartoti pasirinktą indeksą (pvz.: The Standard & Poor's 500 Index). Taigi ETF veikloje investicijų valdymu ar strategija besirūpinančio valdytojo ar analitikų komandos nebereikia, nes visą darbą atlieka kompiuterizuotos sistemos, kurios veikia pagal iš anksto numatytą algoritmą. Dėl šios priežasties ETF valdymo sąnaudos gali būti kur kas mažesnės nei patiriama organizuojant aktyviai valdomo fondo veiklą (Macijauskas, 2015).

Taigi investuotojai gali rinktis ir globalius ETF, kurių investiciniai portfeliai sudaryti iš investicijų į įvairių šalių ir sektorių REIT. Tai suteikia galimybę turėti labai plačiai diversifikuotą ir itin likvidžią investiciją į NT. Pasitelkus tinkamus finansinius instrumentus investuotojams NT rinka yra lengvai pasiekiamą, o REIT valdymo sistema leidžia gauti reguliarių pajamų tikintis, jog po kurio laiko REIT valdomo NT turto vertė išaugs (LHV bankas, 2015).

R.J. Curcio ir kiti savo studijoje apie REIT ETF poveikį NT akcijų likvidumui, teigia, kad REIT ETF atsiradimas ženkliai padidino (70%) NT akcijų likvidumą, o patys REIT ETF yra greitai auginantis populiarumą tarp investuotojų instrumentas, kurio dėka NT rinkos tapo labiau pasiekiamos investuotojams, pasiūlydamas jiems daugiau variantų portfelio diversifikavimui (Curcio ir kiti, 2012).

REIT portfelių valdymo strategijos

Dauguma tradicinių investavimo į REIT strategijų yra paremtos jų finansinių rodiklių fundamentalia analize. Žvelgiant iš eilinio investuotojo pozicijos, tai tikrai sudėtingas ir daug laiko reikalaujantis darbas. Vien tik JAV biržose yra prekiaujama daugiau kaip 200 REIT fondų vienetais, taigi norint išanalizuoti jų visų finansines ataskaitas reiktų paskirti nemažai laiko ir įdėti daug pastangų. Pasak R.L.Block (2012), parašiusio išsamią investavimo į JAV REIT knygą, net pasyvios strategijos „Pirk ir laikyk“ besilaikantys investuotojai bent kartą per ketvirtį turėtų pasitiktinti turimų REIT specifinį veiklos pelno FFO (angl. Funds from Operations) rodiklį, REIT valdomo turto užimtumo rodiklį, ir net valdomo turto ketvirtinius vertės įvertinimus. Orientuotiems į aktyvia strategija valdomus REIT portfelius investuotojams reikės paskirti daug daugiau laiko analizuojant istorines ir prognozavimo vertinimo metodologijas norint pasiekti valdomų investicinių portfelių gražos maksimumą (Block, 2012). Jei papildomai norėtumėme turėti globaliai diversifikuotą REIT portfelį, dar prisidėtų Europos, Azijos, Australijos ir kitų žemynų REIT, jų finansinių ataskaitų skirtumai, skirtingos valiutos. Net ir atrinkus vertus dėmesio REIT kiltų sunkumų įsigyti jų vienetų. Vienais būtų prekiaujama tik JAV vertybinių popierių (VP) biržose, kitų tik Azijos VP biržose, trečių tik Europos VP biržose. Žinoma, visa šį darbą gali atlikti ir atlieka aktyviai valdomų investicinių fondų į REIT (IF REIT) analitikų ir valdytojų komandos. Už tai investuotojai sumoka valdymo mokestį. IF REIT suteikia galimybes investuotojams formuoti plačiai diversifikuotus netiesioginių investicijų į NT portfelius.

Vanguard kompanijos atliktame tyrime buvo palyginti aktyviai valdomų fondų (IF) rezultatai su jų prospektuose pateikiamais lyginamaisiais indeksais (Vanguard, 2013). Šiame tyrime greta JAV fondų taip pat buvo analizuojami ir Didžiosios Britanijos, Europos, euro zonos, globaliai investuojantys bei į besivystančias rinkas orientuoti investiciniai fondai (IF). Šio tyrimo rezultatai parodė, jog tiek globaliai investuojančių, tiek į besivystančias rinkas orientuotų fondų (IF) kategorijose savo lyginamųjų indeksų aplenkė nesugebėjo 70–80 % fondų. A. Clare ir kiti savo straipsnyje teigia, kad 2014 metais S&P (The Standard & Poor's 500 Index) akcijų indeksas augo 13,7%, o vidutinis JAV investuotojo portfelis sudarytas iš aktyviai valdomų fondų sugeneravo tik 5,5% augimą (Clare ir kiti, 2014).

S.I. Ivanov atlikęs studiją apie REIT ir REIT ETF kainų pokyčius „Žaibiškos krizės“ (angl. Flash Crash) įvykusios 2010m. gegužės 6d. metu, teigia, kad žaibiškų krizių metu diversifikavimo nauda iš REIT ir

REIT ETF yra minimali, tačiau ilguoju periodu tokie REITs ir REIT ETF galėtų būti laikomi gera investicine alternatyva portfeliams diversifikuoti (Ivanov, 2013).

M.J. Seiler ir V.L. Seiler atlikto tyrimo apie REIT ETF įtaką tradiciniams diversifikuotiems iš pagrindinių turto klasių (obligacijos, akcijos, žaliavos) portfeliams išvadose teigia, kad REIT ETF ne tik padidino portfelių gražą, bet ir ženkliai sumažino riziką. Taip pat autoriai teigia, kad REIT ETF turėtų dominti investuotojus nepriklausomai kokia „bulių“ (auganti) ar „meškų“ (krentanti) tendencija yra vyraujanti rinkoje (Seiler ir Seiler, 2009).

Išanalizavus rastą mokslinę literatūrą ir aukščiau pateiktą informaciją, REIT ETF, kurių portfeliai yra plačiai diversifikuoti tiek geografiniu aspektu, tiek tarp NT sektorių, šiuo metu yra optimalus variantas smulkaus investuotojo portfelio formavimui.

Investicinių portfelių formavimas ir diversifikavimas

Investavimo instrumentų apsibrėžimas. Efektyviausia priemonė, konstruojant realius portfelius, yra biržoje prekiaujami fondai (ETF), kurių portfeliai išskirtinai suformuoti iš įvairių REIT fondų. Konkrečios metodikos, kaip geriausiai pasirinkti REIT ETF literatūroje nėra. Siūloma prioritetą teikti tiems, kurių išlaidų rodiklis (Expense Ratio) yra mažiausias. Atlikus internete prieinamų ETF duomenų bazių (<http://etfdb.com>, www.reit.com, www.etf.com) analizę, tyrimui buvo atrinkti 42 REIT ETF.

Analizuoti vien biržoje prekiaujamų NT fondų išlaidų rodiklius nepakanka, nes tuomet gerokai per didelę įtaką rezultatams gali teikti įvairių mažos kapitalizacijos, neseniai sukurtų ar „egzotinių“ (sverto, atvirkštinio sverto ir būsto paskolų REIT ETF) REIT ETF išlaidų parametrai, kurie paprastai būna gerokai aukštesni nei rinkoje vyraujanti norma. Kadangi taip vadinami „egzotiniai“ ETF yra daugiau skirti spekuliuoti fondo vienetų kainomis nei tikram investavimui, iš tolesnio tyrimo jie buvo pašalinti. Gauta 28 REIT ETF imtis paskirstyta pagal geografines investavimo alokacijas. Gautas rezultatas – keturios REIT ETF geografinio investavimo alokacijų kryptys: tik JAV rinka (atrinkta 12 fondų), globalus ex JAV (atrinkti 6 fondai), globalus (atrinkti 6 fondai), kitos rinkos (atrinkti 3 fondai). Iš kiekvienos geografinės alokacijos buvo atrinkti 1 arba 2 REIT ETF portfelių formavimui (1 lentelė). Antranka buvo vykdoma vertinant 3 kriterijus: istorinių kainų duomenų imtis 2009-2015 metų laikotarpiu, kuo didesnė fondo kapitalizacija, kuo mažesnis fondo išlaidų rodiklis.

1 lentelė

Atrinkta portfelių formavimui REIT ETF imtis

Eil. Nr.	REIT ETF fondo žymėjimas	Geografinė fondo alokacija	Išlaidų rodiklis, %	Kapitalizacija, mln. USD	REIT ETF fondo sekamas indeksas
1	VNQ	tik JAV rinka	0,12	27.234,8	MSCI US REIT Index
2	IFGL	globalus ex JAV	0,48	552,9	FTSE EPRA/NAREIT Developed Real Estate ex-U.S. Index
3	RWX	globalus ex JAV	0,59	4.369,9	Dow Jones Global ex-U.S. Real Estate Securities Index
4	RWO	globalus	0,5	1.993,6	Dow Jones Global Select Real Estate Securities Index
5	IFEU	Europos rinka	0,48	64,4	FTSE EPRA/NAREIT Developed Europe Index
6	TAO	Kinijos rinka	0,71	16,2	AlphaShares China Real Estate Index

Finansinam portfelio saugumui užtikrinti į portfelius buvo įtrauktas ir obligacijų ETF (BND), didžiausias pagal kapitalizaciją ir turintis mažiausią valdymo mokestį savo sektoriuje, kuris viso NT finansų sektoriaus kritimo atveju (krizės arba burbulo) amortizuotų galimus portfelių nuostolius.

Pasyvia strategija valdomo portfelio formavimas. „Pirk ir laikyk“ yra pasyvia strategija valdomo portfelio pagrindas. Didžiausi pasyvia strategija valdomo portfelio privalumai yra mažos laiko, skirto portfelio priežiūrai, sąnaudos ir maži portfelio rebalansavimo sandorių kaštai. Pasyvia strategija valdomo portfelio formavimui iš REIT ETF fondų buvo atrinkti du didžiausios kapitalizacijos ir labiausiai diversifikuotus REIT ETF, t.y. VNQ ir RWX. Finansinam portfelio saugumui užtikrinti į portfelį buvo įtrauktas ir obligacijų ETF (BND). Visų fondų vienetų į portfelį buvo įtraukta lygiomis dalimis po 33,33%. Pasyvus portfelis rebalansuojamas tik kartą metuose, t.y. iš viso 6 kartus (sandorių kaštai buvo įskaičiuoti į portfelio vertę).

Aktyvia strategija valdomo portfelio formavimas. Aktyvia Momentum strategija valdomo portfelio pagrindas yra naudojantis strategijos algoritmu atrinkti inertiškiausius ETF fondus, tikintis taip sugeneruoti geresnę nei pasyvia strategija valdomo portfelio pelno ir rizikos santykį. Aktyvia strategija valdomo portfelio trūkumai lyginat su pasyvia strategija valdomu portfeliumi yra didesnės priežiūrai skiriamos laiko sąnaudos ir didesni atliekamų rebalansavimo sandorių kaštai.

Pačios Momentum strategijos principas yra paprastas ir efektyvus: apskaičiuoti, pirkti ir laikyti tris fondus, kurių kainų inertiškumas didžiausias (Macijauskas, Manditinos, 2014). Formuojant galimų portfelių aibę, buvo naudojami 1 mėnesio, 3 mėnesių, 6 mėnesių, 9 mėnesių ir 12 mėnesių inertiškumo variantai taikant visų šių laikotarpių derinį (1+3+6+9+12). Momentum strategija iš kitų aktyvių strategijų išsiskiria valdymo paprastumu ir pradinių duomenų minimalia analize.

Inertiškumo portfelyje buvo naudojami visi 6 REIT ETF fondai esantys 1 lentelėje, obligacijų ETF (BND). TAO ir IFEU fondai buvo įtraukti portfelio platesnės diversifikacijos tikslais, tikintis, kad atskirai šios rinkos gali „sublizgėti“, ir taip padės padidinti bendrą portfelio pelningumą. Kiti fondai buvo įtraukti remiantis jau aukščiau minėtais kriterijais. Aktyvia Momentum strategija valdomas portfelis buvo rebalansuojamas kas mėnesį (viso 60 kartų) ir su rebalansavimu susiję sandorių kaštai buvo atimami iš bendros portfelio vertės.

Investicinių portfelių rezultatai

Tyrimo modeliavimas. Tyrimui atlikti, buvo modeliuojama situacija, kad LR pilietis norėtų netiesiogiai investuoti 10000 USD į nekilnojamąjį turtą. Įgijęs tam tikrų finansinių žinių apie investicinių portfelių valdymą ir atsidaręs prekybai vertybiniais popieriais skirtą platformą LHV banke (pasirenkamas dėl mažiausių aptarnavimo ir sandorių mokesčių), pilietis modeliuoja situaciją, kurią strategiją (aktyvią ar pasyvią) pasirinktų investicijų portfelio į NT valdymui. Buvo priimta, kad tyrimų pradžia yra 2010.01.01, o pabaiga – 2015.12.31. Istoriniai ETF kainų kitimo duomenys buvo imami iš finansų svetainės <http://finance.yahoo.com/>.

Portfelių rezultatų matavimo priemonės. Portelių pelningumui matuoti naudojamas metinio augimo koeficientas CAGR (angl. Compound Annual Growth Rate, %) , kuris yra procentinis dydis parodantis realų vidutinį metinį investicijos vertės prieaugį, atsižvelgiant į sudėtinės palūkanas. Rizika matuojama maksimaliu kritimu nuo piko MDD (angl. Maximum Drawdown, %), t. y. investicinio vieneto vertės sumažėjimu procentais per tam tikrą laikotarpį nuo aukščiausio iki žemiausio taško. Taip pat rizika matuojama tradiciniu standartiniu nuokrypiu STDEV (angl. Standard Deviation, %). Pasirenkamas lyginamasis portfelis „FTSE EPRA/NAREIT Global Index“ indeksas (toliau tekste Indeksas), kuris apima viso pasaulio NT rinką. Indeksas, kaip trečias lyginamasis portfelis reikalingas, tam kad būtų galima žinoti, kaip analizuojamu laiko periodu sekėsi visam NT kaip turto klasei.

Portfelių rezultatai. Sprendimams įgyvendinti reikalingi duomenys buvo apskaičiuoti UAB „Synergy Finance“ MS Excel skaičiuokle su suformuotu formulių masyvu, į kurį įkėlus reikiamus duomenis, gaunami atskirų skaičiavimo etapų rezultatai ir galutinis rezultatas t.y. nustatomas finansinių priemonių skaičius, kuri reikia pirkti arba parduoti, ir kiek bus investuota lėšų į kiekvieną priemonę (UAB „Synergy Finance“, 2015).

2 lentelė

Abiejų analizuojamų portfelių ir indekso 2010-2015 metų rezultatai

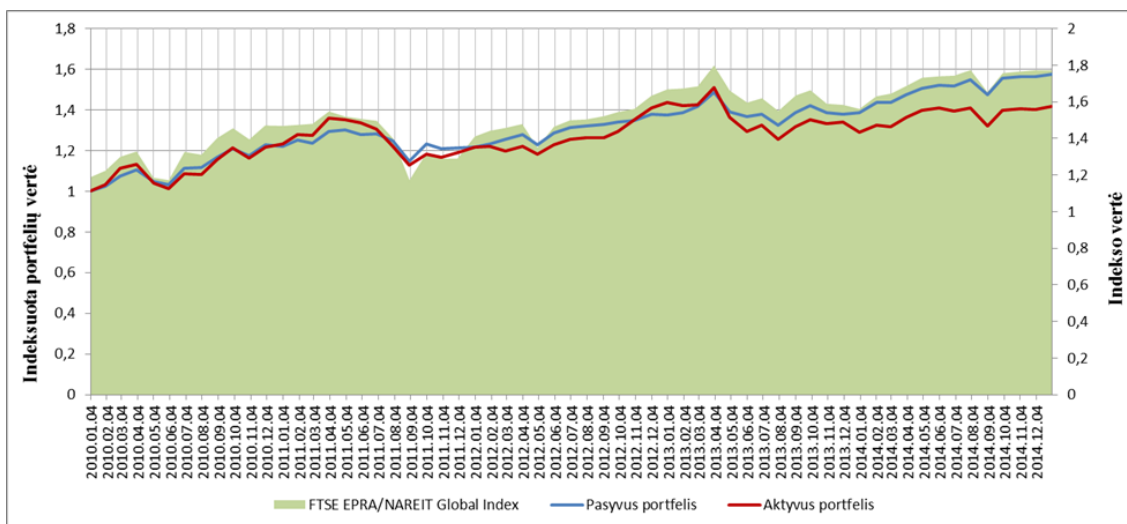
	Pasyvus portfelis	Aktyvus portfelis	Indeksas
Viso mėnesių	60	60	60
Bendras pokytis, %	56,23%	40,16%	49,09%
CAGR, %	9,33%	6,99%	8,31%
Pelningi mėn.	40	36	40
Vidutinis mėn. pelnas, %	2,44%	3,15%	3,28%
Nuostolingi mėn.	19	23	19
Vidutinis mėn. nuostolis, %	-2,63%	-3,25%	-4,39%
MDD, %	-11,74%	-17,00%	-24,24%
STDEV	14,37%	11,78%	17,07%
CAGR / STDEV	0,64	0,59	0,49
CAGR / MDD	0,79	0,41	0,34

Šaltinis (sudaryta autoriaus)

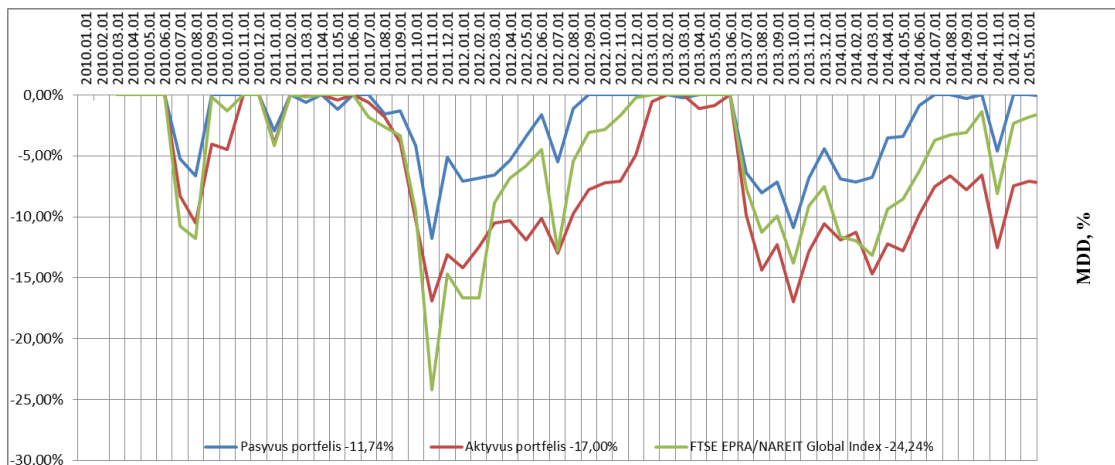
Pasyvus portfelis per pasirinktą 5 metų periodą nuo 10000 USD pakilo iki 15591,19 USD; atskaičius mokesčius už sandorius (15591,19-126=15465,19 USD), vidutiniškai po 1093,04 USD per metus. Aktyvia Momentum strategija valdomas portfelis per pasirinktą 5 metų periodą nuo 10000 USD pakilo iki 14016,16

USD; atskaičius mokesčius už sandorius, kurie sudarė 770 USD per visą periodą, vidutinis portfelio augimas sudarė po 803,23 USD per metus.

Portfelijų rezultatų lyginimoji analizė. 2010 metais, kada prasidėjo mūsų analizuojamas laiko periodas, NT rinkos atsigavo po 2009 metų krizės ir portfeliai pradėjo sparčiai kopti aukštyn. Tai chrestomatinis pavyzdys investuotojams, kaip tinkamai pasirinkti investavimo periodo pradžią, kai galima pigiai įsigyti investavimo priemonių. Žvelgiant į Momentum strategija valdomo portfelio grafiką (1 pav.) galime stebėti, kaip portfelis per nepilnus 1,5 metų pakilo beveik iki 14000 USD. Vėliau buvo pasiektas 2011 metų rudens finansinės krizės dugnas. Šį egzaminą geriausiai išlaikė pasyvus portfelis, kurio MDD rodiklis (2 pav., 2 lentelė) tuo momentu buvo daugiau nei dvigubai mažesnis nei visos NT rinkos. Toliau su nedideliais svyravimais tiek analizuojamų portfelijų, tiek visos NT rinkos Indeksas kopė aukštyn ir užbaigė analizuojamą laikotarpį su tikrai gerais rezultatais.



1 pav. Abiejų analizuojamų portfelijų ir Indekso 2010-2015 metų pelno rezultatų grafikas
Šaltinis (sudaryta autoriaus)



2 pav. Abiejų analizuojamų portfelijų ir Indekso 2010-2015 metų rizikos rezultatų grafikas
Šaltinis (sudaryta autoriaus)

Apibendrinus portfelijų pasiektus rezultatus (2 lentelė) ir palyginus su visos NT rinkos Indeksu, galime teigti, kad geriausiai pasirodė pasyvia strategija valdomas portfelis. Jo bendrasis pokytis yra didžiausias, MDD rodiklis yra mažiausias. Vertinant CAGR rodiklį galima teigti, kad portfelis kasmet lenkdavo bendrą NT rinką daugiau kaip 1%, tai parodo labai gerą rezultatą pasyvia strategija valdomam portfeliui. Prasčiau pasirodė aktyvia Momentum strategija valdomas portfelis, sugeneravęs prasčiausią bendrą pokytį. Reikia pabrėžti, kad pasiektame aktyvaus portfelio rezultate jau yra išskaičiuoti mokesčiai už atliktus sandorius, kas sudarė 770 USD analizuojamu laiko periodu. Tai aiškiai atsispindi 1 pav. grafike, kai antroje grafiko pusėje abiejų portfelijų kreivės juda beveik identiškai, tik didėja takoskyra tarp jų dėl didėjančios mokesčių už

sandorius sumos. Taip pat aktyvus portfelis pademonstravo prasčiausią analizuojamo periodo pelningų ir nuostolingų mėnesių rezultatą. MMD rodiklis apibrėžiantis riziką, taip pat parodė nekokį rezultatą, nors visos NT rinkos riziką sumažino daugiau kaip 7 %. Dar įdomesnis rezultatas vertinat riziką standartiniu nuokrypiu STDEV. Čia aktyvus portfelis pademonstravo geriausią rezultatą. Vertinant pelningumą, CAGR rodiklis rodo, kad aktyvus portfelis kasmet atsilikdavo nuo visos NT rinkos daugiau kaip 1,3 %. Apibendrinat portfelio valdomo aktyvia Momentum strategija rezultatus analizuojamu periodu galima teigti, kad rizika suvaldyta nepakankamai, pelningumo rezultatas nėra geras. Tačiau aktyvios Momentum strategijos „nurašyti“ nereikėtų. Ši strategija daugiau orientuota į skirtingas turto klases, tokias kaip obligacijos, akcijos, NT, žaliavos ir auksas, kurios tarpusavyje mažiau koreliuoja nei mūsų analizuojami REIT ETF vien tik iš NT turto klasės. Galbūt įtraukus papildomai dar vieną ar kelias turto klases, rezultatai pasikeistų. Taip pat galima pabandyti sutrumpinti inertiškumo periodus, t.y. imti ne 1, 3, 6, 9, 12 mėnesių inertiškumus, o tik 1, 3, 6 mėnesių inertiškumus, tada aktyvi strategija greičiau reaguotų į kainų pokyčius.

Apibendrinant viso tyrimo rezultatus, galima teigti, kad nusprendus globaliai investuoti tik į NT turto klasę, pasirinkta pasyvia strategija valdomas portfelis suformuotas su trečdaliu obligacijų finansiniu „saugikliu“ gali pasiekti tokį patį ar didesnį nei visos NT turto klasės rinkos pelningumą su dvigubai mažesne nei globalios NT rinkos rizika.

Išvados

1. Finansų inžinerijos sukurti netiesioginio investavimo instrumentai REIT ir REIT ETF, kurių pagalba netiesioginių investicijų į NT portfeliai gali būti plačiai diversifikuojami tiek geografiniu aspektu, tiek tarp NT sektorių, šiuo metu yra optimalus variantas smulkaus investuotojo portfelio formavimui.

2. REIT ETF sekantys rinkos palyginamuosius indeksus savo portfelio diversifikacijos platumu, likvidumu, mažais valdymo mokesčiais ir istoriniais pelningumais ilguoju periodu pranoksta paprastus REIT ir aktyviai valdomus fondus (IF).

3. Investiciniams portfeliams suformuoti tyrimo metu atrinkti didžiausią kapitalizaciją, mažiausius valdymo mokesčius turintys REIT ETF, taip pat atkreipiant dėmesį į jų valdomo NT portfelio geografinę alokaciją. Portfelių valdymui parinktos pasyvi „Pirk ir laikyk“ strategija ir aktyvi Momentum strategija, paremta istorinių kainų kitimo inertiškumu.

4. Suformavus du investicijų į REIT ETF portfelius, valdomus pasyvia ir aktyvia Momentum strategija, pagal 2010-2015 metų analizuojamo periodo REIT ETF istorinių kainų kitimo duomenis suskaičiuoti portfelių pelningumo ir rizikos rezultatai ir atlikta analizė.

5. Pasyvia strategija valdomas portfelis (CAGR=9,33%, MDD= -11,74%) analizuojamu laikotarpiu sugeneravo geriausią metinį pelningumą, 1 % viršijanti palyginamojo Indekso (CAGR=8,31%, MDD= -24,24%) metinį pelningumą, o portfelio rizikos rodiklis buvo du kartus mažesnis nei palyginamojo Indekso rizikos rodiklis. Momentum aktyvia strategija valdomas portfelis nepasiteisino (CAGR=6,99%, MDD= -17,00%), iš dalies dėl didelės mokesčių už sandorius sumos, iš dalies dėl per mažos portfelio diversifikacijos pagrindinių turto klasių atžvilgiu.

Literatūra

1. Block R. L. 2012. Investing in REIT's. Real investment trusts. Fourth edition. John Wiley & Sons. New Jersey.
2. Bogle, J. C. 2007. The Little Book of Common Sense Investing: The Only Way to Guarantee Your Fair Share of Stock Market Returns. John Wiley & Sons. New Jersey.
3. Clare, A., Seaton, J., Smith, P.N. and Thomas, S. Trend Following, Risk Parity and Momentum in Commodity Futures. International Review of Financial Analysis, 01, 2014, vol. 31. pp. 1-12 ISSN 10575219.
4. Curcio, R.J., Anderson, R.I., Guirguis, H. and Boney, V. Have Leveraged and Traditional ETFs Impacted the Volatility of Real Estate Stock Prices?. Applied Financial Economics, 05, 2012, vol. 22, no. 9. pp. 709-722 ISSN 09603107.
5. FTSE EPRA/NAREIT Global Index indekso istoriniai duomenys. Prieiga per internetą: <http://www.ftse.com/products/indices/epra-nareit>. [Žiūrėta: 2016.01.28].
6. Gudelis D., Apanavičienė R. 2015. Netiesioginių investicijų į nekilnojamąjį turtą galimybės Lietuvoje. Statyba ir architektūra, KTU.
7. Informacija apie ETF fondus. Prieiga per internetą: <http://etfdb.com/> [Žiūrėta: 2016.01.21].
8. Informacija apie ETF fondus. Prieiga per internetą: www.reit.com [Žiūrėta: 2016.01.21].
9. Informacija apie ETF fondus. Prieiga per internetą: www.etf.com [Žiūrėta: 2016.01.21].
10. Informacija apie istorinius ETF fondų kainų kitimo duomenis. Prieiga per internetą: <http://finance.yahoo.com/> [Žiūrėta: 2016.02.02].
11. Ivanov, S.I. Analysis of REITs and REIT ETFs Cointegration during the Flash Crash. Journal of Accounting & Finance (2158-3625), 09, 2013, vol. 13, no. 4. pp. 74-81 ISSN 21583625.

12. Jarašius G. 2013. Nekilnojamojo turto fondai kaip alternatyvių investicijų rūšis, jų ypatybės ir plėtra Lietuvoje. Turto vertinimo teorijos ir praktikos apybraižos, VU.
13. LHV bankas. 2015. Kaip pasiekti pasaulio NT rinkas? Prieiga per internetą: <http://www.investavimas.lt/kaip-pasiekti-pasaulio-nt-rinkas/>. [Žiūrėta: 2016.01.21].
14. Lietuvos bankas. 2015. Bankai sėkmingai įveikė 2014 m. iššūkius, augo bankų sistemos turtas ir indėliai, pelnas smuktelėjo. Prieiga per internetą: http://www.lb.lt/bankai_sekmingai_iveike_2014_m_issukius_augo_banku_sistemos_turtas_ir_indeliai_pelnas_smuktelėjo [Žiūrėta: 2016.02.16].
15. Lietuvos Respublikos informuotiesiems investuotojams skirtų kolektyvinio investavimo subjektų įstatymas, 2013 m. birželio 18 d. Nr. XII-376, Vilnius. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=451748&p_tr2=2 [Žiūrėta: 2016.03.25].
16. Macijauskas L. 2015. Finansų rinkų dalyvių iracionalumu paremta taktinė turto alokacija, Daktaro disertacija, VGTU.
17. Macijauskas L. Maditinos D. I. 2014. Looking for Synergy with Momentum in Main Asset Classes. European Research Studies, Volume XVII, Issue (3).
18. Seiler, M.J. and Seiler, V.L. ETF Short Shares: The Next Stage in the Evolution of REIT Ownership. Journal of Real Estate Portfolio Management, Jan, 2009, vol. 15, no. 1. pp. 21-31 ISSN 10835547.
19. Synergy Finance UAB, 2015. Profesionalaus Investuotojo Akademija mokymų medžiaga.
20. Vanguard [interaktyvus]. 2013. Advisor's alpha. Prieiga per internetą: <https://advisors.vanguard.com/iwe/pdf/ICRAA.pdf>. [Žiūrėta: 2016 01 20].

INDIRECT REAL ESTATE INVESTMENTS PORTFOLIO MANAGEMENT

Summary

Real Estate is recognized as an asset class such as shares or bonds, and investors generally see it as a stable consistent returns generating investment portfolio. Direct investments in real estate includes investment and tangible assets management, but there is a problem of high prices, liquidity and ability to manage the properties. Indirect investments in real estate is seen as a safe investment instrument among investors because of the transparency, high level of liquidity and broad diversification possibilities. The paper presents the overview of modern indirect investment instruments created by financial engineering and their use for formation of real estate investment portfolios. Also the investigation results of indirect investment in real estate portfolios, managed by active and passive strategies, are analysed.

Key words: real estate, investment portfolio, funds, REIT, ETF.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Gudelis.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto Statybos ir Architektūros fakulteto, Nekilnojamojo turto valdymo programos magistrantas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Nekilnojamojo turto valdymas, netiesioginės investicijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 657 43980, darius.gudelis@ktu.edu

Autoriaus vardas, pavardė: Rasa Apanavičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto Statybos ir Architektūros fakulteto, Statybos technologijų katedros docento.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Investicijos į NT.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 37 300479, rasa.apanaviciene@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Gudelis

Science degree and name:-

Workplace and position: Kaunas University Of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Department of Construction Technologies, master student of the second cycle study programme "Real Estate Management".

Author's research interests: Real estate management.

Telephone and e-mail address: +370 657 43980, darius.gudelis@ktu.edu

Author name, surname: Rasa Apanavičienė.

Science degree and name: Doctor, Associated Professor.

Workplace and position: Kaunas University Of Technology, Faculty of Civil Engineering and architecture, Department of Construction Technologies, Associated Professor.

Author's research interests: Real estate investment.

Telephone and e-mail address: +370 37 300479, rasa.apanaviciene@ktu.lt

THE REALIZATION OF MEANS FOR CONSTRUCTION MULTICRITERIA OPTIMIZATION

Jūratė Mockienė
Kaunas technical college

Abstract

Striving for rationality and long-term reliability is seen in different periods of building activities. Application of linear programming methods has enabled to formalize this striving and to elaborate the necessary mathematical models. But later theoretical and practical investigations have disclosed that not always, when optimizing in respect of one criterion, is possible to obtain solutions rational in all other aspects. The controversial aims of optimization and the functions of the aim testified that the search for expedient solutions in the area of construction design was approaching the J. von Neumann minimax algorithms. Here, the expedient solutions would be a compromise among the mechanical expedience of the structures designed by the method of limit states, their reliability, production economy and many other requirements, i.e. systemic effect. With the development of computers it is feasible and efficient to strive for systemic expedience.

Keywords: rational trusses, computer, programs, methods of Wald and Hurwitz, method of proximity to an ideal point

Experience in rational construction design

The goal of rational construction design is as old as construction itself. Throughout history only two things have changed: the elements which the concept of rationality consists of and the methods of design used to achieve rationality.

At the end of the 20th century the concept of rationality was practically replaced by the concept of optimization (Zavadskas et al, 2001, 2004; Badower et al, 2000; Stocki et al, 2001; Fojud, 2000 and other). Unfortunately, the possibilities of multicriteria optimization were quite limited then as well as in the following years. What is more, even at that time a number of necessary and sufficient prerequisites of for building constructions design according to limit states were inadequate to fully implement the possibilities provided by multicriteria optimization. Trusses, beams and other members were designed with a view to optimizing (minimizing) the use of materials, production costs or labour costs or any other goal function. However, the rationality of a building designed in that way became unilateral.

While trying to design optimal building constructions, rather conflicting optimization functions appeared, and consequently solutions of the same nature. The approach to the use of materials underlined one dominant goal, i.e. to select the construction elements designed to fulfill the I and II limit state requirements, with specific stresses acting in the element. The approach to work intensivity and a few other approaches emphasized the use of optimization solutions to typify (Janušaitis et al, 2003; Keras and Mockienė, 2004; 2009; Norkus and Karkauskas, 2004; Kudzys and Juocevicius, 2005 and other) and unify through use of 2 – 3 different cross-sections even for large span trusses. In such cases the possibilities of truss element materials are not used expediently. Likewise, constructions based on the optimized (minimized) material use approach are not optimal according to a certain continuance of viability cycle and durability criteria. They lack strength features necessary for adaptation, e.g., when the intensity and nature of temporary effects change depending on climate changes.

Such controversial goals of optimization and hence goal functions demonstrated that search for expedient solutions in the area of construction design was adaption the J. von Neumann minimax algorithms (Wiatr, 2000; Jakučionis and Ustinovičius, 2000; Mockienė and Viliūnienė, 2008 and other). As a matter of fact, any partial solution of construction optimization is not a solution per se. Given that real-life structures may to satisfy a numerous contradictory requirements simultaneously, more often than not the most rational design version of a structure will not be optimal according to any of the partial optimization parameters: structural, economic, maintenance, etc.

Goals, methods and relevancy of research development

The factors discussed above motivate the search for rational solutions as a compromise between the rationality, reliability, production economy and other requirements for constructions designed using the limit state method. These requirements are not new; however, the problems entailed by them used to be solved separately, with no system effect. Apart from other reasons, this was for a long time determined by the limited possibilities of calculation capacity. With the development of computers, these possibilities expanded widely, and systemic rationality became possible. Therefore, the methods of design solutions discussed in this paper allow to accommodate contradictory goals and requirements and can be considered relevant in light of both construction design theory and practice development.

The aim of this paper was to lay the foundations for the methodology of rational constructions design according to several contradictory criteria.

Computer programmes are used for simulation of constructions in the paper. The rationality of trusses is assessed taking into consideration several parameters determining the performance of a construction. The minimax concept (gambling theory algorithm) and modern rationality (minimax) solution methods are used.

A version of systemic approach towards rational construction design is proposed following the planned research. Main theoretical principles and methods of constructions' systemotechnic assesment are analysed. The algorithms and characteristics are offered of multicriteria solution selection and multicriteria design solution making principles (applied in construction work technology and management) as well as the applicability of these principles in the practice of constructions design.

General peculiarities of solution making variant multicriteria assessment for the specific case are defined. Multicriteria optimization solution methods adapted for application in constructions design are investigated and analysis of rationality of the solutions arrived at is offered.

To implement the solutions in practice, fundamentals of rational parameter selection and rational solution parameter set formation were analysed in the process of designing metal constructions. A set of construction parameters and their analysis have been proposed. A building production parameter set has also been discussed. The influence of production and technological factors upon the longevity and rationality assesment of industrial structures have been demonstrated. The selection of working parameters significant for rational construction has been discussed.

The expansion tendencies of modern computer-aided design systems displays in various levels of integration between the programs for graphical environment and for engineering calculations and analysis. The integration of computer programs allows to use a powerful graphical environment capabilities to build the design model, or to move it to the analytical program from architectural - construction drawings. The results, obtained during calculation and construction are automatically assigned to model constructional elements which can be further elaborated to working drawings, and knot construction level. Specification tables are generated automatically. Technological design line is being developed in such way. The completion of computer aided design technology depends on the systemic integration level.

There are three levels of program interrelation integration for computer-aided design and engineering calculations and analysis:

- A complete integration when the computational model is created by graphical environment program, and calculation and analysis of the obtained results are completed without leaving it;
- Integration through middleware programs, when the computational model is created by another program, which is integrated with the basic graphical environment and countable kernel;
- Integration through export or import, using popular graphic formats.

STAAD.Pro is currently one of the most popular and widely used engineering design calculation software. The program is equipped with universal calculation review results and analysis means of the whole system and its elements in the forms of text tables, graphics and text databases. Stress diagrams of all system and its elements, corresponding to load variation are provided there. System deformations, stress colons, and stress contours, etc. is depicted there also.

The aggregated algorithm of STAAD program trusses calculation is presented in Figure 1.

Figure 2 presents the algorithm of the program "JUMO". It helps to transfer the relevant data from the STAAD program to the MINIMAX program. This program finds in the most rational truss design version by methods of game theory and the proximity to the ideal point.

Building construction designing (building industry) experience shows, that indicators of finished projects are usually worse than those forecast. More often than not deviations towards better or worse can be observed in the process of creating and implementing project solutions. Therefore, while making decisions under uncertain conditions, it is expedient to use gambling theory methods and parameters. The efficiency of the project being implemented depends on the solution made and the strategy of the decision making specialist.

Figure 3 and Figure 4 show method algorithms for game theory and the proximity to the ideal points, which are the basis for creation of MINIMAX program.

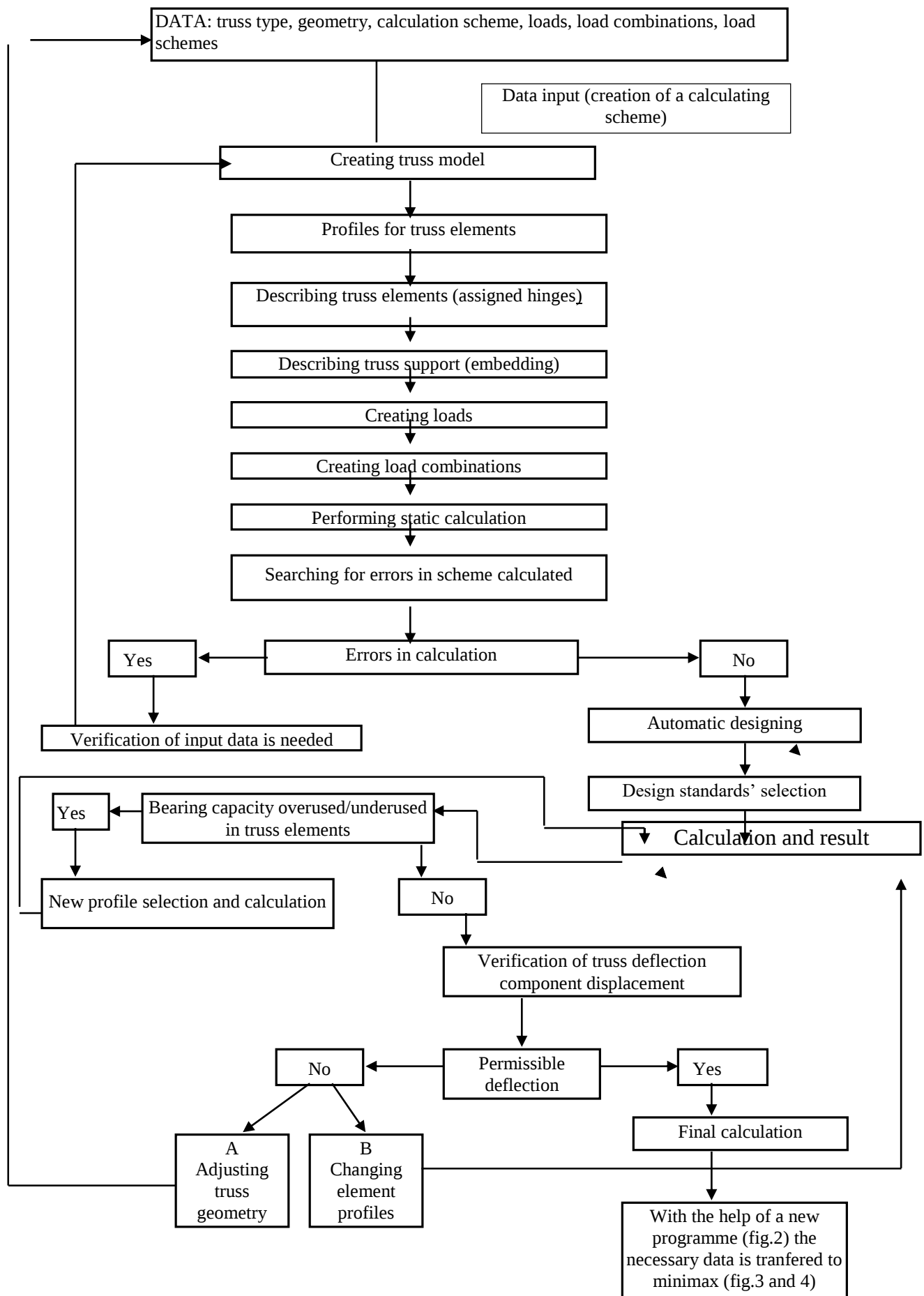


Figure 1. Magnified algorithm of STAAD programme

Source: compiled by the author

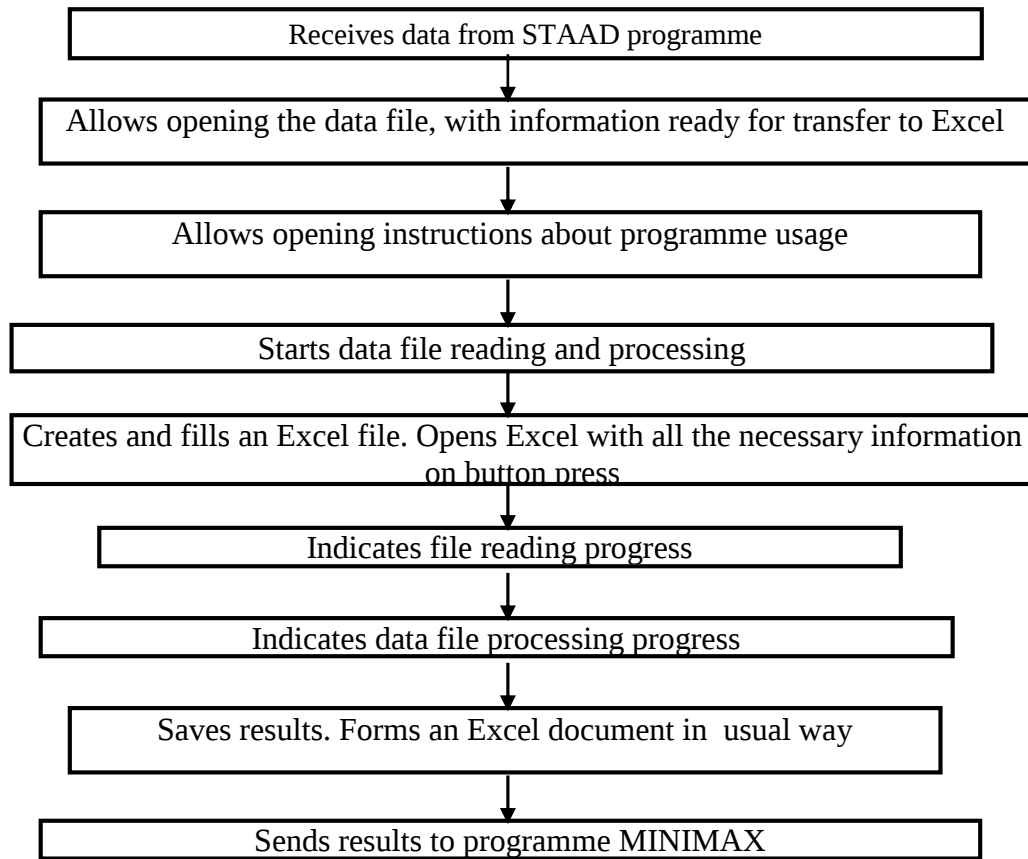


Figure 2. Algorithm of the program “JUMO” of STAAD program and Minimax program unification
Source: compiled by the author

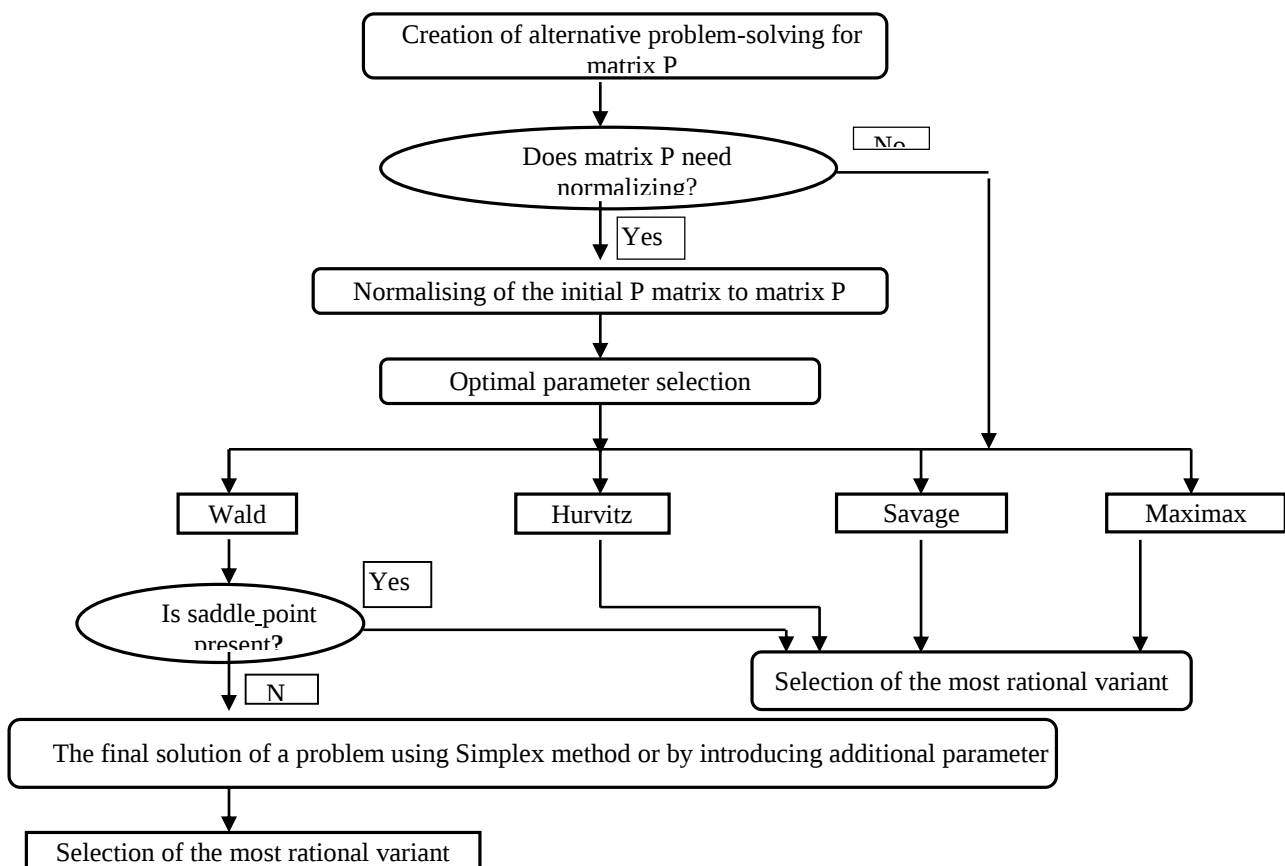


Figure 3. Algorithm of game theory application
Source: compiled by Zavadskas E.K. et al

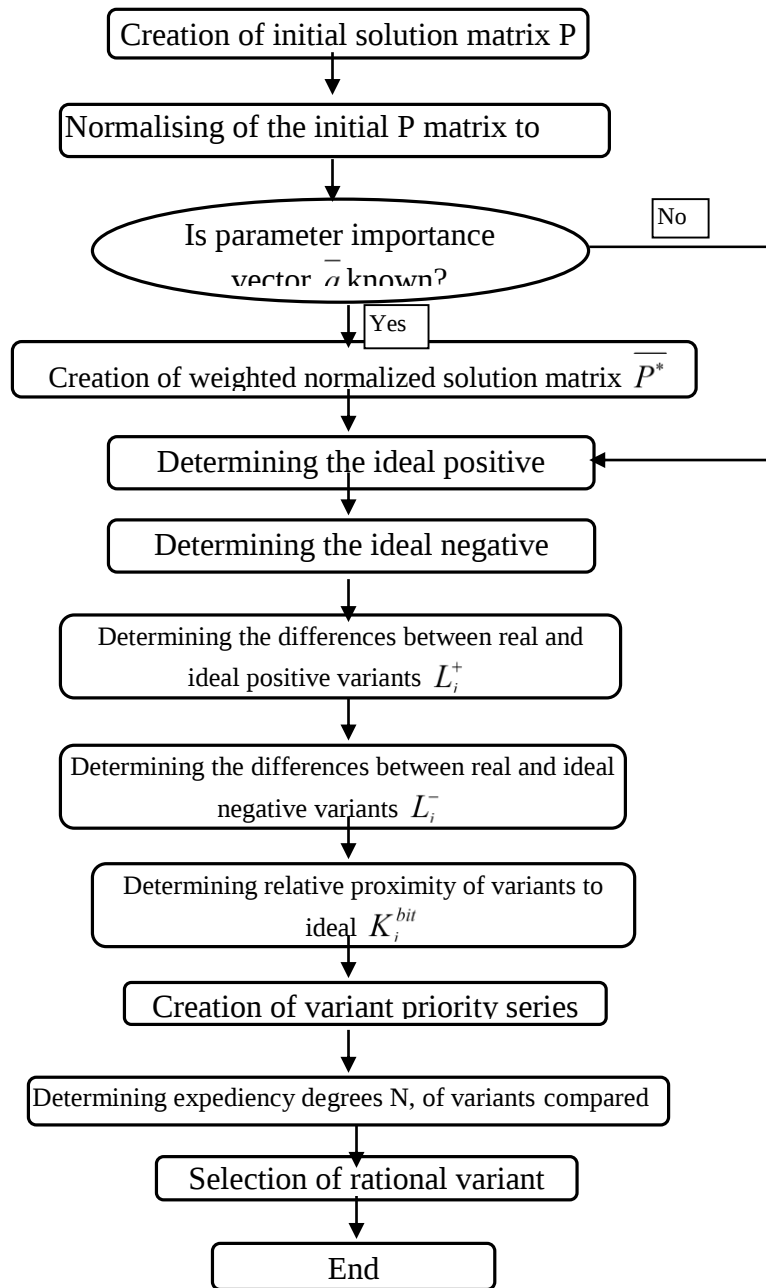


Figure 4. Algorithm of ideal point to proximity method
Source: compiled by Zavadskas E.K. et al

The variants analyzed and their criteria of rationality

From the multicriteria point of view, the variants of rational truss design are discussed for a popular at the present time 24 m long span. For the sake of comparison of results obtained, the span size is unified, other criteria are varying. Five variants of truss geometry of recently mostly applied trusses are discussed at the present time.

Taking into account (McCormac, 1999; Spiegel and Limbrunner, 1997; Spangenberg, 2002) the character of truss support by columns and the types of truss web members cross-section (angles and box shapes), eleven alternatives for illustrating the method of application have been analyzed (Fig 5).

A11 – truss with triangle, additional rods and a network rigidly tied to columns consisting of rectangular box shapes [1];

A12 – truss with triangle, additional rods and a network rigidly tied to columns of two unequal angles [2];

A13 – truss with triangle, additional rod and a network of pivoted knots, supported by columns of rectangular box shapes [3];

A14 – truss with triangle, additional rods and a network of pivoted knots, supported by columns of two unequal angles [4];
A21 – truss with triangle, additional rods and a network of pivoted knots, supported by columns of two equal angles [5];
A31 – truss with sloping brace network rigidly tied to columns consisting of rectangular box shapes [6];
A32 – truss with sloping brace network rigidly tied to columns consisting of two unequal angles [7];
A33 – truss with sloping brace network of pivoted knots supported by columns of rectangular box shapes [8];
A34 – truss with sloping brace network of pivoted knots supported by columns of two unequal angles [9];
A41 – truss with a lowered bottom chord of 24 m long; of rectangular box shapes [10];
A51 – truss with a lowered bottom chord of 22, 3 m length, of rectangular box shapes [11].

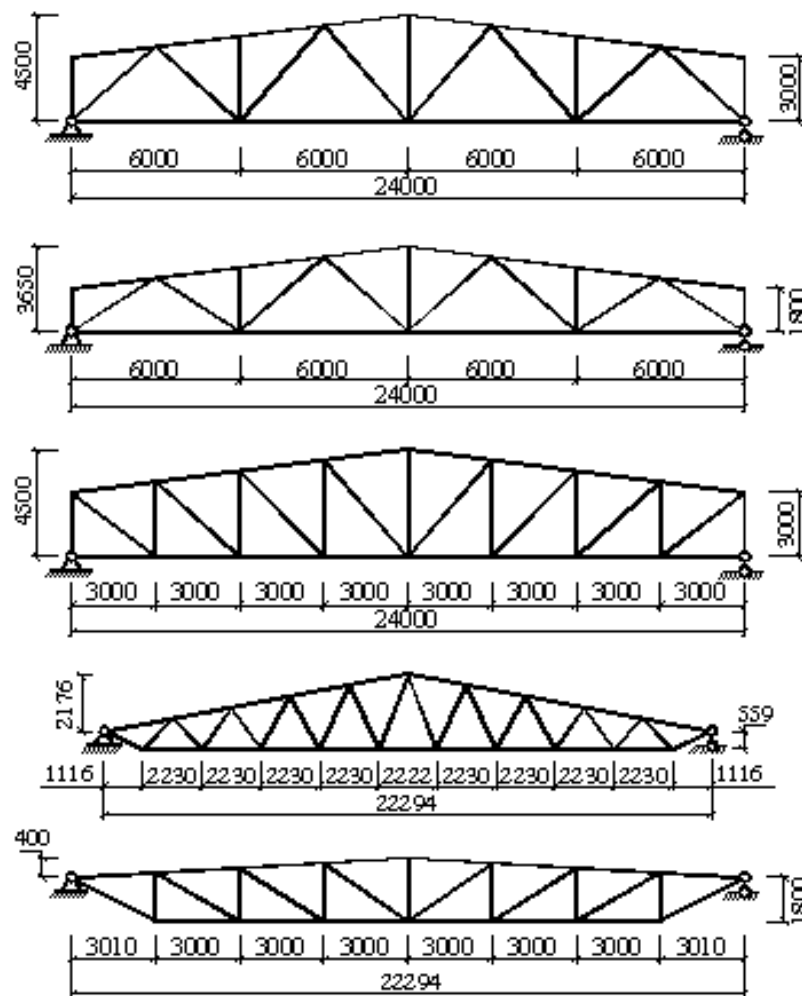


Figure 5. Schemes of the trusses (alternatives) discussed
Source: compiled by the author

These different types of trusses are best evaluated by the following technical and economic indices (TEI):

- K1 – material expenditures;
- K2 – rigidity resource;
- K3 – manufacturing expenditures;
- K4 – assembling work expenditures
- K5 – transport costs (Lt);
- K6 – painting costs (Lt).

The presented criteria are of different significance when evaluating the multicriteria rationality of a truss. (The ministry of the Environment of LR, 2001) (Therefore some decision-making methods include an valuation of criteria significance in advance by removing unimportant criteria and by decreasing or increasing the influence of criteria on the efficiency of some alternatives. Justification of criteria it is a quite complicated multilateral problem. More detailed evidence of a multiplicity of optimization criteria with attraction of a heuristic technique will be discussed in a special article to be published).

Conclusions

1. When optimizing the truss to be designed according to one of the selected criteria, for instance, according to a structural criterion, the truss can be rather irrational in respect of other criteria (say, criteria of production, maintenance, etc.). Therefore when seeking for rational solution it reasonable to apply methods of multicriteria optimization.

2. For designing rational trusses and other structures it is expedient to adapt the game theory methods. Striving for universality of methods and programs, it is sensible to introduce for this purpose the principles and methods of two agents' (man and nature) null sums game of finite strategy set (these principles and methods are applied in the technology and management of building operations).

3. When designing rational (from the multicriteria point of view) trusses, it is expedient to form a criterion set which includes the subsets of structural, manufacturing, service rationality criteria.

References

1. Badower, A.; Paczkowski, W.M.; Jendo, S. 2000. A polyoptimal catalogue of rolled profiles for a given class of spatial trusses. *CAMES* 7, p. 103 – 116.
2. Fojud, A. 2000. Multidimensional data analysis in construction industry // *Statyba – Civil Engineering*. Vilnius: Technika, Vol VI, Nr. 6, p. 431 – 435.
3. Jakučionis, S.; Ustinovičius, L. 2000. Multicriteria analysis of the variants of the old town building renovation in the marketing aspect // *Statyba – Civil Engineering*, Vol VI, No 6, Vilnius: Technika, p. 469-475.
4. Janušaitis, R.; Keras, V., Mockienė, J. 2003. Development of methods for designing rational trusses // *Journal of Civil Engineering and Management*. Vilnius: Technika, Vol IX, No 3, p. 192 - 197.
5. Keras, V.; Mockienė, J. 2004. Metalo santvarų proporcijos racionalaus projektavimo (minimalko metodų taikymo) požiūriu // *Pažangioji statyba: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, p. 66 – 70.
6. Keras, V.; Mockienė, J. 2009. Applied Mechanics into System of Harmonious Development of Mankind // *Mechanika – 2009: abstracts of the 14th international conference, held on April 2-3, 2009, Kaunas, Lithuania / Kaunas: Technologija*, p. 209-214.
7. Kudzys, A.; Juocevičius, J. 2005. Konstrukcijos darniosios statybos strategijoje [Structures on sustainable construction strategy]. *Progressive building: materials of conference reports*. Kaunas: Technologija, 2005, p. 16-24.
8. McCormac, J. F. *Structural Steel Design. LRFD Method Second Edition*. Prentice Hall, 1995, 717 p.
9. Mockienė, J., Viliūnienė, O. 2008. Multiple criteria estimate of designing rational structures. – *Advanced construction: Proceedings of International Conference, November 13-14, 2008, Kaunas: Technologija*, p. 188-193.
10. Norkus, A.; Karkauskas, R. 2004. Truss optimization under complex constraints and random loading // *Journal of Civil Engineering and Management*. Vilnius: Technika, Vol X, No 3, p. 217 – 226.
11. Spangenberg, J.H. 2002. Environmental space and the prism of sustainability: framework for indicators measuring sustainable development. *Ecological Indicators*. Vol. 2, p. 295-309.
12. Spiegel L., Limbrunner G. F. *Applied Structural Steel Design. Third Edition*. Prentice Hall, 1997, 529 p.
13. Stocki, R.; Kolanek, K.; Jendo, S.; Kleiber, M. 2001. Study on discrete optimization techniques in reliability-based optimization of truss structures. *Com. & structures*, Vol. 79, p. 2235 – 2247.
14. The ministry of the Environment of LR. *The expected market costs of resources in building*. Vilnius, 2001, 156 p.
15. Zavadskas, E.K.; Kazlauskas, A.; Banaitienė, N. 2001. *Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė*. Vilnius: Technika. 379 p.
16. Zavadskas, E.K.; Peldschus, F.; Ustinovičius, L. ir kt. 2004. *Lošimų teorija. Statybos technologijoje ir vadyboje*. Vilnius: Technika. 196 p.
17. Wiatr, T. 2000. Capital expenditure and receipts analysis in construction project management (description of the model) // *Statyba – Civil Engineering*. Vilnius: Technika, Vol VI, Nr. 6, p. 436 – 439.

KONSTRUKCIJŲ DAUGIAKRITERINIO OPTIMIZAVIMO ĮGYVENDINIMO PRIEMONĖS

Santrauka

Statinių racionalumo ir ilgalaikio patikimumo siekis yra pastebimas įvairiais statybinės veiklos laikotarpiais. Tiesinio programavimo metodų panaudojimas įgalino formalizuoti šį siekį, parengti tam reikalingus matematinius modelius. Tačiau vėlesni teoriniai ir praktiniai tyrimai atskleidė, kad optimizuojant vieno kurio kriterijaus atžvilgiu ne visada įmanoma gauti įvairiais atžvilgiais racionalius sprendimus. Prieštaringi optimizavimo tikslai ir tikslo funkcijos liudija, kad racionalių sprendimų paieškos statybinio projektavimo srityje būtų kompromisas tarp ribinių būvių metodu suprojektuotų konstrukcijų mechaninio racionalumo, jų patikimumo, gamybos ekonomikos ir daugelio kitų reikalavimų. Tobulėjant kompiuteriams siekti tokio racionalumo įmanoma ir efektyvu.

Reikšminiai žodžiai: racionalios santvaros, kompiuteris, programos, Waldo ir Gurvico metodai, artumo idealiam taškui metodas.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Mockienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vietą ir poziciją: Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Stiprumas, korozija, pleišėjimas, irimas, metalai, efektyvios konstrukcijos

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68227397, juratemo@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jūratė, Mockienė.

Science degree and name: Master degree.

Workplace and position: Kaunas technical college, Lecturer of Civil Engineering Field Study Programme Department.

Author's research interests: Strength, corrosion, cracking, breaking, metal, effective design.

Telephone and e-mail address: +370 68227397, juratemo@gmail.com

INDIRECT REAL ESTATE INVESTMENT OPPORTUNITIES IN LITHUANIA

Darius Gudelis

Kaunas University of Technology

Summary

This article deals with indirect real estate investment opportunities in Lithuania while making indirect investments in real estate market participants that are under the supervision of a Central bank of Republic of Lithuania. Also in real estate investment companies, listed on the Nasdaq Baltic Market exchange.

Keywords: indirect investments, real estate, investment funds, investment companies.

Introduction

Many investors would like to dedicate at least some part of their investment portfolio to real estate (RE). Key reasons are stable returns and diversification potential (low correlation with other asset classes). But only a few decide to purchase RE objects directly. (LHV bankas 2015) Direct RE investment involves ownership and management of the purchased property. It offers strong returns and low risk, but the downside is high cost and illiquidity. Meanwhile indirect investment is usually considered to be safe investment and is very popular among investors due to its great degree of liquidity, clarity and possibilities of diversification. (Joneikytė, Drejeris 2012). There are two special investment vehicles created in Lithuania: real estate investment funds (REF) and listed real estate companies (LREC). These two vehicles allow investors to indirectly invest in Lithuanian RE market no matter how different their financial strength is.

The aim of this article is to analyse the possibilities of indirect RE investment through Lithuanian REF and LREC. In order to attain this aim, the author keeps his focus on Baltic region and analyses REFs that are under the supervision of a Central bank of Republic of Lithuania, studies their conditions of indirect investment in RE objects and gives an overview on LRECs that are listed on Nasdaq Baltic market stock exchange.

In accordance with the primary investment objective - the highest return with the lowest possible risk, author also examines the financial statements of both REFs and LRECs in order to assess how successfully they justified profit expectations of their investors.

REFs and LRECs supervised by a Central bank of Republic of Lithuania

The Law on Collective Investment Undertaking (CIUL) in the Republic of Lithuania in March 1, 2008 opened possibilities for the establishment of such collective investment subjects (CIS) as private equity funds (PEF), real estate funds (REF) and hedge funds. (Jarašius 2013)

An analysis of the information published on the website of a Central bank of Republic of Lithuania (www.lb.lt) has shown that there were 16 licensed REFs and 2 LRECs in Lithuania until the date of September 24, 2015.

Real estate company is a separate legal entity which acts as an agent. It issues and sells its shares to investors and invests collected funds in securities or other investment vehicles.

Meanwhile an investment fund could be called a certain asset (asset group). It consists of financial instruments (in this case real estate), which is administered (buying or selling financial instruments, managing accounts of the fund, engaging in marketing and so on) by professional investment managers - management companies. (Striužas 2009).

After analysing public information of licensed REFs and LRECs (date of the analysis – September 24, 2015), 4 REFs (out of 16) and 2 LRECs were ruled out due to the fact that no prospectuses (prospectus – a document in which basic information about the proposed investment units of the fund or the investment company is published) were found. Also, recently closed REF “Lords LB Opportunity Fund I” was eliminated. Although it was the first REF in Lithuania which successfully completed a five-year period and earned 12.32% profit (IRR, from the beginning of the practice) for its investors. REF „Orion London property fund“ was ignored as well as it is out of the geographical scope of the survey, but it is interesting to mention that this fund plans to shift its investments to the RE objects near the newly designed subway lines, Crossrail in London, UK.

Table 1 presents the remaining 10 licensed REFs which will be analyzed further, considering important aspects for an investor.

The elements of the investment in licensed REFs in Lithuania

All REFs that are listed in the Table 1 are *Closed-end* type. Closed-end type means that the shares can only be redeemed after the operating period which is stated in the rules of REF or in the articles of

association of LREC. Also, at any other certain pre-set time foreseen in the same documents. (Striužas 2009). Table 1 show that the duration ranges from 5 to 10 years with an option to add 2 more years if investors of the fund decide to do so. Therefore an investor of the fund should be prepared for a long-term "freezing" of the financial resources.

Table 1

REFs supervised by a Central bank of Republic of Lithuania

	Name of the fund	Investment object	Operating period	Expected return, %	Expected dividend yield, %	Success fee, %	Management fee, %
1	Lords LB Baltic Fund I	Income-producing RE	5 years (+2)	18-20	6	35	1,5
2	Lords LB Baltic Fund II	Office building development	5 years (+2)	20-25	no	20	1,5
3	Lords LB Baltic Fund III	Commercial RE	7 years (+2)	20	5	20	1,5
4	Lords LB Opportunity Fund II	Residential, commercial RE	5 years (+2)	30	no	25	1
5	Prosperus Real Estate Fund I	Commercial RE	5 years (+2)	15-18	6	20	1,5
6	Orion Agroland Value Fund I	Plots of land	10 years (+2)	5-8	no	20	2,25
7	Orion High Yield Property Fund	RE investment fund	5 years (+2)	7	no	10	1
8	Lords LB Baltic Fund IV	Commercial RE	7 years (+2)	12-15	5	–	–
9	Lords LB Small Cap Fund	Commercial RE	7 years (+2)	12_15	5	–	–
10	Lords LB Special Fund I	Office building development	5 years (+2)	20-25	no	–	–

(Source: prepared by the author)

All REFs mentioned in Table 1 are dedicated to „well informed“ investors. „Well informed“ investors are the ones who had confirmed in writing that they adhere to the status of a "well informed" investor and who: 1) Either invests a minimum of 125,000 EUR in the specialised investment fund; 2) Or who has an appraisal from an investment firm or a management company certifying that they have the appropriate expertise, experience and knowledge to adequately understand the investment made in the fund. (Ukanytė 2013). According to the analysis of the REF prospectuses, in order to qualify for the second category, most of the funds also require for the subjects to have at least 30 000 - 50 000 EUR in investments.

After the review of RE investment objects and target returns (Table 1) we can presume that in The Baltic states the most profit is expected to be received from the investments in the development of office buildings. While REF “Orion Agroland Value Fund I” is a stand out for its investment object – plots of land that are suitable for agricultural activities. Also, this fund declares the smallest percentage of expected return and the most expensive management fee.

Half of the analyzed REFs plan to pay their investors an annual dividend of 5-6%. However, prospectuses indicate that dividends will be paid out to investors only if the fund will generate sufficient resources.

Management fee is charged regardless of whether REF was profitable or not. The fee is annual and ranges from 1% to 1,5%.

The most interesting among all taxes is the success (performance) fee. Usually REF’s prospectus sets out the minimum return barrier, say 7%. If, after summing up the results of the REF, return exceeds the minimum return barrier, then a percentage (which ranges from 10% to 35%) of this fund’s profit is calculated. On the one hand, this fee might be considered as an undesirable reduction of the return, while on the other hand, it is a kind of guarantee that REF managers will try to optimize fund performance.

Profit and risk analysis of licensed REFs in Lithuania

In order to measure the profitability of REF the author will use Compound Annual Growth Rate (CAGR). It indicates the actual average annual rate of growth, taking into account compound interest. The risk will be assessed by using the Maximum Drawdown (MDD) indicator. It measures the largest single drop from peak to bottom in the value of a portfolio (before a new peak is achieved). Because of the lack of the

financial data, only 4 REFs will be analyzed further and calculations will be performed using records from only 2013 and 2014.

Table 2

REF financial data				
	Name of the fund	CAGR, %	MDD, %	CAGR/ MDD
1	Lords LB Baltic Fund I	11,59	-19,89	0,58
2	Lords LB Baltic Fund II	6,05	-15,95	0,38
3	Lords LB Opportunity Fund II	8,03	-22,35	0,36
4	Orion Agroland Value Fund I	3,57	-9,54	0,37

(Source: prepared by the author)

Table 2 shows that the best result (the best risk and profit ratio) in 2 years was demonstrated by REF “Lords LB Baltic Fund I”. Meanwhile the worst performance was given by REF “Lords LB Opportunity Fund II”. Although the fund generates a fair return, compared to other REFs, it’s Maximum Drawdown (MDD) indicator is higher.

As a comparison, results of the biggest European LREC “Unibail-Rodamco” are the following: $CAGR=15,8\%$, $MDD=-11,14\%$, $CAGR/MDD=1,37$. As we can see, it is clear that so far none of REFs that are licensed in Lithuania could even align with the mentioned LREC, at least according to the two-year results.

Listed real estate companies (LREC)

After analyzing the list of companies traded on the Nasdaq Baltic stock exchange, the author found two companies that meet the criteria of the analysis performed - the AB “INVL Baltic Farmland” and AB “INVL Baltic Real Estate”. The shares of both LRECs have been traded on the Nasdaq Baltic stock exchange since June 3, 2014.

AB „INVL Baltic Farmland“ controls companies that are investing in agricultural land. While companies that are owned by AB „INVL Baltic Real Estate“, are investing in office building development, also storage and production RE objects in Lithuania and Latvia. Both LRECs belong to the same group of companies named “INVALDA”. Unlike in licensed REFs, in order to make an investment in the mentioned LRECs, investor is not required to own a „well informed“ investor’s status. Furthermore, the minimum investment amount is equal to 1 LREC’s share price in the stock exchange. If compared to REFs, the liquidity ratio is much higher (shares can be freely traded stock exchange), also what is different is that there is no management fee or performance (success) fee. Another advantage is the simplicity of the investment process – it is sufficient to open a securities account in any operating bank in Lithuania.

Due to the lack of data, the author did not calculate the risk ratio of LRECs and took the profitability records from the Nasdaq Baltic stock exchange database. AB “INVL Baltic Real Estate” from the start of their practice until the date of October 31, 2015 calculates a 2.78% profit increase, while AB “INVL Baltic Farmland” captures -6.67% loss. Compared with REF rates, these are rather modest results, but it must be considered that these are the first and so far the only LRECs in Baltic countries.

Conclusions

Conclusively, the leading participants of indirect investments in real estate in Lithuania are REFs. Most of the REFs that are licensed in Lithuania managed to gain the favor of investors. This fact reflects in the growth of the amount of RE managed by REFs. Furthermore, during the 2015 period alone, the Central Bank issued 4 licenses for new REFs. As indirect investment in RE sector has been functioning in Lithuania only since 2008, closed-end REFs are focused on large-scale “well informed” investors. Also, the rules of the prospectuses strictly limit the liquidity of the funds. This makes REF more stable which is so important for a new and rapidly emerging market of indirect investments. Financial results of the analyzed funds are good - none of the 4 got a negative result. Moreover, the chances to invest in RE are being increased by LRECs, which are especially attractive and needed for small investors.

References

1. Licencijuoti Lietuvoje investiciniai fondai. Retrieved from https://www.lb.lt/investiciniai_fondai (2015.09.24)
2. Joneikytė N., Drejeris R. “Nekilnojamojo turto plėtros vertinimo darnos požiūriu modelis” (2012).
3. Jarašius G. “Nekilnojamojo turto fondai kaip alternatyvių investicijų rūšis, jų ypatybės ir plėtra Lietuvoje” (2013). ISSN 2335–2310

4. LHV bankas. "Kaip pasiekti pasaulio NT rinkas? (2015). Retrieved from: <https://fp.lhv.lt/news/4883776?locale=lt> (2015.10.27)
5. Striužas V. "Investicinių fondų reglamentavimas Lietuvoje" (2009). Retrieved from http://www.abcpartners.lt/publikacijos/Vilius_Striužas-Investiciniu-fondu-veiklos-reglamentavimas-Lietuvoje.pdf (2015.10.30)
6. Ukanytė A. "Įsigaliojo lankstesnis specialiųjų kolektyvinio investavimo subjektų reguliavimas" (2013) Retrieved from <http://lt.triniti.ee/archives/3793> (2015.10.31)
7. Nasdaq Baltijos rinkos birža. Retrieved from <http://www.nasdaqomxbaltic.com/market/?pg=mainlist&lang=lt> (2015.10.30)
8. "INVALIDA" grupė. Retrieved from: <http://www.invl.com/lit/lt/alternatyvios-investicijos> (2015.10.31)
9. Lords LB investicinių fondų prospektai. Retrieved from <http://lordslb.lt/lt/fondai/> (2015.09.28)
10. Orion securities investicinių fondų prospektai. Retrieved from <http://am.orion.lt/#main-page> (2015.09.28)

NETIESIOGINIŲ INVESTICIJŲ Į NEKILNOJAMĄJĮ TURĄ GALIMYBĖS LIETUVOJE

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamos netiesioginių investicijų į nekilnojamąjį turtą galimybės, investuojant į esančius Lietuvos Respublikos centrinio banko priežiūroje finansų rinkos dalyvius ir investicines nekilnojamojo turto bendroves, kurių akcijomis prekiaujama Nasdaq Baltijos rinkos biržoje.

Reikšminiai žodžiai: netiesioginės investicijos, nekilnojamasis turtas, investiciniai fondai, investicinės bendrovės.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Gudelis.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto Statybos ir Architektūros fakulteto, Nekilnojamojo turto valdymo programos magistrantas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Nekilnojamojo turto valdymas, netiesioginės investicijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 657 43980, darius.gudelis@ktu.edu

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Gudelis

Science degree and name:-

Workplace and position: Kaunas University Of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Department of Construction Technologies, master student of the second cycle study programme "Real Estate Management".

Author's research interests: Real estate management.

Telephone and e-mail address: +370 657 43980, darius.gudelis@ktu.edu

TEMPERATŪROS KAITOS ĮTAKA PLYŠIŲ ATSIVĖRIMUI KRUONIO HAE SLĖGINIO VAMZDYNŲ GELŽBETONINIAME APVALKALE

Raimondas Šadzevičius, Vincas Gurskis, Rytis Skominas, Arūnas Lukoševičius
Aleksandro Stulginskio universitetas

Anotacija

Plyšiai klasifikuojami pagal jų geometrinius (ilgį, plotį, gylį) ir statistinius parametrus (vidutinis plyšių skaičius ir dispersija ploto vienetu), pagal pavojingumą konstrukcijai ir kt. Šiame darbe analizuoti dėl temperatūros kaitos atsivėrę plyšiai Kruonio hidroakumuliacinės elektrinės slėginio vamzdyno gelžbetoniniame apvalkale. Įvertinus vamzdynų techninę būklę, detaliau analizuoti plyšiai ir deformacijos dėl temperatūros perkričių. Pateikiamos būdingos iliustracijos, skaičiavimai bei rekomendaciniai pasiūlymai šių pažaidų remontui.

Reikšminiai žodžiai: temperatūros kaita, hidrotechnikos statiniai, gelžbetoniniai vamzdynai, plyšiai.

Įvadas

Hidrotechnikos statiniams paprastai naudojamas hidrotechninis betonas, kurio tankiui, nepralaidumo vandeniui, ilgaamžiškumui keliami padidinti reikalavimai, o jo naudojimo aplinkos sąlygų kategorijos pateikiamos projektavimo normose, standartuose (LST EN 206:2014; STR 2.05.05:2005; STR 2.05.18:2005 ir kt.). Reikalavimai betono mišiniui nurodyti pagal standartus (LST EN 206:2014; LST EN 12350–1:2009... LST EN 12350–7:2009; LST EN 12390–1:2012... LST EN 12390–8:2009; LST EN 12504–1:2009; LST EN 12504–2:2012 ir kt.). Betonas nors ir ilgaamžė medžiaga, gerai perimanti gniuždymo įtempius, tačiau betonas neatsparus tempimo įtempiams, todėl dažnai pleišėja.

Plyšiai klasifikuojami pagal jų geometrinius (ilgį, plotį, gylį) ir statistinius parametrus (vidutinis plyšių skaičius ir dispersija ploto vienetu), charakteringos supleišėjimo stadijos didėjant konstrukcijos išorinei apkrovai ir kt. (Chen et al., 2005; Gelžbetoninių ..., 1997; 1998; Jokūbaitis, 2007). Nors šios klasifikacijos teoriniu požiūriu turi teigiamų pusių, jos nepakankamai informatyvios sprendžiant praktines problemas. Svarbiausias kriterijus vertinant naudojamo elemento supleišėjimą yra supleišėjimo pavojingumas konstrukcijai. Šiuo požiūriu išskirtos plyšių grupės (Gelžbetoninių ..., 1997):

1. Nepavojingi plyšiai, kenkiantys tik konstrukcijos paviršiaus kokybei.
2. Pavojingi plyšiai, žymiai susilpninantys konstrukcijos skerspjūvį. Šiai grupei priskiriami besivystantys plyšiai.

3. Tarpinio pavojingumo plyšiai, kurie blogina elemento naudojimo savybes, sumažina konstrukcijos patikimumą ir ilgaamžiškumą, bet tiesioginio pavojaus nesukelia. Šiuo atveju, kad konstrukcija suirtų turi veikti papildomi nepalankūs veiksniai. Konstrukcijos, kuriose pastebėti 2 ar 3 grupės plyšiai, turi būti remontuojamos taip kaip nurodyta statybos taisyklėse (ST 120793378.05:2015; ST 120793378.01:2014; ST 120793378.02:2015).

2 ar 3 grupės plyšių pločio kitimas laike turėtų stebimas įrengiant laikinus žyminius ar stacionarius mechaninius tenzometrus.

Remiantis ankstesniais tyrimais (Gelžbetoninių..., 1997; 1998; Šadzevičius ir kt., 2009) hidrotechnikos statinių plyšių atsiradimo priežastys gali būti šios: projektavimo klaidos; nukrypimai nuo konstrukcijų gamybos ar statinių statybos projektavimo reikalavimų; konstrukcijų gamybos ar statybos darbų technologijos taisyklių pažeidimai; netinkamas statinių naudojimas; naudojimo sąlygų pokyčiai; stichinės nelaimės.

Žinant, kad plyšiai gali būti technologiniai ir atsivėrę konstrukcijų naudojimo metu, dėsningi, susidarę veikiant projekcinėms apkrovoms, ir netikėti – nuo įvairių atsitiktinių poveikių, jų pagrindinė klasifikacija pagal priežastis ir požymius pateikta literatūroje (Jokūbaitis, Šiaučiuvėnas, 2012) 3.1 lentelėje.

Technologiniai plyšiai susidarę betono kietėjimo metu dažniausiai priskiriami 1-osios ar 2-osios kategorijos (nepavojingoms) pažaidoms.

Pagal tinkamumo ribinius būvius projektuojami riboto pločio dėsningi normaliniai ir įstrižieji plyšiai, kurie susiformuoja nuo veikiančių įrašų nemažina konstrukcijų laikomosios galios ir praktiškai neturi įtakos jų ilgalaikiškumui, t. y. jie priskirtini 1-osios kategorijos (nepavojingiems) defektams. Plyšių atsiradimas betoninėse ir gelžbetoninėse konstrukcijose apskaičiuojamas iš sąlygos, pagal kurią įrašos, įtempiai ir deformacijos nuo įvairių poveikių ir jų derinių neturi viršyti atitinkamų ribinių dydžių, kurias gali atlaikyti konstrukcija plyšių atsiradimo momentu. Plyšių pločio apskaičiavimas atliekamas iš sąlygos, kad plyšių plotis konstrukcijoje dėl veikiančių poveikių ir jų derinių neviršytų ribinės reikšmės, nurodytos (STR 2.05.05:2005 24 lentelė), ir priklauso nuo konstrukcijai keliamų reikalavimų, jos naudojimo sąlygų ir aplinkos agresyvumo.

Šiame darbe pagrindinis dėmesys skiriamas plyšiams nurodytiems literatūroje (Jokūbaitis, Šiaučiuvėnas, 2012) 3.1 lentelėje 5 pozicijoje, t. y. susidariusiems naudojimo metu esant temperatūros pokyčiams. Šie normaliniai ir įstrižieji plyšiai susidarę dėl temperatūros poveikių esant suvaržytoms deformacijoms arba dėl netolygaus skerspjuvio įkaitimo

Tyrimo tikslas – įvertinti temperatūros kaitos įtaką plyšių atsivėrimui Kruonio HAE slėginių vamzdynų gelžbetoniniame apvalkale.

Tyrimo objektas – Kruonio HAE slėginiai vamzdynai.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti Kruonio HAE slėginių vamzdynų defektus, pažaidas ir techninę būklę.
2. Įvertinti vamzdynų temperatūrines deformacijas ir dėl jų susidariusius plyšius slėginių vamzdynų gelžbetoniniame apvalkale.
3. Pagal tyrimų rezultatus pasiūlyti rekonstrukcijos sprendinius vamzdynų remontui.

Kruonio HAE slėginių vamzdynų techniniai parametrai.

Žinant, kad pagal avarijų ir naudojimo sutrikimų galimus padarinius HTS pagal STR 2.02.06:2004 skirstomi į keturias pasekmių klases (CC1, CC2, CC3 ir CC4), 2014 m. tyrinėti Kruonio HAE hidrotechnikos statiniai, kurie pagal pasekmių klases priskirti CC2 – CC4 klasėms. Šiame darbe aptariami slėginiai vamzdynai jungia žemutinį baseiną per energetinių įrenginių traktą su aukštutiniu. Pastatyti keturi vamzdynai yra gelžbetoniniai. Kiekvienam agregatui skirtas atskiras vamzdis.

Vieno vamzdžio ilgis – 840 m; vidaus skersmuo – 7500 mm; sienelių storis – 400 mm; vidus padengtas 10 mm storio plieno lakštu.

Vamzdis suskirstytas į sekcijas po 40 m, tarp jų įrengti temperatūriniai - deformaciniai kompensatoriai.

Vamzdžių ašis - trasa kintamo nuolydžio, pritaikyta prie reljefo. Vamzdyno pamatai - polių tipo, per randsijas ir rostverkus remiasi į 25 – 16 m ilgio, 1 m skersmens gelžbetoninius polius. Kiekvieno keliamojo galia 32 kN (320 t).

Vamzdynų aikštė (polių laukas) padengtas 20 cm storio betonu. Kas 40 m įrengti vandens surinkimo lataakai ir lietaus nuotakyno šulinėliai.

Maksimalus vandens greitis vamzdyje kai veikia generatorius – 5,67 m/s. Maksimalus vandens greitis vamzdyne kai veikia siurblių režimu – 4,28 m/s.

Slėginio vamzdyno konstrukcijoms projektuotojo nustatyti ribiniai parametrai:

Vamzdyno sekcijų (po 40 m) ribinis sėdimas – 30 mm;

Temperatūrinių sėdimo plyšių ribinis plotis – 40 mm;

Temperatūrinių plyšių ribinis plotis – 25 mm;

Išilginės armatūros tempimo ribiniai įtempiai – 300 MPa.

Tyrimų metodika.

• *Atliekant natūrinius tyrimus* taikyti šie konstrukcijų diagnostikos metodai: *vizualusis* – preliminarini konstrukcijų apžiūra: nustatytos labiausiai pažeistos vietos, plyšių tipas, plotis. Pagal pastebėtas pažaidas atliktas vizualus techninės būklės vertinimas vietoje, fotofiksacija, filmavimas. Esamų statinių tyrimai atliekami pagal metodikas nurodytas statybos techniniuose reglamentuose STR 1.04.01:2002, STR 1.06.03:2002, STR 1.12.03:2006, tačiau šiame darbe atlikus fotonuotraukų, filmuotos medžiagos analizę, naudojant būklės vertinimo metodiką (Ramonas, 2007; Kruonio HAE..., 2007), pagal pastebėtus defektus ir pažaidas vamzdyno būklė įvertinta balais. *Instrumentiniai tyrimai* gelžbetoninių konstrukcijų plyšių pločiui ir betono stipriui nustatyti; esančių plyšių plotis nustatytas, naudojant plyšių pločio fiksavimo mastelinę liniuotę ir mikroskopą Elkometer 7220 (1 pav.).

- Naudoti *statistinius metodus* apdorojant tyrimų rezultatus.
- Gelžbetoninių konstrukcijų temperatūrinės deformacijos ir slėginių vamzdyno būdingos temperatūros apskaičiuotos pagal *statybinės šiluminės fizikos* formules (Barkauskas, Stankevičius, 2000).



1 pav. Plyšių pločio matavimo iliustracija naudojant plyšių pločio fiksavimo liniuotę ir mikroskopą
Šaltinis: sudaryta autorių

Kruonio HAE slėginių vamzdynų būklės tyrimo rezultatai.

Vizualinės apžiūros metu Kruonio HAE slėginiuose vamzdynuose nustatyti šie pagrindiniai defektai, pažeidimai: kai kuriuose kompensatoriuose liečiasi arba beveik liečiasi gretimų vamzdžių sekcijų betonas; vamzdynų paviršius supleišėjęs dėl temperatūrinių deformacijų poveikio; per plyšius patekęs kritulių vanduo išplauna iš betono $\text{Ca}(\text{OH})_2$, korozijos paveikti plieniniai elementai, įdėtinės detalės. Detalės būklės tyrimų rezultatai pateikti 2014 metų Kruonio HAE būklės tyrimų ataskaitoje ((Kruonio HAE..., 2014)). Pastebėtos pažeidimo blogina šios svarbios Kruonio HAE dalies tiek techninę, tiek estetinę būklę. Defektus ir pažeidimus būtina šalinti, nes to nedarant mažėja statinio saugumas, o pavėluotas remontas kainuoja žymiai brangiau.

Kruonio HAE slėginių vamzdynų gelžbetoninių konstrukcijų pažeidimai ir deformacijos dėl temperatūrinių perkričių.

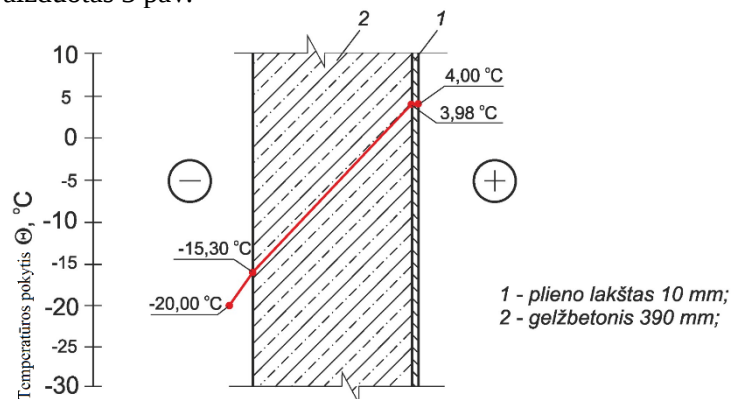
Vamzdynų pleišėjimas. Vamzdynų viršaus ir šonų paviršius apdulkėjęs, todėl yra žymiai tamsesnis, nei apačioje. Dėl susikaupusio dulkių sluoksnio ilgiau užsilaiko kritulių drėgmė, be to, tamsesni paviršiai labiau įkaista dėl saulės radiacijos. Taip susidaro skirtingos temperatūrinės deformacijos ir įtempiai vamzdyno viršuje ir apačioje, vamzdyno paviršiuje ir viduje. Dėl temperatūros perkričių supleišėjęs dalies vamzdžių paviršinis betono sluoksnis pavaizduotas 2 pav.



2 pav. Slėginio vamzdyno viršaus betoninio paviršinio sluoksnio pleišėjimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Šio defekto galimos priežastys – netinkama kietėjančio betono priežiūra (paviršinio betono sluoksnio perdžiūvimas ir dėl to padidėjusios susitraukimo deformacijos), vamzdžių sienų skirtingos temperatūrinės deformacijos išoriniame ir vidiniame paviršiuose, nes žiemos metu esant neigiamoms temperatūroms išorinis paviršius atšaldamas traukiasi sukeldamas paviršinio sluoksnio pleišėjimą. Teoriniais skaičiavimais nustatyta (3 pav.), kad esant 11 °C temperatūrų skirtumui susidaro betono ribinį tąsumą atitinkančios traukimosi deformacijos, o kai temperatūrų skirtumas didesnis, betono paviršiuje susidaro išilginiai plyšiai.

Temperatūrų perkritis slėginių vamzdžių sienelėje, kai vamzdžio vidaus temperatūra +4 °C, išorės temperatūra -20 °C pavaizduotas 3 pav.



3 pav. Slėginio vamzdžio viršaus betoninio paviršinio sluoksnio pleišėjimas

Šaltinis: sudaryta autorių

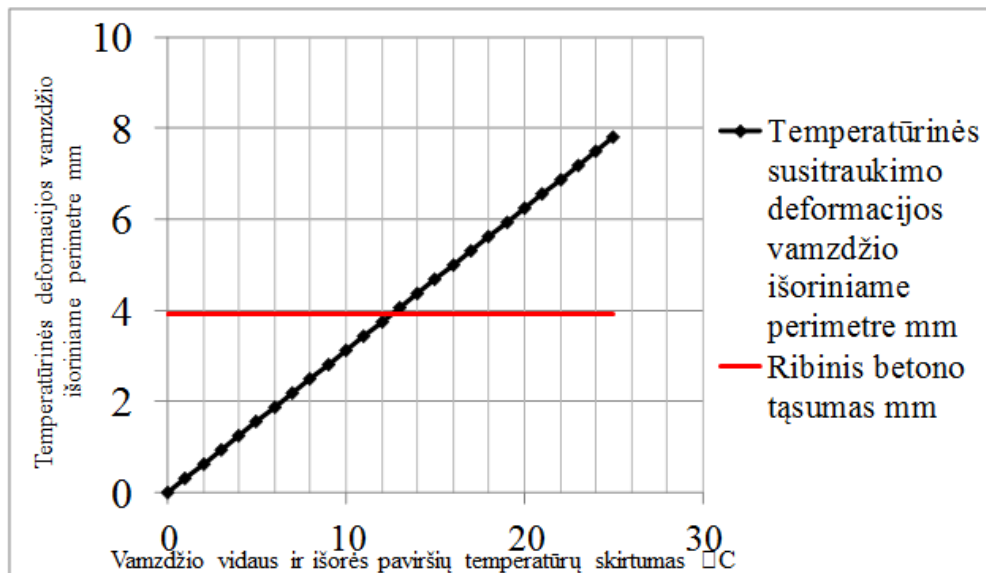
Vamzdžio žiedinės temperatūrinės deformacijos žiemos metu sukeliančios išilginius plyšius, kurie pavaizduoti 4 pav.



4 pav. 3 vamzdžio 17 sekcijoje vamzdžio apatinės dalies paviršius suaižėjęs, sunkiasi vanduo, išplaudamas kalcio hidroksidą

Šaltinis: sudaryta autorių

Vamzdžio pleišėjimo priežastys – dėl temperatūrinių deformacijų susidaro betono tempimo įtempiai, viršijantys ribinius (5 pav.); projekte nenumatytos, todėl neįrengtos išilginės temperatūrinės-deformacinės siūlės.



5 pav. Temperatūrinės deformacijos dėl temperatūrų skirtumo
Šaltinis: sudaryta autorių

Vamzdynų sekcijų temperatūrinės deformacijos. Vizualinių apžiūrų metu nustatyta, kad kai kurios vamzdyno sekcijas jungiančios siūlės užtaisytos netinkamos sudėties cementiniais skiediniais, kurie yra supleišėję ir neužtikrina siūlių sandarumo (6 pav.).



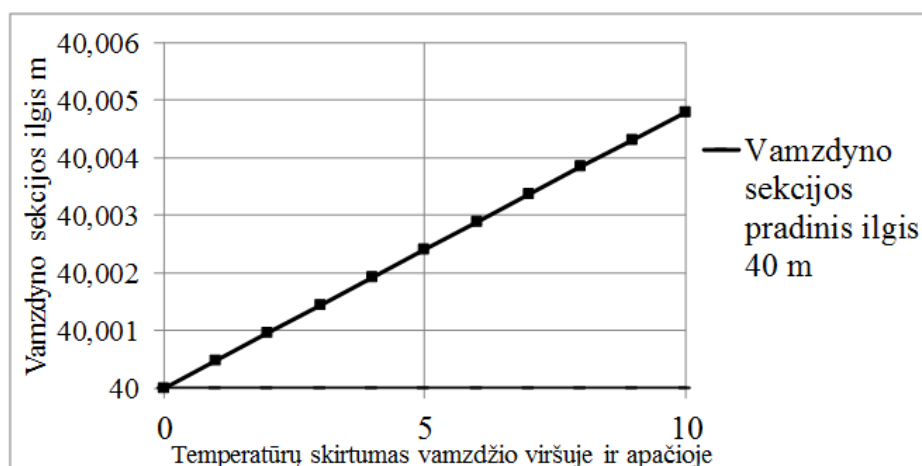
6 pav. Vamzdyno sekcijas jungiančios siūlės užtaisytos cementiniais skiediniais, kurie supleišėję
Šaltinis: sudaryta autorių

Kai kuriuose vamzdynų deformacijų kompensatoriuose atskirų elementų betonai liečiasi arba beveik liečiasi (7 pav.). Šio defekto priežastis – betonavimo metu netiksliai sumontuoti ar betonavimo metu deformuoti klojiniai. Defektą būtina šalinti padidinant siūlės plotį iki projektinio. Pastaraisiais metais buvo atliekami remonto darbai, padidinti tarpai išpjaunant besiliečiantį betoną. Vamzdynų kompensatoriuose esančios plieninės detalės pažeistos korozijos.



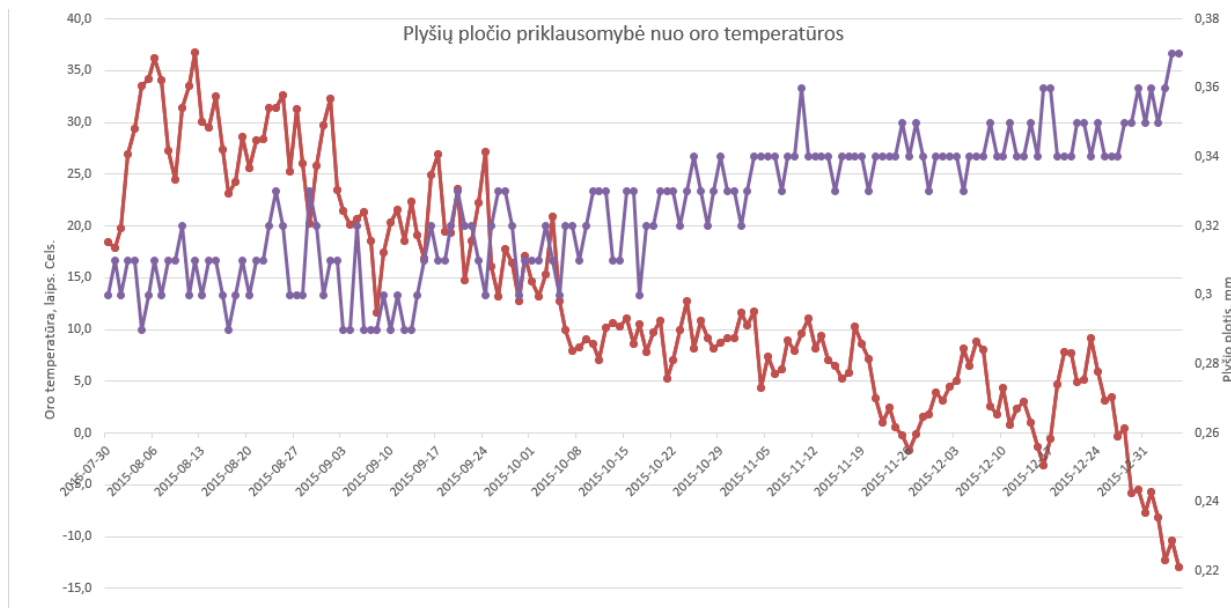
7 pav. Slėginių vamzdynų deformacijų kompensatoriuose atskirų elementų betonas liečiasi arba beveik liečiasi
Šaltinis: sudaryta autorių

Teoriniais skaičiavimais nustatyta, kad dėl saulės radiacijos susidarius 10°C temperatūrų skirtumui vamzdyno viršuje (tamsus, apdulkėjęs paviršius) ir apačioje 40 m vamzdyno sekcijos viršutinis sluoksnis pailgėtų 4,8 mm, o visas 840 m ilgio vamzdynas – 100,8 mm. Dėl nevienodų temperatūrinių deformacijų vamzdyno viršutinėje ir apatinėje dalyje galimi papildomi įtempiai temperatūrinių deformacijų kompensatoriuose. Temperatūrinės deformacijos išilgai vamzdyno sekcijos pavaizduotos 8 pav.



8 pav. Apskaičiuotosios temperatūrinės deformacijos išilgai vamzdyno sekcijos esant 10°C temperatūrų skirtumui
Šaltinis: sudaryta autorių

Kruonio HAE slėginiuose vamzdynuose esančių plyšių pločio stebėjimas vykdomas nuo 1997 metų. Detalesnių matavimų iliustracijai pateikiama 1 vamzdyno 33 lentynos plyšių pločio kitimo analizė matavimo periodu 2015-07-30d. iki 2016-01-05d.



9 pav. 1 vamzdyno 33 lentynos plyšių pločio kitimas matavimo periodu 2015-07-30d. iki 2016-01-05d.
Šaltinis: sudaryta autorių

Pagal 9 paveikslą pateiktus tyrimų rezultatus matyti, kad 1 vamzdyno 33 lentynos plyšių plotis didėja esant neigiamoms temperatūroms – matavimo laikotarpiu nuo 2015-12-24d. iki 2016-01-05d. esant neigiamai temperatūrai plyšių plotis padidėjo nuo 0,34mm iki 0,37mm.

Rekomendacijos rekonstrukcijos sprendinius vamzdynų remontui.

Siekiant, kad per susidariusius plyšius vamzdžių betono paviršiuje nepatektų vandens, reikėtų atlikti tokius darbus: nuplauti vamzdžių paviršių, pašalinti augaliją, užtaisyti vamzdžių siūlių ir kitas paviršių pažaidas, paviršių nugruntuoti ir padengti temperatūrinėms deformacijoms atsparia (elastinga), vandenį atstumiančia (hidrofobine), atsparia CO₂ ir ultravioletinių spindulių, praleidžiančia vandens garus (kad galėtų pasišalinti betone esanti drėgmė), šviesia danga.

Dalis 3-iojo vamzdyno 2014 m. gegužės-birželio mėn. remonuota pašalinant supleišėjusį betoną (iki armatūros), vietoje jo klojant naują betono mišinį, o jam sukietėjus paviršių nudažant baltos spalvos dažais (10 pav.). Taip pat buvo nudažytas ir kelių gretimų vamzdyno sekcijų betonai.



10 pav. 3-iojo vamzdyno dalies remontas ir paviršiaus dažymas
Šaltinis: Lietuvos energija (foto R.Vileikio)



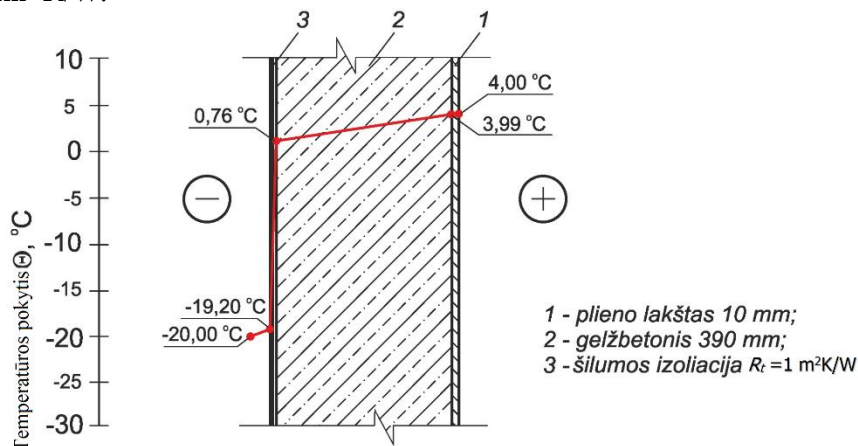
10 pav. tęsinys 3-iojo vamzdyno dalies remontas ir paviršiaus dažymas
Šaltinis: Lietuvos energija (foto R.Vileikio)

Manome, kad vamzdžių remontas šalinant supleišėjusį betoną nėra tikslingas, nes tai reikalauja didelių laiko ir finansinių sąnaudų, be to nesustabdo vandens patekimo į betoną, nes remontuotoje ir nudažytoje vamzdžio dalyje stebimas nežymus $\text{Ca}(\text{OH})_2$ išplovimas iš betono (11 pav.).



11 pav. Nežymus $\text{Ca}(\text{OH})_2$ išplovimas iš betono remontuotoje ir nudažytoje 3-ojo vamzdžio dalyje
Šaltinis: sudaryta autorių

Neigiamas temperatūrinių deformacijų poveikis gali būti sumažinamas įrengiant šilumos izoliaciją bei vamzdžių paviršiaus padengimas elastinga, sandaria, mažu saulės energijos absorbcijos koeficientu pasižyminčia danga. 12 paveiksle iliustruoti temperatūriniai perkričiai slėginių vamzdžių sienelėje, kai vamzdžio vidaus temperatūra $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, išorės temperatūra $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, o vamzdžio viršus padengtas termoizoliacija, kurios varža $R_t = 1\text{ m}^2\text{ K/W}$.



12 pav. Temperatūriniai perkričiai slėginių vamzdžių sienelėje įrengus šilumos izoliaciją
Šaltinis: sudaryta autorių

Pasiūlymai slėginių vamzdynų techninei būklei gerinti:

1. Iki projektinių dydžių atstatyti temperatūrinės-deformacinės siūlės kompensatoriuose.
2. Atnaujinti susidėvėjusią, plieninių įdėtinių detalių ir kitų plieninių elementų apsauginę dangą.
3. Šalinti vamzdynų betono paviršiaus pažeidimus (įdubas, ištrupėjusias vietas; siūlių nesandarumus); siūlių, kitų pažeistų vietų užtaisymui naudoti mažų deformacijų modulių pasižyminčias (elastingas), gerai su paviršiais sukimbančias betono remontines medžiagas, atitinkančias standartų LST EN 1504-2, LST EN 1504-3 reikalavimus.
4. Siekiant mažinti temperatūrinių deformacijų sukeltų paviršinių plyšių formavimąsi, vandens patekimą į esamus plyšius, betono karbonizacijos greitį, rekomenduojame periodiškai nuplauti apdulkėjusį, todėl žymiai patamsėjusį vamzdynų paviršių bei šį paviršių padengti elastinga, sandaria, vandenį atstumiančiu (hidrofobizuojančiu) poveikiu ir mažu saulės energijos absorbcijos koeficientu pasižyminčia bei atsparia CO₂ dangą ir įrengiant vamzdynų šilumos izoliaciją.

Išvados

1. Kruonio HAE slėginiuose vamzdynuose nustatyti šie pagrindiniai defektai, pažeidos: kai kuriuose kompensatoriuose liečiasi arba beveik liečiasi gretimų vamzdžių sekcijų betonas; vamzdynų paviršius supleišėjęs dėl temperatūrinių deformacijų poveikio; per plyšius patekęs kritulių vanduo išplauna iš betono Ca(OH)₂, korozijos paveikti plieniniai elementai,
2. Tyrimų metu nustatyta, kad dėl susikaupusio dulkių sluoksnio ilgiau užsilaiko kritulių drėgmė, be to, tamsesni paviršiai labiau įkaista dėl saulės radiacijos ir susidaro skirtingos temperatūrinės deformacijos ir įtempiai vamzdžio viršuje ir apačioje, vamzdžio paviršiuje ir viduje. ir dėl šios priežasties vamzdynai supleišėja.
3. Pagal tyrimų rezultatus nustatyta, kad 1 vamzdžio 33 lentynos plyšių plotis didėja esant neigiamoms temperatūroms – matavimo laikotarpiu nuo 2015-12-24d. iki 2016-01-05d. esant neigiamai temperatūrai plyšių plotis padidėjo nuo 0,34mm iki 0,37mm.

Literatūra

1. Chen, J., Masoud, S., Xuehui, A. (2005). *Experimental and numerical study of cracking behavior of openings in concrete dams*. Computers and Structures, 83, No. 8–9, p. 525–535.
2. *Gelžbetoninių hidrotechninių statinių techninės būklės įvertinimo metodikos sukūrimas, jų naudojimo darbų sudėties ir periodiškumo nustatymas pagal įrenginių būklės klasifikavimą*: mokslinio tiriamojo darbo, atlikto pagal autorinę sutartį nr.AT9.3, ataskaita. Vadovas L. Lindišas. Kaunas–Akademija, 1997. 83 p.
3. *Gelžbetoninių hidrotechninių statinių techninės būklės įvertinimo metodikos sudarymas, gelžbetoninių HTS būklės įvertinimas ir jų susisteminimas*: darbo, atlikto pagal autorinę sutartį AT 9.3, 1998 metų tarpinė ataskaita. Vadovas L.Lindišas. Kaunas–Akademija, 1998. 102 p.
4. Jokūbaitis V. (2007). *Statinių gelžbetoninių ir mūrinių konstrukcijų techninės būklės tyrimai ir vertinimas*. Vilnius, Technika.
5. Jokūbaitis, V.; Šiaučiuvenas, G. *Statinių konstrukcijų techninės būklės vertinimas*: mokomoji knyga. Vilnius, Technika. 2012. 201 p.
6. *Kruonio HAE hidrotechnikos statinių techninės būklės kompleksinis vertinimas* (2014), darbo vadovas – V. Damulevičius, vykdytojai: V. Gurskis, R. Skominas, R. Šadzevičius ir kt. Kruonis, Lietuvos energija.
7. *Kruonio HAE hidrotechnikos statinių techninės saugos vertinimo taisyklės*. Kruonio HAE, 2007, 24 p.
8. *Kruonio HAE statinių priežiūros taisyklės Nr. H-1a*. Kruonis, 2008. 41 p.
9. LST EN 12350–1:2009... LST EN 12350–7:2009; *Šviežio betono bandymas*. 1 dalis. Ėminio ėmimas. Šviežio betono bandymas. 2 dalis. Slankumo bandymas. Šviežio betono bandymas ir t.t.
10. LST EN 12390–1:2012... LST EN 12390–8:2009; *Sukietėjusio betono bandymai*. 1 dalis. Pavidalas, matmenys ir kiti bandinių bei liejimo formų reikalavimai; 2 dalis. *Bandinių stipriui nustatyti pagaminimas ir kietinimas* ir t.t.
11. LST EN 12390–3:2003. *Betono bandymas*. 3 dalis. *Bandinių gniuždomasis stipris*.
12. LST EN 12390–8:2009. *Betono bandymas*. 8 dalis. *Vandens įsiskverbimo gylis veikiant slėgiui*.
13. LST EN 12504–1:2009. *Betono užpildai*.
14. LST EN 12504–2:2003. *Lengvieji užpildai*. 1 dalis. *Betono, skiedinio ir injekcinio skiedinio lengvieji užpildai*.
15. LST EN 12504–2:2012. *Betono bandymas konstrukcijose*. 2 dalis. *Neardomieji bandymai. Atšokimo rodiklio nustatymas*.
16. LST EN 13791:2007. *Konstrukcijų ir gamyklinių betoninių komponentų gniuždomojo stiprio įvertinimas darbų vietoje*.
17. LST EN 1504-2:2004. *Betoninių konstrukcijų apsauginiai ir remontiniai produktai bei sistemos*. Apibrėžtys, reikalavimai, kokybės kontrolė ir atitikties įvertinimas. 2 dalis. *Betono paviršiaus apsaugos sistemos*.
18. LST EN 1504-3:2006 *Betoninių konstrukcijų apsaugos ir remonto produktai bei sistemos*. Apibrėžtys, reikalavimai, kokybės kontrolė ir atitikties įvertinimas. 3 dalis. *Konstruktinis ir nekonstruktinis taisymas*.

19. LST EN 206:2014. Betonas. Specifikacija, eksploatacinės savybės, gamyba ir atitiktis. *Betonas. Bandymo metodai. Betono mišinio stabilumo nustatymas.*
20. LST L 1428.17:2005. Betonas. Bandymo metodai. *Atsparumo šalčiui nustatymas.*
21. Barkauskas V., Stankevičius V. *Pastatų atitvarų šiluminė fizika* : vadovėlis aukštosios mokykloms. 2000. 286 p.
22. Ramonas Č. Kruonio HAE hidrotechnikos statinių techninės saugos vertinimo taisyklės. Autorinio darbo pagal sutartį Nr. 07-0221, sudarytą 2007 m. vasario mėn. 22 d. su Lietuvos hidroenergetikų asociacija, baigiamoji ataskaita. Kaunas, 2007.
23. ST 120793378.01:2014. *Bendrieji statybos darbai.* Vilnius. Lietuvos melioracijos įmonių asociacija.
24. ST 120793378.02:2015. *Tiltai, viadukai, estakados, seklieji tuneliai, atraminės sienos, lynų keliai.* Vilnius. Lietuvos melioracijos įmonių asociacija.
25. ST 120793378.05:2015. *Hidrotechninės statybos darbai.* Vilnius. Lietuvos melioracijos įmonių asociacija.
26. STR 1.04.01:2002. *Esamų statinių tyrimai.*
27. STR 1.06.03:2002. *Statinio projekto ekspertizė ir statinio ekspertizė.*
28. STR 1.12.03:2006. *Hidrotechnikos statinių techninės priežiūros taisyklės.*
29. STR 2.02.06:2004. *Hidrotechnikos statiniai. Pagrindinės nuostatos.*
30. STR 2.05.05:2005. *Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.*
31. STR 2.05.15:2004. *Hidrotechnikos statinių poveikiai ir apkrovos.*
32. STR 2.05.18:2005. *Betoninės ir gelžbetoninės užtvankos ir jų konstrukcijos.*
33. Šadzevičius, R.; Patašius, A.; Mikuckis, F. (2009). *Hidromazgų vandens ramimo baseino gelžbetoninių ramtų plyšių klasifikacija pagal pavojingumą konstrukcijai.* Vandens ūkio inžinerija. Nr. 35(55) p. 110-116.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE CHANGE FOR CRACK OPENING IN REINFORCED CONCRETE SHELL OF PRESSURE PIPING IN KRUONIS PUMP STORAGE POWER PLANT

Summary

Cracks are classified according to their geometry (length, width, depth) and statistical parameters (mean and variance of the number of cracks per unit area), according cracks riskiness for structures and so on. In this paper, cracks opening in reinforced concrete shell of pressure piping at Kruonis pumped storage power station due to temperature change are analyzed. Detailed analysis of cracks and deformations due to temperature changes were performed after the evaluation of technical state of the pipeline. Specific illustrations, calculations and guidance for repair of these deteriorations were offered.

Keywords: temperature change, hydraulic structures, reinforced concrete pipes, cracks

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universiteto, VUŽF, Hidrotechninės statybos inžinerijos instituto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: hidrotechnikos statinių defektai ir pažeidimai, būklės tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 863111669, raimondas.sadzevicius@asu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vincas Gurskis

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universiteto, VUŽF, Hidrotechninės statybos inžinerijos instituto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: hidrotechnikos statinių defektai ir pažeidimai, remontinės medžiagos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 868210129, vincas.gurskis@asu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rytis Skominas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universiteto, VUŽF, Hidrotechninės statybos inžinerijos instituto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gelžbetoninių konstrukcijų patikimumas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 37 752 302, rytis.skominas@asu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arūnas Lukoševičius

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universiteto, Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto magistrantas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: hidrotechnikos statinių defektai ir pažeidimai, remontinės medžiagos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 609 03361, lukoseviciusarunas@yahoo.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius

Science degree and name: Doctor, Associated Professor

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, Associated Professor of Institute of Hydraulic Engineering

Author's research interests: defects and deteriorations of hydraulic structures, technical state evaluation.

Telephone and e-mail address: +370 63111669, raimondas.sadzevicius@asu.lt

Author name, surname: Vincas Gurskis

Science degree and name: Doctor, Associated Professor

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, Associated Professor of Institute of Hydraulic Engineering.

Author's research interests: defects and deteriorations of hydraulic structures, repair materials

Telephone and e-mail address: +370 68210129, vincas.gurskis@asu.lt

Author name, surname: Rytis Skominas

Science degree and name: Doctor, Associated Professor

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, Associated Professor of Institute of Hydraulic Engineering

Author's research interests: durability of reinforced concrete structures

Telephone and e-mail address: +370 37 752 302, rytis.skominas@asu.lt

Author name, surname: Arūnas Lukoševičius

Science degree and name: -

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, Master student

Author's research interests: defects and deteriorations of hydraulic structures, repair materials

Telephone and e-mail address: +370 609 03361, lukoseviciusarunas@yahoo.com

ŠIAULIŲ Miesto AUTOBUSŲ MARŠRUTO TVARKARAŠČIO ĮVYKDYMO TYRIMAS

Darius Astrauskas
Šiaulių valstybinė kolegija

Anotacija

Tyrimo tikslas nustatyti Šiaulių miesto 8-ojo maršrutinio autobuso maršruto trukmes skirtingais dienos laikais. Gautus duomenis palyginti su numatytomis maršruto trukmėmis UAB „Busturas“ tvarkaraštyje. Diena buvo suskirstyta į tris intervalus ir kiekvienu iš jų buvo važiuota bent po 10 kartų. Intervalai buvo: iki 7 valandos ryto, rytinis pikas (7.00-8.30) ir vakarinis pikas (16.30-17.30). Gauti rezultatai buvo palyginti ir nustatyta kad dauguma atvejų autobusai pagal savo nustatytą grafiką vėluodavo. Didžiausi vėlavimai susidaro rytinio ir vakarinio piko metu. Didžiausią įtaką maršruto trukmei daro eismo intensyvumas, keleivių skaičius, sankryžų pravažiavimo laikas.

Reikšminiai žodžiai: viešasis transportas, Šiaulių miesto 8-as maršrutas, autobuso maršruto trukmė.

Išvadas

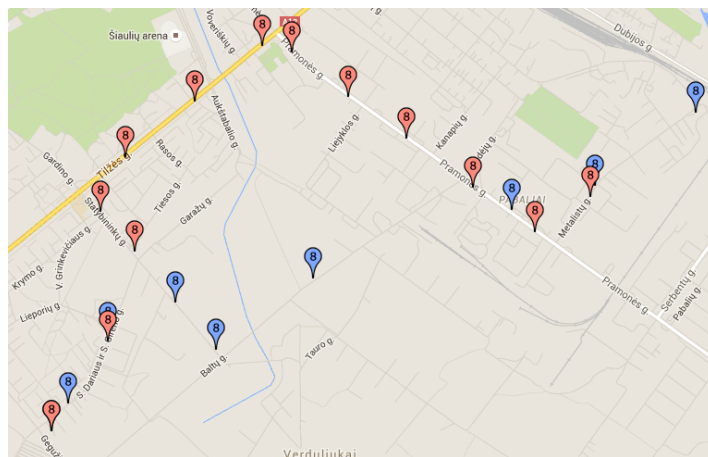
Keleivinio transporto atšaka – visuomeninis miesto transportas arba maršrutinis transportas. Tai reguliariais reisais, nustatytu maršrutu, važiuojanti transporto priemonė – autobusas, troleibusas, maršrutinis taksi. Viešasis transportas yra neatsiejama šiuolaikinio miesto ūkio dedamoji dalis. Pasak A. Jurkauskio (2005) sunku įsivaizduoti didmiesčio gyvenimą be transporto. Dabartiniai miestai planuojami taip, kad miegamieji rajonai būtų nutolę nuo pramoninių, tik transportas yra pajėgus pervežti dirbančiuosius į jų darbo vietas. Keleivių vežimo paslaugos priskiriamos prie viešųjų paslaugų grupės. Jos atlieka socialinę funkciją, todėl jų teikimas yra garantuotas įstatymu. Šios paslaugos turi būti prieinamos visoms visuomenės socialinėms grupėms pagal kainą, atitikti piliečių keliamus kokybinius reikalavimus. Savivaldybės turi užtikrinti šių paslaugų teikimą net ir komerciškai nenaudingomis sąlygomis. Atitinkamos keleivių grupės gali naudotis įstatymų ir savivaldybių tarybų nutarimais suteiktomis transporto lengvatomis, tačiau dėl šios priežasties vežėjų negautas pajamas privalo kompensuoti vietos savivaldybė. Butkevičiaus (2002) teigimu, viešojo keleivių pervežimo paslaugos yra orientuojamos į tam tikras socialines grupes, nes dažniausia šiomis paslaugomis naudojasi socialiai remtini ir mažas pajamas turintys piliečiai.

Maršruto trukmės tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti maršruto trasą.
2. Nustatyti vidutinę maršruto trukmę pasirinktais laiko intervalais.
3. Gautus rezultatus palyginti su numatytomis UAB „Busturas“ maršruto laiko reikšmėmis.
4. Išanalizuoti, kaip skiriasi UAB „Busturas“ miesto tvarkaraščiuose nustatyti laikai nuo laikų, kurie buvo gauti atliekant tyrimą.

Šiaulių miesto 8-ojo maršruto „Gegužių žiedas – Muitinė“ pristatymas

Maršruto trukmės tyrimui pasirinktas Šiaulių miesto 8-asis autobusų maršrutas. Šis maršrutas jungia miesto pietinę dalį (vadinama miegamuoju rajonu) ir pramonės rajoną. Šio maršruto trasa prasideda Gegužių žiede ir baigiasi „Muitinės“ stotelėje. Trasos ilgis į vieną pusę yra 6,3 km. Šiaulių miesto 8-asis autobusų maršrutas (žr. 1 pav.) iš Gegužių žiedo yra vykdomas tokiomis gatvėmis: S. Dariaus ir S. Girėno, Statybininkų, Tilžės, Pramonės, Metalistų.



1 pav. 8-ojo autobusų maršruto trasa
Šaltinis: UAB „Busturas“

Igyvendinant maršrutą šia kryptimi autobusas sustoja 14 stotelių. Šiame maršrute yra keturios didelės sankryžos iš kurių trys yra reguliuojamos šviesoforais. Autobusui reikia pasukti po du kartus į dešinę ir į kairę puses. Maršruto trasa vykstant atgal yra kiek kitokia, važiuojama per naują Šiaulių miesto Baltų gatvę. 8-asis autobusų maršrutas iš „Muitinės“ stotelės yra vykdomas tokiomis gatvėmis: Metalistų, Pramonės, Išradėjų, Baltų, Statybininkų, S. Dariaus ir S. Girėno. Skiriasi trasos ilgis (5,5 km.) ir stotelių skaičius, kurių yra devynios. Vykstant atgal šiame maršrute yra keturios didelės sankryžos iš kurių dvi yra reguliuojamos šviesoforais. Autobusui reikia pasukti po du kartus į dešinę ir į kairę.

8-asis autobusų maršrutas iš Gegužių žiedo į „Muitinės“ stotelę pradeda važiuoti 5 val. 3 min. Paskutinis autobusas išvažiuoja 16 val. 55 min. 8-ojo autobusų maršruto tvarkaraštis pavaizduotas 2 paveiksle.

Nr. 8 Gegužių žiedo st.

GEGUŽIŲ ŽIEDAS - DARIAUS IR GIRĖNO G. - PRAMONĖS G. - MUITINĖ

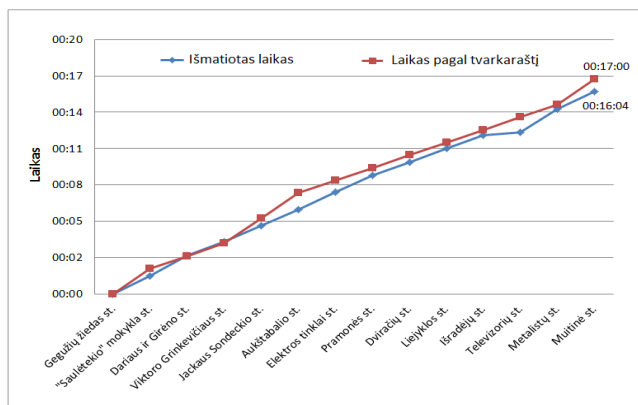
05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	val.
Darb.	d.																		
30	29	01									55								min.
59		33																	

2 pav. 8-ojo autobusų maršruto tvarkaraštis

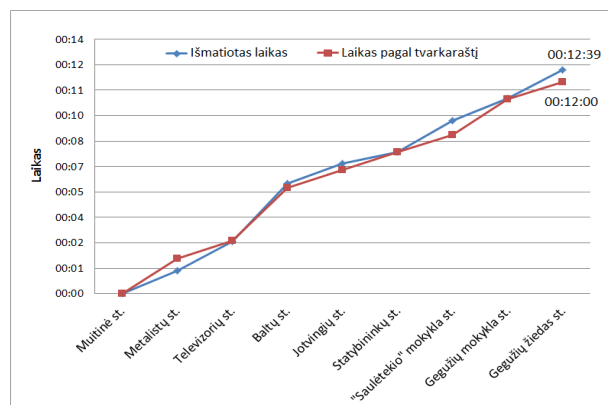
Šaltinis: UAB „Busturas“

Tiriamoji dalis

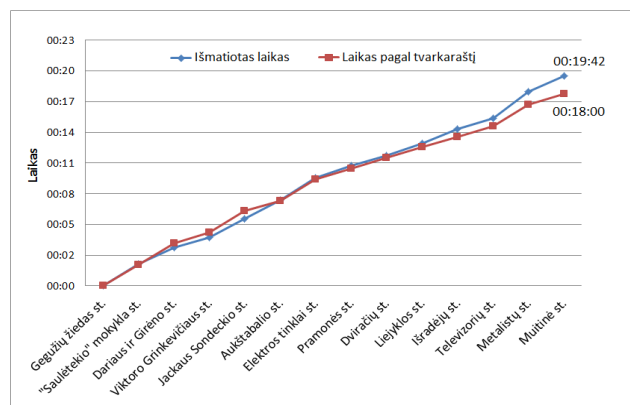
Autobusais buvo važinėjama trimis dienos intervalais po mažiausiai 10 kartų. Važiuojant autobusu buvo matuojamas laikas, kiek trunka nuvažiuoti nuo vienos stotelės iki kitos, o taip pat bendras maršruto įvykdymo laikas. Visų tyrimų rezultatų vidurkiai pateikti grafikuose (3-8 pav.) lyginant su UAB „Busturas“ numatytais maršruto trukmėmis.



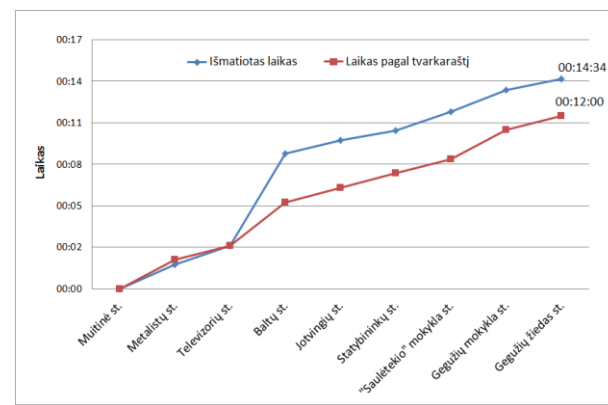
3 pav. 8-ojo maršruto Gegužių žiedas – Muitinė (nuo 6 val. iki 7 val.) trukmė



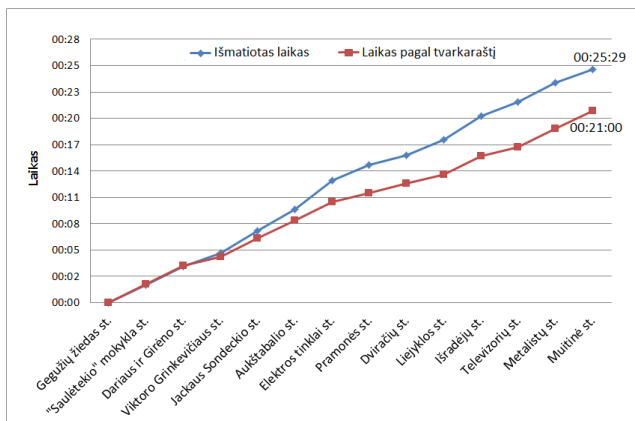
4 pav. 8-ojo maršruto Muitinė – Gegužių žiedas (nuo 6 val. iki 7 val.) trukmė



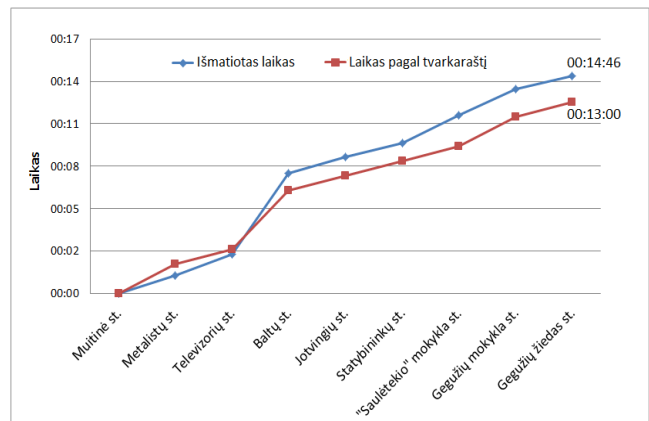
5 pav. 8-ojo maršruto Gegužių žiedas – Muitinė (nuo 7 val. iki 8:30 val.) trukmė



6 pav. 8-ojo maršruto Muitinė – Gegužių žiedas (nuo 7 val. iki 8:30 val.) trukmė

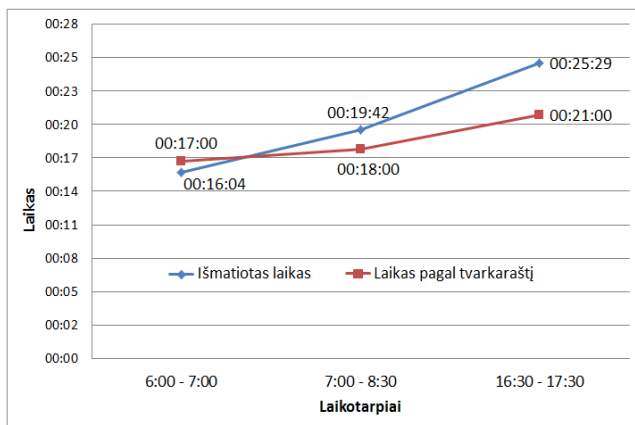


7 pav. 8-ojo maršruto Gegužių žiedas – Muitinė (nuo 16.30 val. iki 17.30 val.) trukmė

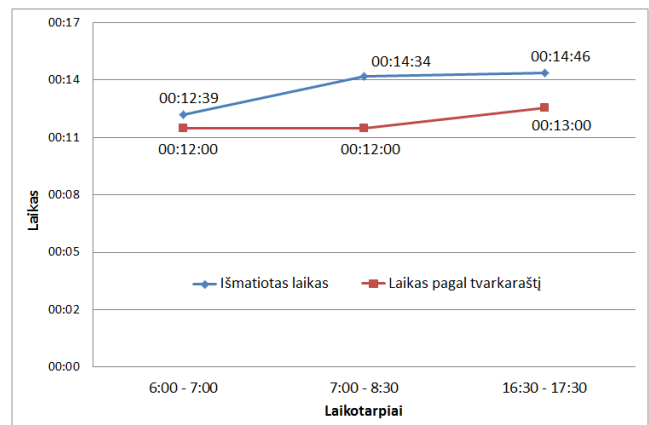


8 pav. 8-ojo maršruto Muitinė – Gegužių žiedas (nuo 16.30 val. iki 17.30 val.) trukmė

Bendras tyrineto maršruto trukmės palyginimas pateiktas 9 ir 10 paveiksluose. Išskyrus ankstyvą rytą (nuo 6 val. iki 7 val.) reali vidutinė maršruto trukmė gauta ilgesnė nei numatyta UAB „Busturas“ tvarkaraščiuose.



9 pav. 8-ojo maršruto Gegužių žiedas – Muitinė maršruto trukmės palyginimas



10 pav. 8-ojo maršruto Muitinė – Gegužių žiedas maršruto trukmės palyginimas

Išvados

1. Išanalizavus 8-ojo maršruto trukmę skirtingais laiko intervalais buvo nustatyta, kad didžioji dalis (72 %) maršrutų įvykdoma per ilgesnį laiką nei yra numatyta UAB „Busturo“ tvarkaraščiuose.
2. Didžiausias skirtumas važiuojant iš „Gegužių žiedo“ stotelės fiksuotas vakarinio piko metu. Maršruto trukmė pailgėjo 4 minutėmis 29 sekundėmis, o tai yra 21,4%. Daugiausiai užtrunkama pravažiuojant Pramonės-Metalistų gatvių sankryžą, kurioje reikia pasukti į kairę puse.
3. Didžiausias skirtumas važiuojant iš „Muitinės“ stotelės fiksuotas rytinio piko metu. Maršruto trukmė pailgėjo 2 minutėmis 34 sekundėmis, o tai yra 20,8%. Daugiausiai užtrunkama pravažiuojant Pramonės-Išradėjų gatvių sankryžą, kurioje reikia pasukti į kairę puse.
4. Vieninteliu atveju maršruto trukmė buvo trumpesnė, tai buvo intervale nuo 6 val. iki 7 val., kai gatvėse eismas nėra intensyvus, yra mažiau keleivių, tai autobusas atvažiavo 54 sekundėmis (6,25%) anksčiau nei buvo numatyta pagal grafiką.

Literatūra

1. Butkevičius J. Keleivių vežimai. Monografija. Vilnius: Technika, 2002, 416 p.
2. Jurkauskas A. Viešasis transportas. Monografija.– Kaunas: Technologija, 2005, 412p.
3. UAB „Busturas“. <http://busturas.lt/t/8-geguziu-ziedas-muitine-6>

ŠIAULIAI CITY BUS ROUTE SCHEDULE REALIZATION RESEARCH

Summary

The aim of research was to establish the 8th bus route duration on different times of the day. The obtained data compared with the durations of the intended track JSC “Busturas” schedule. The day was divided into three ranges, and each of them had traveled at least 10 times. The intervals were: up to 7 hours of the morning, the morning peak (7:00 to 8:30) and evening peak (16:30 to 17:30). The results were compared and found that in most cases, buses accordance with the schedule delayed. The biggest delays arise during morning and afternoon peak hours. The greatest impact on the length of the route makes the traffic volume, the number of passengers passing times at intersections.

Key words: public transport, the city of Šiauliai 8th route, bus route duration.

AUTORIAUS LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Astrauskas

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Šiaulių Valstybinė kolegija, Verslo ir technologijų fakulteto, Transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 698 35197, d.astrauskas@svako.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Astrauskas

Science degree and name: Master Degree

Workplace and position: Šiauliai State College, Faculty of Business and Technologies, Lecturer of Transport Engineering Department.

Author's research interests: Transport Engineering, Logistics

Telephone and e-mail address: +370 698 35197, d.astrauskas@svako.lt

KLAIPĖDOS Miesto visuomeninio transporto kokybinių rodiklių tyrimas

Dovilė Uogintienė, Vida Jokubynienė
Klaipėdos valstybinė kolegija

Anotacija

Keleivių vežimas yra labai svarbi kiekvienos šalies ūkio šaka, užtikrinanti tiek šalies, tiek jos regionų, miestų ar gyvenviečių funkcionavimą. Viešasis transportas turi ypatingą socialinę reikšmę, nes, taip šalies gyventojams sudaroma galimybė nuvykti į darbą, į mokymo ir gydymo įstaigas, taip pat atlikti kultūrinės-buitinės keliones. Klaipėdos miesto visuomeninis transportas yra vienas iš svarbiausių transporto priemonių keleiviams vežti. Siekiant užtikrinti visuomenės aptarnavimą viešuoju transportu, būtina įvertinti visuomeninio transporto darbo rodiklius. Miesto visuomeninio transporto darbą galima vertinti įvairiais rodikliais, kurie suskirstyti į kiekybinius ir kokybinius. Kiekybiniai rodikliai įvertinantys visuomeninio transporto darbą, yra pervežtų keleivių skaičius, talpos sunaudojimas, ridos panaudojimas, keleivių kaita, keleivio vidutinis kelionės ilgis bei eksploatacinis greitis. Kokybiniai rodikliai įvertinantys visuomeninio transporto darbą yra važiavimo sąlygos, apibūdinamos transporto priemonės užpildymo rodikliais, transporto priemonių kursavimo reguliavimas, keleivių sugaištas laikas važiavimui, važiavimo saugumas.

Reikšminiai žodžiai: visuomeninis transportas, Klaipėdos miestas, kokybiniai rodikliai.

Įvadas

Visuomeninis transportas yra svarbi transporto priemonė tiek miesto, tiek priemiesčio gyventojams. Jis ne tik mažina gatvių ir rajoninių susisiekimo kelių apkrovimą, tuo mažindamas ekologinę žalą miestams ir priemiesčiams, bet ir yra didelės dalies miesto gyventojų susisiekimo priemonė, kadangi dėl nedidelių pajamų ne visi gali rinktis keliones privačiu automobiliu.

Todėl visuomeninis transportas norėdamas išlaikyti jau esamus klientus dar stengiasi savo pusėn pritraukti kuo didesnę naujų klientų ratą, tenkindamas jos poreikius ir prisitaikydamas prie šių dienų tendencijų. To sekoje viešasis transportas bando užtikrinti būtinas sąlygas keleivių pervežimui, bei diegia naujoves. Šiame straipsnyje nagrinėjama, kaip keleiviai vertina visuomeninio transporto būklę pagal kokybinius rodiklius ir kokius elementarius klientų poreikius turėtų įgyvendinti viešasis transportas, norėdamas pritraukti didesnę skaičių gyventojų, kurie mielai naudotųsi viešuoju transportu, kaip alternatyva savo nuosavam autotransportui.

Svarbūs transporto priemonių darbo kokybės rodikliai yra jų eismo intervalas ir kursavimo dažnumas. Parenkant eismo intervalą, būtina spręsti prieštarinę uždavinį – laukimo laikas turi būti kuo mažesnis ir antra vertus, transporto priemonių talpa turi būti kuo geriau panaudojama.

Klaipėdos miesto visuomeninis transportas yra vienas iš svarbiausių transporto priemonių keleiviams vežti Klaipėdos mieste. Pagrindinis įstaigos tikslas yra viešai teikti visuomenės nariams kokybiškas keleivių vežimo ir aptarnavimo paslaugas socialinėje ir transporto srityse. Todėl Klaipėdos miesto visuomeninis transportas kartu su partneriu – Klaipėdos valstybine kolegija reguliariai kasmet atlieka viešojo transporto keleivių anketavimą, kuris leidžia išryškinti esamas problemas ir į jas adekvačiai reaguoti.

Tyrimo objektas – Klaipėdos miesto visuomeninis transportas.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti Klaipėdos miesto viešojo transporto teikiamų paslaugų kokybę.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti Klaipėdos miesto visuomeninio transporto kokybinių rodiklių tyrimą;
2. Įvertinti Klaipėdos miesto visuomeninio transporto paslaugos kokybės ir kainos santykį.

Tyrimo metodai: Visuomeninio transporto keleivių anketinė apklausa tiesioginio interviu metu.

Visuomeninio transporto kokybiniai rodikliai

Važiavimo sąlygas apibūdina keleivių skaičius, tenkantis 1 m² laisvo (neskaitant sėdimų vietų) transporto priemonės grindų ploto (Butkevičius, 2002). Skiriamos trys miestų transporto talpos būklės (Baublys, 1998): patogi, komfortinė – 3 kel./m² (visi keleiviai sėdi ar dar 10% stovi); skaičiuojamoji (pagal ją nustatoma minimalioji autobusų talpa) – 4 kel./m² (keleiviai stovi, kai dar yra laisvo grindų ploto); ribinė – 8 kel./m² (keleiviai stovi susispaudę).

Labai svarbus keleivių vežimo kokybės rodiklis kurį pristato (Butkevičius, 2002) yra kelionės trukmė. Miestuose, kuriuose yra daugiau kaip 250 tūkstančių gyventojų, 80-90% keleivių kelionės trukmė neturėtų viršyti 40 min, mažesniuose miestuose – 30 min. Šis laikas susideda iš ėjimo iki transporto stotelės laiko (5 min.), laukimo joje laiko (2 min.), važiavimo laiko (20 min.) ir ėjimo iki objekto laiko (3 min.).

Svarbūs transporto priemonių darbo kokybės rodikliai (Juškevičius, 2006) yra jų eismo intervalas ir kursavimo dažnumas. Eismo intervalas – tai laikas tarp dviejų tą pačią stotelę pravažiavusių to paties

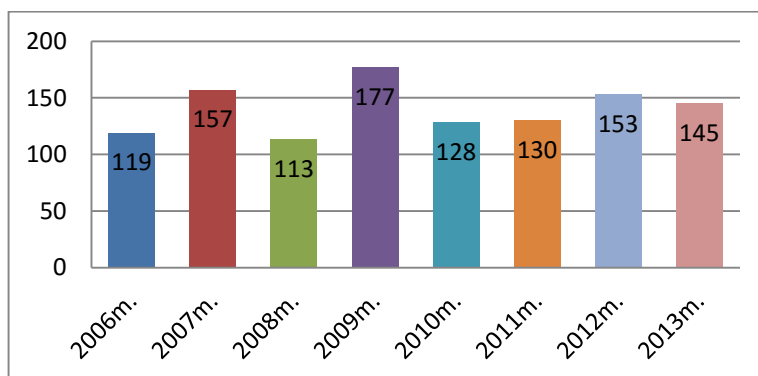
maršruto transporto priemonių. Parenkant eismo intervalą, būtina spręsti prieštarinę uždavinį – laukimo laikas turi būti kuo mažesnis ir antra vertus, transporto priemonių talpa 87 turi būti kuo geriau panaudojama. Kursavimo dažnumas – tai transporto priemonių, pravažiuojančių stotelę per 1h, skaičius, (Burinskienė, 2000).

Keleivių aptarnavimo visuomeniniu transportu kokybei turi įtakos ir persėdimų koeficientas (Paliulis, 2006), jis priklauso nuo miestų dydžio. (Burinskienė, 2009) išskiria penkis konkurencingumo kriterijus: vežimo kokybė, greitis, patikimumas, lankstumas ir kaina. Keleivių vežimo kokybę taip pat apibūdina ir vežimų saugumas

Tyrimo metu apklausti Klaipėdos miesto gyventojai, siekiant ištirti teikiamų Klaipėdos miesto viešojo transporto paslaugų kokybę.

Respondentų charakteristikos

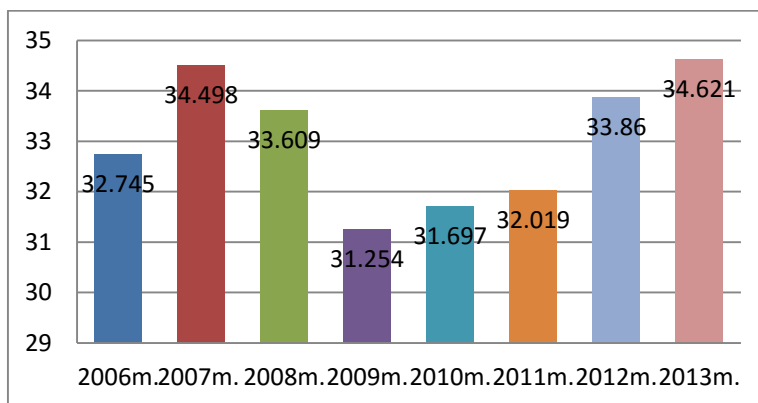
Klaipėdos miesto autobusų keleivių apklausose, apie visuomeninio transporto būklę, buvo apklausta 1122 respondentų 2006-2013 m., vyresnių nei 18 metų (1 pav.).



1 pav. Respondentų skaičius 2006-2013 m.

Šaltinis: sudaryta autorių

2013 metai buvo viešojo transporto augimo metai: startavo greitųjų autobusų sistema, toliau augo viešojo transporto reguliarumas, transporto priemonių būklė ženkliai gerėjo, didėjo viešojo transporto ekologiškumas. Visa tai bei 7-33 proc. sumažėjusios terminuotų viešojo transporto bilietų kainos sąlygojo kelionių skaičiaus, ypač neturinčiųjų transporto lengvatų, augimą. 2013 metais, nežiūrint į tai, kad Klaipėdos miesto gyventojų skaičius sumažėjo nuo 178 380 2007 metais iki 157 350, buvo pasiektas viešojo transporto kelionių rekordas – 34 621 507 ir 2007 metų kelionių rekordas 34 498 155 buvo viršytas 123 352 kelionėmis (2 pav.).



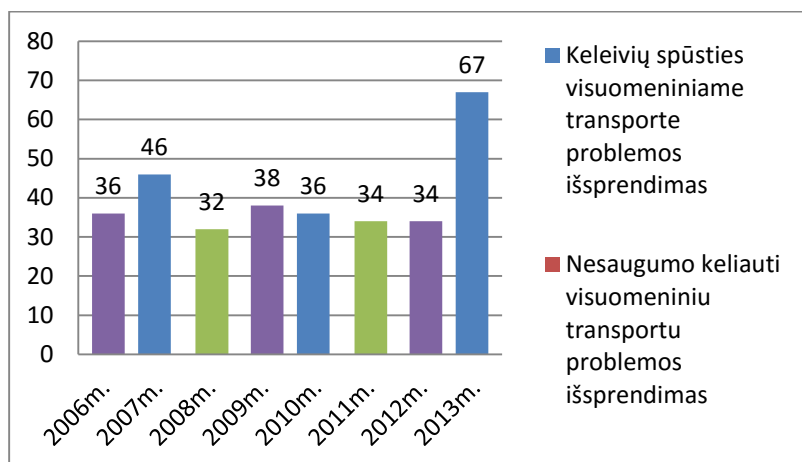
2 pav. Autobusais pervežtų keleivių Klaipėdos mieste skaičius, mln. keleivių per metus.

Šaltinis: VŠĮ „Klaipėdos kelevinis transportas“

Pastaraisiais metais ypač gerėja visuomeninio transporto paslaugų kokybė žmonių su negalia poreikiams tenkinti, rūpinamasi saugiu bei patogiu keleivių pervežimu. Autobusų pritaikytų neįgaliesiems 2006 metais buvo 67 autobusai, o jau 2013 metais žemagrindžių tai yra pritaikytų neįgaliesiems yra 113 iš 171 transporto priemonės, kurios važinėjo reguliariais visuomeninio transporto maršrutais Klaipėdos mieste. Tai leidžia viešuoju transportu naudotis įvairaus socialinio statuso keleiviams. Susiekimas mieste yra racialesnis ir patogesnis.

Visuomeninio transporto naudojimosi dažnumas

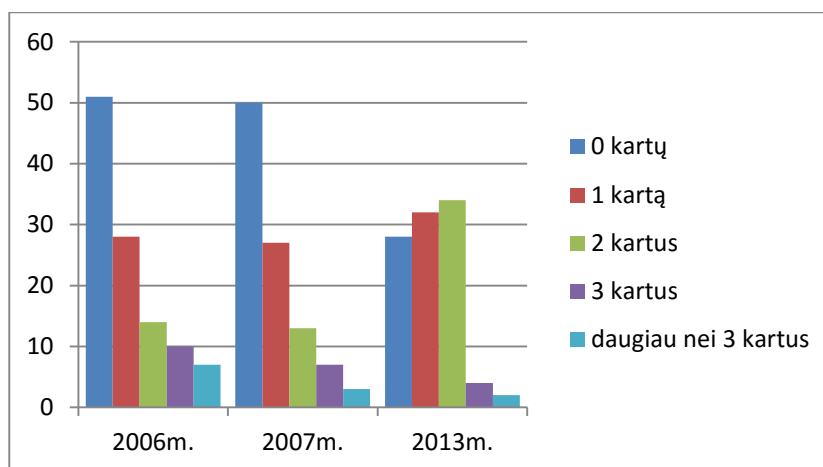
Tyrimo metu išsiaiškinta, kad: 2006 m. 2009 m. ir 2012 m. dauguma respondentų teigė, kad juos paskatintų keliauti sudaryti maršrutai, kurie patenkintų kelionės tikslo poreikius (kursuotų netoli respondentų gyvenamosios vietos, kursuotų iki respondentų kelionės tikslo), o 2008 m. ir 2011 m. apie 33 % respondentų teigė, kad keliautų dažniau visuomeniniu transportu jeigu būtų geresnė jo būklė. 2007 m. 2010 ir 2013 m. Klaipėdos miesto gyventojus dažniau paskatintų keliauti Klaipėdos miesto visuomeniniu transportu – keleivių spūsties visuomeniniame transporte problemos išsprendimas, nes tai viena opiausių Klaipėdos keleivinio transporto problemų (3 pav.).



3 pav. Klaipėdos miesto visuomeniniu transportu naudojimosi priežastys, procentine išraiška.

Šaltinis: sudaryta autorių

2006-2007 metais daugiau nei pusė keleivių kelionės tikslą pasiekdavo viena transporto priemone, 2013 metais keleiviai dažniausiai kelionės tikslą pasiekdavo persėdami vieną arba du kartus (4 pav.).



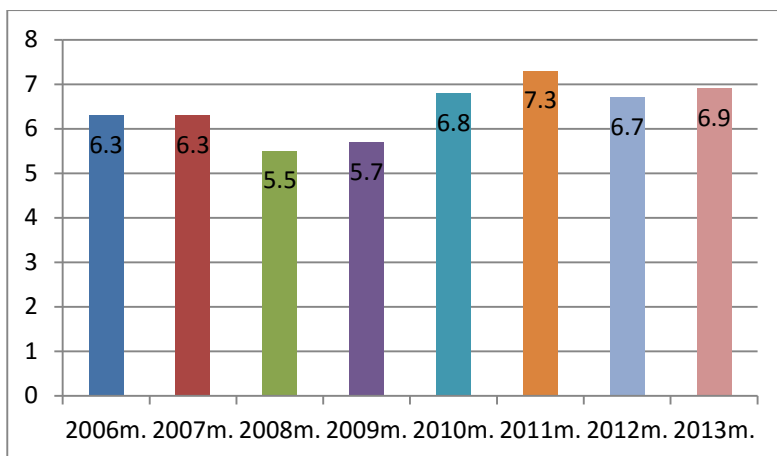
4 pav. Persėdimų skaičius.

Šaltinis: sudaryta autorių

Persėdimo skaičiaus augimui įtakos turėjo 2012 m. privežamųjų maršrutų sistemos atsiradimas Klaipėdos mieste. Ši sistema sukurta tam, kad koreguoti neperspektyvius maršrutus ir tvarkaraščius. To pasėkoje mažos talpos autobusai keitė didelės talpos transporto priemonės.

Autobusų būklė

Klaipėdos miesto autobusų būklė yra patenkinama. Klaipėdos miesto visuomeninio transporto keleiviai autobusų būklę vidutiniškai vertina nuo 2006-2013 m. 6,43 balais iš 10.



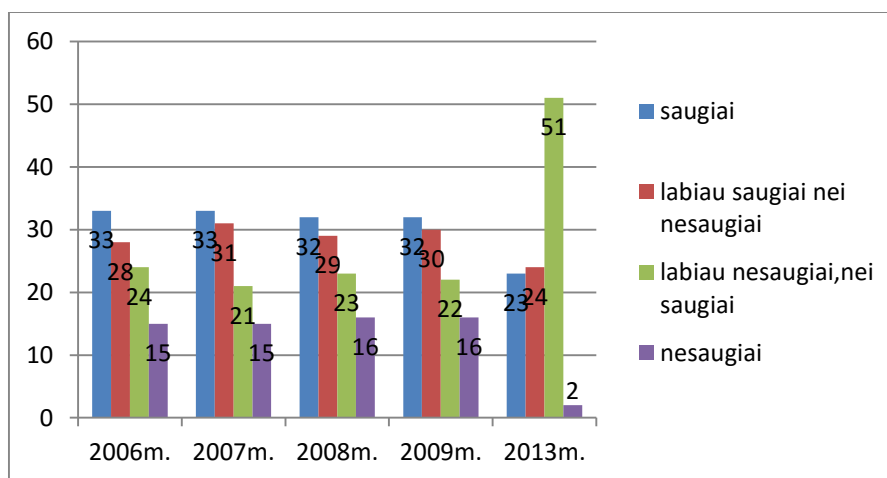
5 pav. Klaipėdos miesto ir priemiesčio autobusų būklė balais dešimties balų sistemoje.

Šaltinis: sudaryta autorių

2011 m. respondentai geriausiai vertina autobusų būklę, tai įtakoją pirmųjų Lietuvoje ekologinių dujinių autobusų atsiradimas. Atskirų balų suteikimo pasiskirstymas pateikiamas 5 paveiksle.

Keleivių saugumas

Išanalizavus keleivių saugumą Klaipėdos miesto visuomeniniame transporte 2006-2013 metais, pastebėta, kad šioje srityje problemos išlieka. Nuo 2006 m. iki 2013 m. situacija smarkiai pasikeitė: 2006 m. tik 39% keleivių jautėsi nesaugiai, o jau 2013 m. net 62 % respondentų pažymėjo kad jaučiasi nesaugiai keliaudami visuomeniniu transportu (6 pav.). Tam įtakos galėjo turėti padidėjęs nusikalstamumas 2013 m. Klaipėdos mieste, kuris siekė apie 9 % daugiau lyginant su 2012 m.



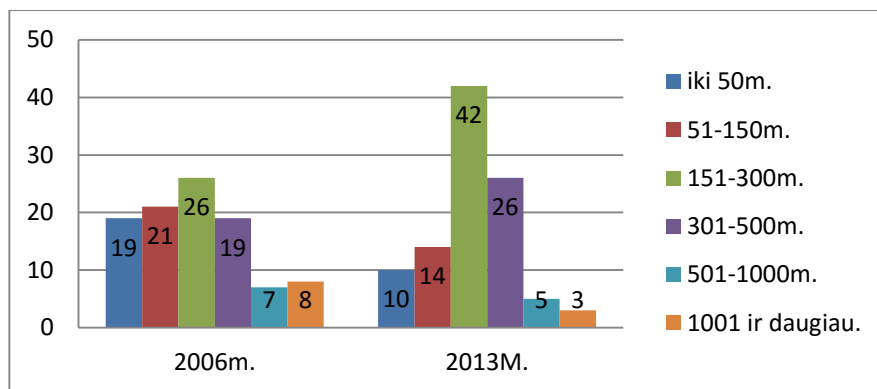
6 pav. Keleivių saugumas procentais Klaipėdos miesto visuomeniniame transporte.

Šaltinis: sudaryta autorių

Bendrai įvertinus visų penkių metų respondentų nuomonę galima teigti, kad daugiau nei trečdalis Klaipėdos miesto visuomeninio transporto keleivių keliaudami visuomeniniu transportu nesijaučia saugūs.

Stotelių nuotolis nuo keleivių gyvenamosios vietos

2006 m. daugiau nei trečdalis keleivių nuo artimiausios visuomeninio transporto stotelės gyvena 301 metrų ir toliau. Kas ketvirtas Klaipėdos miesto visuomeninio transporto keleivis nuo artimiausios visuomeninio transporto stotelės gyvena 151-300 metrų atstumu. 2013 m. daugiausia keleivių gyveno 151-300 metrų atstumu nuo artimiausios stotelės ir tik 3% gyvena 501-1001 m. ir toliau (7 pav.).

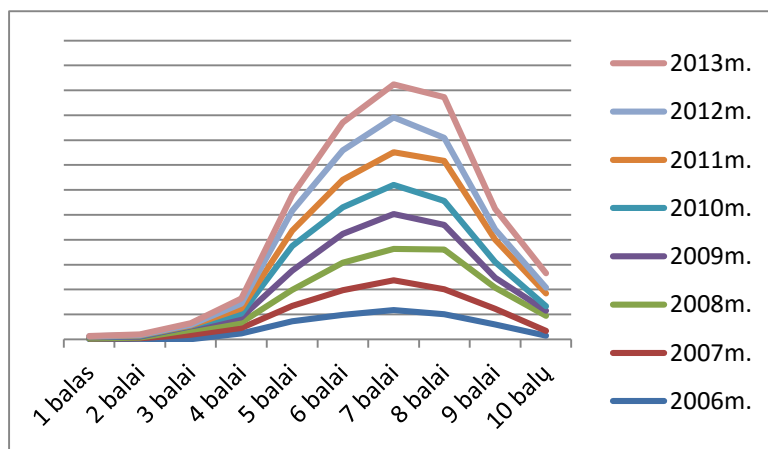


7 pav. Stotelių nuotolis nuo respondentų gyvenamosios vietos.
Šaltinis: sudaryta autorių

Palyginus 2006 metų gautus rezultatus su 2013 metais pastebėta jog padaugėjo keleivių gyvenančių vidutiniu atstumu (151-300 metrų) iki artimiausios stotelės, o gyvenančių dideliu (500 m. ir toliau) atstumu respondentų skaičius sumažėjo, nes 2012 m. atsiradus privežamiesiems maršrutams buvo optimizuotas atstumus nuo gyvenamųjų vietų iki stotelių.

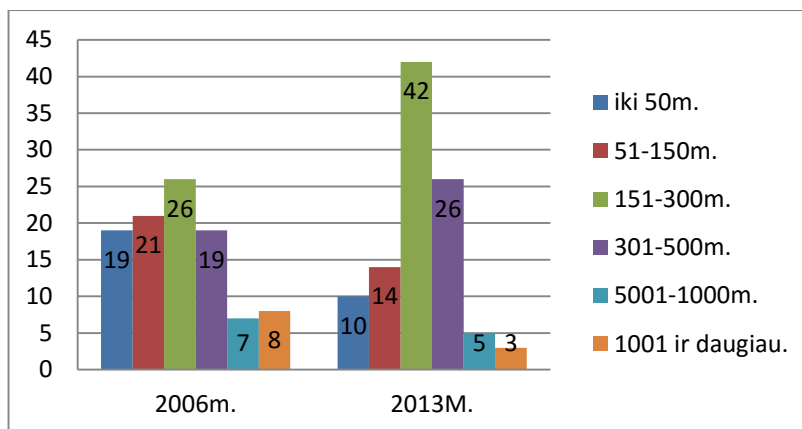
Paslaugos kokybės ir kainos santykis

Paslaugos kokybė. Klaipėdos miesto autobusų keleiviai visuomeninio transporto paslaugų kokybę vidutiniškai vertino 2006 m. 6,7 balo, o 2013 metais jau 7,3 balo iš 10. Kiekvienais metais respondentai paslaugų kokybės vertinimai gerėja, lyginant nuo 2006 m. Klaipėdos viešojo transporto paslaugų kokybė pagerėjo apie 9% per aštuonerius metus. Tam įtakos turėjo atnaujintas autobusų parkas, perorganizuota transporto sistema, taip pat 2012 m. privežamųjų maršrutų atsiradimas. Atskirų balų suteikimo pasiskirstymas pateikiamas 8 paveiksle.



8 pav. Klaipėdos miesto visuomeninio transporto paslaugų kokybės vertinimas.
Šaltinis: sudaryta autorių

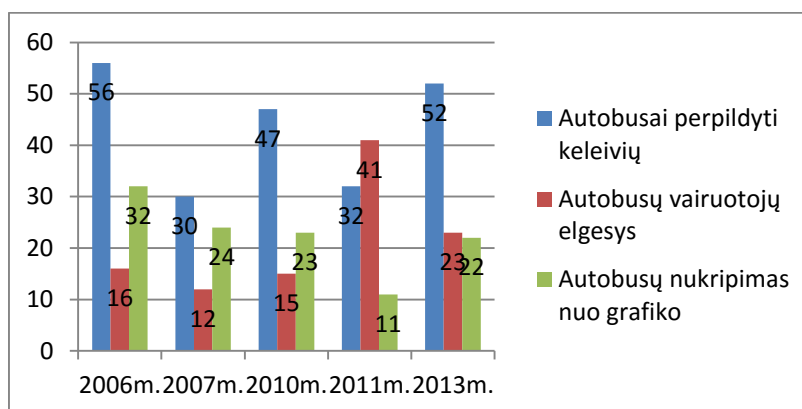
Daugiau nei puse 2006-2012 m. apklaustų Klaipėdos miesto visuomeninio transporto keleivių mano, jog Klaipėdos visuomeninio transporto kaina atitinka paslaugos kokybę, tačiau 2013 metais keleivių nuomonė pasikeitė, nepatenkintų respondentų skaičius išaugo iki 56%. Tam įtakos galėjo turėti naujovės viešajame transporte – senų maršrutų reorganizavimas; privežamųjų maršrutų sistemos atsiradimas. Nors ir 2013 m. sumažėjo terminuotų ir lengvatinių bilietų kainos nuo 7-30 proc., tačiau keleiviams adaptacinis laikotarpis buvo sudėtingas, nes tikslui pasiekti prirėkė didesnio skaičiaus persėdimų (9 pav.).



9 pav. Visuomeninio transporto paslaugos ir kokybės santykis procentine išraiška

Šaltinis: sudaryta autorių

Galima teigti, kad skirtumas 2013 m. tarp patenktų bilieto kaina respondentų ir nepatenktų, yra labai nedidelis ir tai verčia susimąstyti, kad viešojo transporto bilieto kaina yra per didelė. Galimam kainos ir paslaugų kokybės neatitikimui įtakos ateityje gali turėti mažėjantis besinaudojančių Klaipėdos viešuoju transportu keleivių skaičius.



10 pav. Klaipėdos miesto visuomeninio transporto paslaugų kokybės vertinimas procentine išraiška.

Šaltinis: sudaryta autorių

Klaipėdos miesto visuomeninio transporto pagrindinė problema išlieka autobusai perpildyti keleivių, tai parodė gautų anketų rezultatai palyginus 2006-2013 metų apklausų rezultatus. Mažiausiai visuomeninio transporto paslaugos kokybę kenčia dėl autobusų vairuotojų elgesio.

Išvados

1. Nustačius ir išanalizavus Klaipėdos miesto visuomeninio transporto kokybinius rodiklius galima teigti, kad Klaipėdos miesto gyventojus dažniau paskatintų keliauti Klaipėdos miesto visuomeniniu transportu – keleivių spūsties visuomeniniame transporte problemos sprendimas. Tačiau tai ir išlieka pagrindinė problema Klaipėdos keleviniame transporte.

Klaipėdos miesto autobusų būklė yra patenkinama. Klaipėdos miesto visuomeninio transporto keleviai autobusų būklę vidutiniškai vertina nuo 2006-2013 m. 6,43 balais iš 10. 2011 m. respondentai geriausiai vertina autobusų būklę, to priežasties buvo pirmųjų Lietuvoje ekologinių dujinių autobusų atsiradimas.

Išanalizavus keleivių saugumą Klaipėdos miesto visuomeniniame transporte 2006-2013 metais, pastebėta, kad šioje srityje problemos taip pat išlieka. Tam įtakos galėjo turėti padidėjęs nusikalstamumas 2013 m. Klaipėdos mieste, kuris siekė apie 9 % daugiau lyginant su 2012 m.

Palyginus 2006 metų gautus rezultatus su 2013 metais pastebėta jog padaugėjo keleivių gyvenančių vidutiniu atstumu (151-300 metrų) iki artimiausios stotelės, o gyvenančių dideliu (500 m. ir toliau) atstumu respondentų skaičius sumažėjo, nes 2012 m. atsiradus privežamiesiems maršrutams buvo optimizuotas atstumus nuo gyvenamųjų vietų iki stotelių

2. Klaipėdos miesto visuomeninio transporto maršrutai neatitinka visų ar daugumos keleivių poreikių – kas antras visuomeninio transporto keleivis, norėdamas pasiekti savo kelionės tikslą bent kartą turi persėsti į kitą visuomeninio transporto priemonę. 2006m. 28% keleivių tikslą pasiekia persėsdami vieną kartą, 15% du kartus, 2007 metais 26% persėda vieną kartą 13% du kartus, 2013 metais 30% pasiekia kelionės tikslą persėsdami vieną kartą 32% dažniausiai kelionės tikslą pasiekia persėsdami vieną arba du kartus.

Literatūra

1. Baublys, A. Keleivių ir krovinių vežimai kelių transportu. Vilnius, Technika. 1998.
2. Burinskienė, M., Mykolas, G. P., Ušpalytė – Vitkūnienė, R.. Miestų viešasis transportas: mokomoji knyga. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technologija, 2009.
3. Butkevičius, J. Keleivių vežimai. Monografija: Vilniaus technika, 2002.
4. Juškevičius, P., Valeika, V., Burinskienė, M., Paliulis, G., V. Lietuvos miestų susisiekimo sistemos. Klaipėda. VGTU leidykla: Technika, 2006.
5. Jokubynienė, V. Keleivių vežimo organizavimo technologo poreikis Klaipėdos regione tyrimas. KLVK, 2008.

RESEARCH OF KLAIPEDA PUBLIC TRANSPORT QUALITATIVE INDICATORS

Summary

Passenger transport is very important to the economies of each country, ensuring both, the country and its regions, towns or settlements functioning. Public transport has a special social significance, because, as residents of the country an opportunity to go to work, to education and health institutions, as well as to carry out cultural-domestic trips. Klaipėda city public transport is one of the most important vehicles for passenger transport. In order to ensure public service public transport, it is necessary to evaluate the work of public transport indicators. Urban public transport can be measured by various indicators, which are divided into quantitative and qualitative. Quantitative indicators assessing public transport, there are number of passengers carried, capacity utilization, mileage use of passenger turnover, average passenger trip length and operating speed. Qualitative indicators assessing public transport is the driving conditions, characterized by a vehicle fill rates, vehicle control shuttling passengers spent time driving and driving safety.

Keywords: public transport, the city of Klaipėda, qualitative indicators.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dovilė Uogintienė

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Klaipėdos valstybinės kolegijos, technologijų fakulteto, transporto inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: vadyba, transportas, tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 612 24162, d.uogintiene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vida Jokubynienė

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Klaipėdos valstybinės kolegijos, technologijų fakulteto, transporto inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transportas, tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 618 15664, v.jokubyniene@kvk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Dovilė Uogintienė

Science degree and name: -

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Technology Faculty, Transport Engineering Department Lecturer.

Author's research interests: management, transport, methodology.

Telephone and e-mail address: +370 612 24162, d.uogintiene@kvk.lt

Author name, surname: Vida Jokubynienė

Science degree and name: -

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Technology Faculty, Transport Engineering Department Lecturer.

Author's research interests: transport, methodology.

Telephone and e-mail address: +370 618 15664, v.jokubyniene@kvk.lt

KELIONĖS LEIDIMŲ REIKŠMĖ TARPTAUTINIAMS KROVINIŲ VEŽIMAMS KELIŲ TRANSPORTU

Jūratė Liebuvienė
Klaipėdos valstybinė kolegija

Anotacija

Tarptautiniai santykiai su Europos bei kaimyninėmis valstybėmis mūsų šalies vežėjams yra vienas svarbiausių veiksnių, iš esmės lemiančių tarptautinių vežimų apimtį įvairiomis kryptimis. Tarptautinių susitarimų pagrindu kroviniams vežti ne Europos šalyse vežėjai privalo turėti atitinkamus leidimus. Teisiniai dokumentai, nuostatai reguliuoja aplinkosaugos ir saugumo reikalavimus, kas yra būtina šiandieniniame pasaulyje bei užtikrina politinius santykius su tam tikromis valstybėmis, nebūtinai Europos Sąjungos šalimis, leidžiančius laisvai bendradarbiauti ir vykdyti tarptautinius krovinių vežimus kelių transporto priemonėmis.

Reikšminiai žodžiai: leidimai, kelių transportas, tarptautinis krovinių vežimas.

Įvadas

Lietuvos transporto ir logistikos sektoriaus pajėgumai yra maksimaliai orientuoti į eksportą ir tai sudaro apie 90 proc. tarptautinių pervežimų, o tik 10 proc. pervežimų tenka vidaus rinkai. Įvertinus tai, transporto įmonėms kyla nauji iššūkiai, susiję ne tik su geopolitiniais pokyčiais, bet ir griežtėjančiais veiklos reguliavimais įvairiose eksporto rinkose. Lietuvos vežėjai nuolat ieško būdų, kaip padidinti savo verslo apimtį – kitaip tariant, kur rasti naujų veiklos nišų. Vienas iš būdų – transporto konkursai, kurie nuolat skelbiami ir pateikiami tarptautinėse krovinių ir transporto biržose. Lietuvos vežėjams vis labiau integruojantis į Europos Sąjungos ir kitų šalių rinkas ir įgyvendinant naujus įstatymus, valstybei tenka labai svarbus uždavinys – tinkamai vykdyti transporto įmonių kontrolę, bei užtikrinti lygias konkurencijos sąlygas.

Remiantis Lietuvos statistikos departamento 2015 m. duomenimis praėjusiais metais Lietuvos transporto sektoriaus rodikliai išlaikė augančias tendencijas, bei didėjančią efektyvumą, nepaisant įvairių šalių įvestų apribojimų. 2015 m. transporto sektoriaus indėlis į šalies bendrąjį vidaus produktą (BVP) padidėjo net 6,3 proc. ir sudarė 13,1 proc. viso Lietuvos BVP. Šio sektoriaus pajamos išaugo iki 7,52 mlrd. eurų, transporto srities darbuotojų skaičius išaugo iki 104489, įmonių – 6603.

Vežėjams, transporto įmonėms integruojantis į Europos ir kitų šalių ekonominę, ūkinę bendriją, viduje reikalinga visavertė, optimaliai funkcionuojanti transporto sistema, suderinta su išorės veiksniais, šiems tikslams įgyvendinti ir toliau plėtoti naudojami nuostatai ir leidimai.

Taigi, įmonėms, norint vykdyti atitinkamą, su kelių transportu susijusią veiklą, tarptautiniais maršrutais, būtini šią veiklą reguliuojantys ir nustatantys įsakymai, įstatymai, reglamentai, licencijos, leidimai ir kiti reikalingi dokumentai, vykstant pervežimus. Šie teisiniai reikalavimai užtikrina, kad į transporto rinką nepatektų, tokios įmonės ar vežėjai, kurie yra neįgalūs konkuruoti ar atlikti pervežimus tarptautinėje rinkoje. Taip pat nuostatai reguliuoja aplinkosaugos ir saugumo reikalavimus, kas yra būtina šiandieniniame pasaulyje bei užtikrina politinius santykius su tam tikromis valstybėmis, nebūtinai Europos Sąjungos šalimis, leidžiančius laisvai bendradarbiauti ir vykdyti tarptautinius krovinių vežimus kelių transporto priemonėmis.

Europos transporto ministrų konferencijos (toliau ETMK) leidimų kvotos sistema palengvina tarptautinių vežimų kelių transportu veiklą, suteikia sąlygas plėtotis įmonių konkurencingumui tarptautinėse rinkose, skatina aplinkosaugą ir saugos reikalavimus vilkikams. Tai reguliuoja ir nustato tvarką dėl aplinkosaugos kelių transporto priemonėi keliami reikalavimai (sertifikatai ir leidimai), susiję su Europos transporto ministrų konferencijos leidimais vykdyti pervežimus tam tikrose šalyse.

Problema: vykstant krovinių transportavimo veiklą, būtina turėti EB (Europos Bendrijos) licencijas, EB licencijų kopijas, bei užsienio šalių leidimus vykdyti tarptautinį krovinių vežimą keliais. Šių leidimų kvotos yra ribotos, išduodamos Susisiekimo ministerijos, pagal nustatytą tvarką. Kadangi leidimų skaičius yra ribotas, įmonėje, atliekančioje tarptautinius pervežimus, susiduriama su problema, kaip tinkamai įvertinti reikiamą leidimų skaičių. Gaunamų leidimų skaičius priklauso nuo leidimų panaudojimo ankstesniais metais ir nuo to kokiai emisijos klasei priklauso transporto priemonės (Euro-3; Euro-4; Euro-5).

Tikslas: išanalizuoti kelionės leidimų naudojamų tarptautinių krovinių vežimui kelių transportu būtinybę, reikšmę kelių transporto įmonėms.

Uždaviniai:

- Išanalizuoti bendrąjį kelių transporto situaciją Lietuvoje;
- Nustatyti krovinių vežimo kelių transporto priemonėmis skirtų leidimų būtinumą.

Tyrimo metodai:

- informacijos šaltinių analizė;
- statistinių duomenų analizė.

Lietuvos kelių transporto situacijos analizė

Transportavimas, kaip ir bet kuri kita veikla, daro tiesioginę ir netiesioginę įtaką socialinei-ekonominei sistemai, ir vienareikšmiškai jį apibūdinti labai sudėtinga (Palšaitis, Burkovskis, 1999).

Transporto sektorius, skirtingai nei kitos ekonomikos šakos, nekuria materialaus produkto, o transportavimo paslaugų paklausa yra išvestinis gyventojų, pramonės, žemės ūkio, kalnakasybos, prekybos, paslaugų ir kitų sektorių poreikis nugabenti žmones, žaliavas ir produktus iš vienos vietos į kitą. Taigi, svarbiausia transporto funkcija – laiko ir erdvės prasme apjungti gamybos bei vartojimo vietas, gyvenamąsias ir turizmo ar kitų paslaugų traukos zonas ir pan. (Jaržemskis ir kt., 2012).

Su transporto koncepcija tiesiogiai susiję ir transportavimo proceso, transportavimo paslaugų terminai. Anot Vasiliauskaitės (2007), transportavimo procesas apibūdinamas kaip fizinis prekių (krovinių) vežimas iš vieno geografinio taško į kitą. O transportavimo paslaugos – tai tokios paslaugos, kurių esmė yra ta, jog transporto paslaugų teikėjas savo turimomis žiniomis bei priemonėmis gabena vartotojo materialines gėrybes arba jį patį (vartotoją-keleivį) iš vienos vietos į kitą (Langvinienė, 2005).

Transporto produkcija yra krovinių ir keleivių vežimo procesas. Galutinis jo veiklos rezultatas yra pervežti kroviniai ir keleiviai (Vasiliauskas, 2013). Šio straipsnio rengimui aktualus tik krovinių vežimas, todėl toliau nuo keleivių vežimo atsisirbojama.

Subalansuota ir veiksminga transporto veikla yra ne tik didelę vertę kurianti paslauga, bet ir būtina prielaida kitų ekonomikos šakų sėkmingai plėtrai bei žmonių gyvenimo kokybei. Lietuvos transporto sektoriuje dirba apie 7 proc. visų šalies įmonių ir turi didelę įtaką šalies ekonomikos gyvybingumui. Transporto verslo įmonių indėlis į šalies ekonomiką yra beveik dvigubai didesnis nei vidutiniškai Europos Sąjungoje. Šalies ekspertų vertinimu, Lietuvos transporto verslas yra pajėgus sugeneruoti dar daugiau pridėtinės vertės – iki 14-15 proc. BVP, o vyriausybė šį sektorių laiko strateginiu.

Kasmet transporto situacija valstybės socialine ir ekonomine prasme keičiasi. Kinta pervežamų krovinių kiekiai, taip pat kinta eksporto ir importo rinka. Susisiekimo ministerijos duomenimis 2015 m. krovinių vežimo sausumos transportu apimtys palyginus su 2014 m. kito nežymiai (sumažėjo 0,7 proc. t. y. iki 113, 3 mln. t). iš jų: geležinkelių transportu sumažėjo 1,9 proc. (48,05 mln. t), kelių transportu padidėjo 1,2 proc. (58,28 mln. t). Krovinių krova Klaipėdos uoste – padidėjo 5,8 proc. (nuo 36,41 mln. t iki 38,51 mln. t), oro uostuose padidėjo 28,5 proc. (nuo 10,11 tūkst. t iki 12,98 tūkst. t).

Krovinių vežimo sausumos transportu apimtys nagrinėjamu laikotarpiu sumažėjo dėl lietuviškos kilmės prekių eksporto ir reeksportas į NVS valstybes (abipusių Rusijos ir ES sankcijų bei ekonomikos nuosmukio Rusijoje pasekmė).

Nedidelis augimas atsiradęs 2015 m. pabaigoje kelių transporto sektoriuje rodo, kad vežėjai efektyviai perorientavę savo veiklą į kitas, ne tik į Rytų rinkas, surado būdus kaip sumažinti netekimus dėl sumažėjusių krovinių vežimų į Rytų valstybes (35 proc. sumažėjo kelionės leidimų krovinių vežimui į Baltarusiją, Rusiją ir Kazachstaną panaudojimas).

Statistikos departamento duomenimis 2014 m. kelių transportu vežta 57,6 mln. tonų krovinių – tai 10 proc. daugiau nei 2013 m. Didžioji dalis krovinių (60,6 proc.) vežta vidaus vežimais, kurie, palyginti su 2013 m., padidėjo 10,4 proc.

Šalyje pakrautų krovinių kiekis 2014 m. sudarė 6,3 mln. tonų ir, palyginti su 2013 m., padidėjo 4,2 proc., šalyje iškrautų krovinių svoris sudarė 4,5 mln., arba 8,7 proc. daugiau. Tarp kitų šalių Lietuvoje registruotomis kelių transporto priemonėmis vežti kroviniai sudarė 10,4 mln. tonų, arba 10,8 proc. daugiau nei 2013 m. Didelę tarptautinio krovinių vežimo dalį sudarė maisto produktai, gėrimai ir tabakas (15,9 proc.), žemės ūkio, medžioklės ir miškininkystės produktai, žuvis ir kiti žuvininkystės produktai (10,9 proc.) bei mediena, medienos ir kamštienos gaminiai ir dirbiniai (išskyrus baldus); gaminiai bei dirbiniai iš šiaudų ir pynimo medžiagų; plaušiena, popierius ir popieriaus gaminiai; spaudiniai ir įrašytos laikmenos (8,8 proc.). 2014 m. kroviniai daugiausia vežti į Rusiją (19,8 proc.), Vokietiją (13,2 proc.) ir Latviją (19,2 proc.). 86,3 proc. krovinių atvežta iš Europos Sąjungos šalių. 2014 m. krovinių vežimo apyvarta sudarė 28,1 mlrd. tonkilometrų, arba 6,6 proc. daugiau nei 2013 m. Tarptautinių vežimų krovinių apyvarta sudarė 90,1 proc. visos apyvartos.

Preliminariais duomenimis 2015 m. krovinių vežimo sausumos transportu apimtys palyginus 2014 m. kito nežymiai (sumažėjo 0,7 % t. y. iki 113, 3 mln. t). iš jų: geležinkelių transportu sumažėjo 1,9 % (48,05 mln. t), kelių transportu padidėjo 1,2 % (58,28 mln. t).

Lietuvos vežėjai Europos kontekste išlieka pakankamai konkurencingi, puikiai vertinama jų paslaugų kokybė ir profesionalumas. Vežėjų vilkikai krovinių vežimus vykdo į įvairias šalis, o norėdamos išvengti tuščios ridos ir išlikti konkurencingos dažnai krovinius veža į ne Europos šalis, kur reikalingi tarpvalstybinius susitarimus atitinkantys leidimai.

Tarptautinių kelionės leidimų krovinių vežimui būtinumo specifika

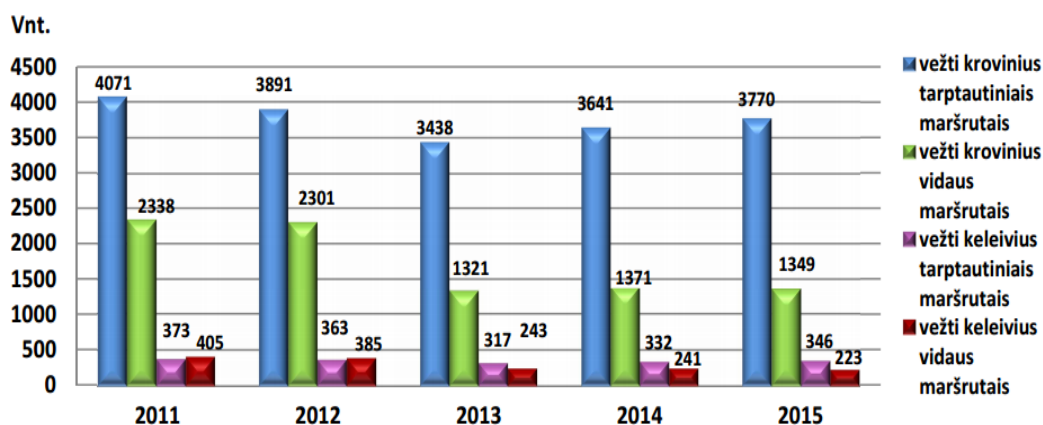
Tarpvalstybiniai susitarimai vaidina labai svarbų vaidmenį ir dėl įvairiausių politinių nesutarimų nukenčia ne tik nepertraukiamas vežėjų darbas, bet ir kitos sritys, susijusios su tarptautine prekyba ir prekių mainais. Šioms problemoms spręsti didžiausia atsakomybė tenka valstybinėms institucijoms, kurios turi garantuoti gerų tarptautinių santykių palaikymą (Vilkelis, 2009).

Esant palankiai geografiniai situacijai, Lietuva yra viena svarbiausių tranzitinių valstybių tarp Europos Sąjungos ir Rusijos. Turėdama visus metus neužšąlantį Klaipėdos jūrų uostą, gerai išplėtotą kelių infrastruktūrą, plačią geležinkelio vėžę, šalis įgyja konkurencinį pranašumą ne tik plėtojant tranzitinį kelių transportą, bet ir intermodalinio transporto funkcijas. Nereikia pamiršti ir kaimyninės Kaliningrado srities, kuri priklauso Rusijos sudėčiai. Pastarasis faktorius yra labai svarbus politiniu požiūriu, nes suteikęs išskirtines tranzitines susisiekimo teises, mūsų valstybė gauna grįžtamąjį efektą, kuris akivaizdžiai pastebimas derybose dėl papildomos rusiškų leidimų kvotos (Barysienė, 2008).

Europiniai krovinių vežimai pasižymi didesniu intensyvumu, mažesne rizika, tačiau didesnėmis sąnaudomis degalams bei keliams. Tuo tarpu darbas su NVS šalimis yra šiek tiek pelningesnis, nes gerokai sutaupoma pigesnių degalų sąskaita, tačiau reikalauja didesnės atsakomybės, žinių ir kompetencijos. Daugelis krovinių užsakovų skiria didesnius įkainius už vežimo paslaugas į Rytus, nes įvertina riziką, kelių infrastruktūros būklę, korupcijos lygį, dokumentacijos bei muitinių subtilybes, be to, vežėjų, galinčių atlikti tokius vežimus, nėra daug. Šiems vežimams reikalingos atitinkamos sąlygos: – gryniesi pinigai, skirti nenumatytiems išlaidoms; – turėti atitinkamą leidimų kvotą; – ETMK leidimams gauti transporto priemonių parkas turi atitikti EURO 3, EURO 4 reikalavimus; – priklausyti asociacijai LINAFA, kuri išduoda TIR knygeles; – išmanyti muitinių specifiką bei vežimo subtilybes. Lietuvos vežėjai užima stiprias pozicijas aptarnaujant transportinius srautus iš Europos valstybių į Rusiją ir kitas NVS šalis. Dėl didelių valstybinių apribojimų, sudėtingos dokumentacijos ir aukštos kompetencijos reikalavimų tiek NVS šalių, tiek Vakarų Europos vežėjai nėra atitinkamai pasiruošę atlikti tokius vežimus. Todėl mūsų šalies kelių transporto bendrovės yra puikūs tarpininkai atliekant vežimus iš Europos į Rytus. Problema yra ta, kad sklandžiai vykdyti šią veiklą neretai sutrukdo leidimų stygius.

Tarptautinių susitarimų pagrindu kroviniams vežti ne Europos šalyse vežėjai privalo turėti atitinkamus leidimus. Šaliai skiriamų leidimų skaičius yra ribotas – kvotos dydis nustatomas kasmetinėse derybose. Vienas leidimas gali būti skiriamas tik vienai transporto priemonei ir negali būti perduotas kitam vežėjui. Dėl šios priežasties krovinių vežėjai veiklą gali vykdyti tik jiems skiriamų leidimų ribose.

Remiantis Valstybinės kelių transporto inspekcijos prie Susisiekimo ministerijos duomenimis Lietuvos krovinių vežėjai 2015 m. (žr. 1 pav.) pabaigoje turėjo 3770 Bendrijos licencijų vežti krovinius ir 30977 Bendrijos licencijų vežti krovinius kopijas, 1349 licencijas verstis krovinių vežimu vidaus maršrutais ir 4531 šių licencijų kopiją. Per metus vežėjų, turinčių Bendrijos licencijas vežti krovinius, skaičius padidėjo 3,54 proc. (2014 m. pabaigoje – 3641), krovinių automobilių, turinčių šių licencijų kopijas, skaičius padidėjo 8,74 proc. (2014 m. pabaigoje – 28486). Vežėjų, turinčių licencijas verstis krovinių vežimu vidaus maršrutais, skaičius sumažėjo 1,60 proc. (2014 m. pabaigoje – 1371), krovinių automobilių, turinčių šių licencijų kopijas, skaičius sumažėjo 0,02 proc. (2014 m. pabaigoje – 4532). Licencijų verstis krovinių vežimu vidaus maršrutais skaičius sumažėjo, vežėjams atsisakius šių licencijų dėl krovinių vežimo veiklos nutraukimo, be to, dalis vežėjų šios rūšies licencijų atsisakė, nes turi Bendrijos licencijas vežti krovinius. O licencijų verstis krovinių vežimu vidaus maršrutais kopijų skaičius išliko beveik nepakitęs. Bendrijos licencijų vežti krovinius, ypač jų kopijų, didėjimas rodo, kad vežėjai tikisi gerėjančios ekonominės situacijos ir ateityje augančios paklausos.



1 pav. Licencijų, vertis keleivių ir krovinių vežimu, skaičius (2015 m.)

Šaltinis: Valstybinė kelių transporto inspekcija prie Susisiekimo ministerijos duomenys

Per 2015 m. Valstybinė kelių transporto inspekcija gavo 18983 Lietuvos vežėjų prašymus išduoti užsienio valstybių leidimų (25,99 proc. mažiau nei per 2014 m. (25650) ir išdavė 182363 leidimus (34,65 proc. mažiau nei per 2014 m. (279043). Sumažėjusių leidimų poreikį nulėmė Rusijos Federacijos taikyti apribojimai prekių įvežimui, paveikę transporto paslaugų rinką.

Kadangi Lietuva yra Europos transporto ministrų konferencijos narė, tai kaip ir kitoms valstybėms, buvo nustatyta bazinė ETMK leidimų kvota, kuri iki 2011 metų buvo pastovi 128 vnt. leidimų.

Nuo 2011 metų sistema pasikeitė, stabilios kvotos nebeliko. Dabar valstybės gaunama ETMK leidimų kvota priklauso nuo to, kokios emisijos klasės transporto priemonės valstybė pasirenka leidimus: Euro-3 saugiems, Euro-4 saugiems ar Euro-5 saugiems sunkvežimiams, ir nuo to, kaip efektyviai leidimai buvo panaudoti ankstesniais metais. Efektyviai juos naudojant 2012 m. leidimų kvotos išaugo iki 163 vnt. Svarstant ETMK daugiašalės kvotos 2016 ir vėlesniems metams klausimą, buvo priimtas nutarimas, kad 2016 – 2017 metams bazinių leidimų kvota Lietuvai **169 baziniai leidimai**. Atsižvelgiant į tai, kad galutinis gaunamas ETMK leidimų skaičius priklauso ne tik nuo šaliai skiriamos bazinės leidimų kvotos, bet ir nuo vilkikų Euro klasės, bendru sutarimu buvo nutarta mažinti „Euro IV saugioms“ transporto priemonės skiriamų leidimų koeficientą nuo 6 iki 5 ir palikti šiuo metu taikomus koeficientus „Euro V saugioms“ ir „Euro VI saugioms“ transporto priemonėms, atitinkamai 10 ir 12. Tai reiškia kuo aukštesnės kategorijos automobiliams leidimai imami, tuo daugiau jų gaunama. Vežėjai, kurie per metus įvykdo daug važiuočių – nenaudoja vienkartinį leidimų, todėl kitiems smulkesniems vežėjams užtenka paprastų vienkartinį leidimų (Misiūnas, 2013).

2015 m. Lietuva iš užsienio valstybių gavo 1,2 proc. daugiau kelionės leidimų nei 2014 m., tačiau leidimų panaudojimas lyginant su 2014 m. sumažėjo 34,7 proc. Daugiausiai kelionės leidimų gauta krovinių vežimui į Baltarusiją, Rusiją ir Kazachtaną (1 lentelė).

1 lentelė

Kelionės leidimų skaičius vnt. ir pokytis proc.

	Gauta		Pokytis	
	2014 m.	2015 m.	gauta	panaudota
Rusija	174000	174500	0,3 proc.	- 38,5 proc.
Baltarusija	166000	166000	0,0 proc.	- 33,7 proc.
Kazachtanas	6100	6200	1,6 proc.	- 11,9 proc.

Šaltinis: Valstybinė kelių transporto inspekcija prie Susisiekimo ministerijos

Išduodant kelionės leidimus, speciali komisija įvertina vežėjų transporto priemonių technines charakteristikas, paskutinių vienerių metų vežimų apimtį, pažeidimus, avaringumą bei darbo ir poilsio režimo laikymąsi (Vilkelis, 2009). Taip pat įvertinamas ir išduotų leidimų konkrečiai įmonei panaudojimas.

Norint išvengti leidimų, kurie dažniausiai yra dalijami pariteto principu, trūkumo, valdžios institucijoms reikėtų gerai pagalvoti apie Lietuvos, kaip tranzitinės valstybės, įvaizdį (Vilkelis, 2009).

Dvišalių susitarimų būdu būtų galima sudaryti palankesnes sąlygas Lietuvos vežėjams ne tik su NVS šalimis bet ir su Graikija, Vengrija, Italija ir kt.

ETMK leidimų išdavimo komisija, įvertinusi turimų transporto priemonių technines charakteristikas, atsižvelgdama į ETMK rekomendacijas bei siekdama skatinti efektyvesnį transporto priemonių panaudojimą

ir spartinti Lietuvos vežėjų integraciją į Europos Sąjungos transporto paslaugų rinką, nustato Lietuvai reikalingų ETMK leidimų kategorijas.

2016 – 2017 metams bazinių leidimų Lietuvai skirta 169 baziniai leidimai. Atsižvelgiant į tai, kad galutinis gaunamas ETMK leidimų skaičius priklauso ne tik nuo šaliai skiriamos bazinės leidimų kvotos, bet ir nuo vilkikų Euro klasės Lietuvai skirti ETMK leidimai 2016 m.:

- 495 metiniai leidimai „EURO IV saugioms“ transporto priemonėms,

- 700 metinių leidimų „EURO V saugioms“ transporto priemonėms, iš jų galiojantys Austrijoje – 96 vnt., Italijoje – 300 vnt., Rusijoje – 160 vnt.

Taigi, galima daryti prielaidą, jog įstatymai, leidimai, nutarimai, tokie kaip Europos transporto ministrų konferencijos nutarimas, ar kiti, susiję su tarptautiniais pervežimais, skatina vystyti šalies ekonominį lygį, infrastruktūros plėtojimą, įmonių konkurencingumą, taip pat sukurdami palankią aplinką ir bendrajam šalies vystymuisi.

Atsižvelgiant į Lietuvai skiriamų ETMK leidimų skaičių ir rūšį, vežėjai nuolat turi investuoti į savo transporto parką, nes ES lygiu keliama vis griežtesni reikalavimai naudojamų vilkikų techniniams reikalavimams. Planuojama ateityje ETMK leidimus skirstyti pagal įmonės turimą automobilių skaičių ir atitikimą EURO V, VI standartams, bei pagal rezultatus, t.y. įvykdytų važiuočių skaičiaus.

Išvados

1. Išanalizavus bendrąją transporto situaciją, matoma, jog didėjant transporto rinkai, keičiasi ir gerėja ne tik transporto infrastruktūra, bet ir šalies ekonomika. Transportuojami kroviniai sudaro gan didelį indėlį Lietuvos bendrojo šalies produkto (apie 10 proc.), eksportuojamų krovinių vežimo sferoje sukuriamą palyginti didelę dalis darbo vietų, tai reiškia, kad yra gerinamas ir bendras šalies socialinis lygmuo.

2. ETMK leidimų skaičius ir rūšys priklauso nuo įmonių transporto parko atitikimo EURO standartams, bei jų panaudojimo efektyvumo.

3. ETMK leidimai Lietuvos vežėjams yra būtini vykdant tarptautinius krovinių vežimu tarp ETMK šalių narių ir norint išlikti konkurencingais, teikiančiais aukštos kokybės paslaugas, bei profesionaliais transportavimo versle.

Literatūra

1. JARŽEMSKIS, V., JAKUBAUSKAS, G., MAČIULIS, A. *Transporto politikos pagrindai: mokomoji knyga*. Vilnius: Technika, 2012.
2. LANGVINIENĖ, N. Tarptautinio krovinių gabenimo paslaugų konkurencingumo įvertinimas. *Tiltai*, 2005, nr. 2.
3. LANGVINIENĖ, N., SLIŽIENĖ, G., VAITKIENĖ, R. Marketing controlling in Lithuanian freight transport services enterprises. *Ekonomika ir vadyba*, 2007, nr. 12.
4. LINGAITIENĖ, O. *Transporto priemonių poreikių modeliavimas krovinių vežimo logistikos grandyje*: daktaro disertacija, technologijos mokslai: transporto inžinerija (03T). Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2006.
5. PALŠAITIS, R., BURKOVSKIS, R. Keleivių ir krovinių vežimo geležinkeliu tendencijų analizė. *Transportas*, 1999, nr. 14(2).
6. VASILIAUSKAITĖ, D. Krovinių automobilių techninės priežiūros ir remonto efektyvumas Lietuvoje. *Mokslas – Lietuvos ateitis. Transportas: dešimtosios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos medžiaga*. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2007.
7. VASILIAUSKAS, A. V. *Krovinių vežimo technologijos. Vadovėlis*. Klaipėda: Socialinių mokslų kolegija, 2013.
8. VASILIAUSKAS, A. V., BARYSIENĖ, J. Analysis of Lithuanian transport sector possibilities in the context of European-Asian trade relations. *Transport*, 2008, no. 23(1).
9. VILKELIS, A. Tarptautinių leidimų reikšmė kelių transporto sektoriui. *Mokslas – Lietuvos ateitis. Transportas: dešimtosios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos medžiaga*. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2009.
10. TRANSPORTAS IR RYŠIAI. KELIŲ TRANSPORTAS Vilnius: Lietuvos statistikos departamentas [žiūrėta 2016 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize1>

DRIVING PERMISSION VALUE FOR INTERNATIONAL ROAD HAULAGE

Summary

International relations with Europe and the neighboring countries is one of the most important factors for our country's carriers, essentially determining the volume of international transport in different directions. States protecting their domestic market, have a number of safeguards, i.e. travel permits, aimed at avoiding invasion from other countries. World practice shows that the states, where the transport infrastructure and various types of transport activities are well-developed, and are at a high level of economics and public welfare. Transport policy is tied to the country's economic

and political stability. Lithuanian transport system, transport of goods increases the country's economic development and competitiveness in international markets, and largely contribute to the country's gross output indicators.

Key words: Permits, road transport, international freight transport.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Liebuvienė

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė

Darbo vietą ir poziciją: Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Transporto inžinerijos katedros lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Darnus transportas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 612 54735, j.liebuviene@kvk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jūratė Liebuvienė

Science degree and name: lekturer

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Transport engineering department lekturer.

Author's research interests: Sustainable transport

Telephone and e-mail address: +370 612 54735, j.liebuviene@kvk.lt

INFORMACINIŲ SRAUTŲ JUDĖJIMO TARP TRANSPORTO GRANDINĖS DALYVIŲ ĮTAKOS TRANSPORTO PASLAUGŲ EFEKTYVUMUI TYRIMAS

Sigita Tautkevičienė
Šiaulių valstybinė kolegija

Anotacija

Informacijos srautai turi didelę reikšmę transportavimo procese, nes tik reikiamu laiku gavus reikiamą informaciją galima priimti tinkamus transportavimo proceso valdymo sprendimus. Efektyvus ir savalaikis informacijos judėjimas tarp transporto grandinės dalyvių gerina transporto paslaugų efektyvumą. Straipsnyje analizuojama informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių įtaka transporto paslaugų efektyvumui, išgryninami jį nulemiantys veiksniai.

Reikšminiai žodžiai: Informaciniai srautai, transporto paslaugų efektyvumas, transporto paslaugų efektyvumą lemiantys veiksniai.

Įvadas

Lietuvoje 2013 m. Mokslo ekspertų grupės iniciatyva surengtose diskusijose buvo atrinktos trys prioritetinės plėtros sritys: transportas, logistika ir informacijos bei ryšių technologijos (IRT). Mokslininkai prognozuoja, kad šių prioritetų įgyvendinimas leistų Lietuvos transporto sistemai efektyviai įsiterpti į tarptautines transporto grandines ir iki 2030 metų padvigubinti savo kaip tranzito šalies konkurencinį pajėgumą. Be abejo, mokslininkai neatsitiktinai parinko šias sritis. Integruota šių sektorių plėtra gali duoti sinerginį efektą. Kokybiškas ir efektyvus informacinių srautų valdymas transporto ir logistikos sektoriuose yra itin svarbus. Pastoviai besikeičiant verslo aplinkai, įmonės priverstos vis labiau tobulinti transportavimo procesą, sąnaudų mažinimo bei paslaugų kokybės gerinimo kryptimi (Perego *et al* 2011). Šiuolaikiniame versle informacija laikoma organizacijos strateginiu ištekliumi, kuris prilyginamas kitiems ekonominiams ištekliams, tokiems kaip gamtos ištekliai, darbas, finansai (Atkočiūnienė, 2006).

Informacijos revoliucija yra katalizatorius gerinant tiekimo grandinės efektyvumą ir puoselėjant stipresnius ryšius tarp tiekimo grandinės partnerių (Ferne, 2009). Efektyviam transportavimo funkcijos valdymui, reikalinga tiksli einamoji informacija (Palšaitis, 2011). Vienas iš pagrindinių iššūkių šiuolaikinei logistikai yra maksimalus informacinių srautų judėjimo koordinavimas (Waters, 2010). Reikalinga informacija turi būti suprantama vartotojui, be klaidų, konkreti ir tinkama sprendimui priimti, patikrinama, gaunama optimaliomis išlaidomis ir reikiamu laiku (Corbett *et al* 2012). Šiandieniniame transporto versle pažymėtini technologiniai įmonių veiklos organizavimo aspektai, modernios informacijos perdavimo priemonės, kurių dėka taupomi laiko bei finansiniai resursai ir optimizuojamos atliekamos operacijos (Coleman; Levine, 2008).

Problema. Mokslinėje literatūroje akcentuojama informacinių srautų reikšmė transportavimo procese, tačiau neiširta, per kokius veiksnius informacinių srautų judėjimas veikia transporto paslaugų efektyvumą.

Straipsnio objektas – informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių įtaka transporto paslaugų efektyvumui.

Straipsnio tikslas – ištirti, per kokius veiksnius informacinių srautų judėjimas veikia transporto paslaugų efektyvumą.

Uždaviniai:

1. Apibrėžti transporto paslaugų efektyvumo sampratą, informacinių srautų judėjimo kontekste.
2. Identifikuoti transporto paslaugų efektyvumą nulemiančius veiksniai, per informacinių srautų judėjimo prizmę.
3. Atlikti identifikuotų veiksnių reikšmingumo įvertinimą.

Metodai. Mokslinės literatūros analizė: naudojamas analitinis, sisteminis, apibendrinamasis – aprašomasis metodas, ekspertinis vertinimas.

Transporto paslaugų efektyvumo samprata informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių kontekste

Transporto paslaugas galima pabrėžti kaip transportavimą. Transportavimas yra logistinės sistemos dalis, kur turi būti sukurtas efektyvus vadovavimas, jei įmonė nori patenkinti klientų poreikius ir gauti planuojamąjį pelną. Efektyvus ir veiksmingas šių klausimų sprendimas lemia transportavimo paslaugas teikiančių vežėjų ir krovinių siuntėjų, kurie naudojami jų paslaugomis, sėkmę (Palšaitis, 2011).

Transporto paslaugų efektyvumas nėra plačiai išanalizuotas mokslininkų. Bendrąjį paslaugų efektyvumą analizavo A. Žvirblis (2007) išskirdamas ir transporto paslaugų grupę. Paslaugai turėtų būti išskirta nagrinėjama atitinkama jos kokybę lemiančių veiksnių sistema (Žvirblis, 2007). Manoma, kad

kiekvienai paslaugų grupei įvertinti, reikia išskirti tam tikrus efektyvumą nulemiančius veiksnius. Sistema turėtų būti formuojama iš paslaugoms būdingų veiksnių visumos, daugiausiai apimančios paslaugos turinį, individualumą, suteikimo laiką, patikimumą, papildomų paslaugų suteikimo galimybę bei kitus specifinius veiksnius (Žvirblis, 2007).

Konkurencija vežėjus verčia sukurti visą paslaugų paketą, kuriame atsiranda pridėtinė vertė už greitį, užsakymo ciklo stabilumą ir kitas logistines paslaugas (Palšaitis, 2006). Siekiant užtikrinti aukštą darbo kokybę siuntėjų ir vežėjų veiksmai turi būti labai koordinuoti. Šių įmonių bendradarbiavimas yra besąlygiškai paremtas komunikacija įvairiomis priemonėmis. Skirtingos įmonės naudoja skirtingas komunikacijos priemones, kurios nulemia bendravimo kokybę bei efektyvumą.

Greičiau gaudamas tikslią informaciją bet kuris transporto grandinės dalyvis gali gerinti planavimo procesą, o informacija, gaunama laiku, padeda operatyviam sprendimų priėmimui. Galimybė palaikyti operatyvius ryšius tarp transporto grandinės dalyvių leidžia gauti greitesnę ir patikimesnę planavimui reikalingą informaciją ir visas transportavimo procesas vyksta efektyviau (Palšaitis, 2006).

Logistikos globalizacija reikalauja, kad svarbūs verslo dokumentai būtų persiunčiami kuo greičiau. Šiuo metu siuntėjas ir klientas nori gauti informaciją ne tik apie krovinio pakrovimą ir išsiuntimą, bet ir jo būseną transportavimo procese, kad būtų galima sužinoti apie galimus vėlavimus ir pakoreguoti priimamus užsakymus. Derinant palydovinį ir elektroninį duomenų perdavimo būdus galima tinkamai stebėti vežimo eigą įvairių rūšių transporte.

Kiekvienos įmonės tikslas – efektyviau naudoti išteklius, patenkinti vartotojų poreikius ir siekti pelno. Siekiant vis didesnio įmonės pelningumo ir konkurencingumo daug dėmesio turi būti skiriama įmonės teikiamų paslaugų vartotojams (Sprogytė; Zinkevičiūtė, 2014). Galimybė artimai bendrauti siuntėjui, vežėjui, sandėliuotojui ir pirkėjui yra sėkmingo verslo pagrindas. Galimybė panaudoti naujas technologijas gerina ne tik transporto paslaugų efektyvumą bet ir logistikos aptarnavimą. Tiek transporto grandinės, tiek logistikos kanalo dalyviai, taikantys modernias informacines technologijas, turi pranašumą prieš kitus šios rinkos dalyvius. Informacinių srautų judėjimą galima apibrėžti kaip vieną iš transporto paslaugų efektyvumą nulemiančių rodiklių.

Transporto paslaugų efektyvumą įtakojantys veiksniai, per informacinių srautų judėjimo prizmę

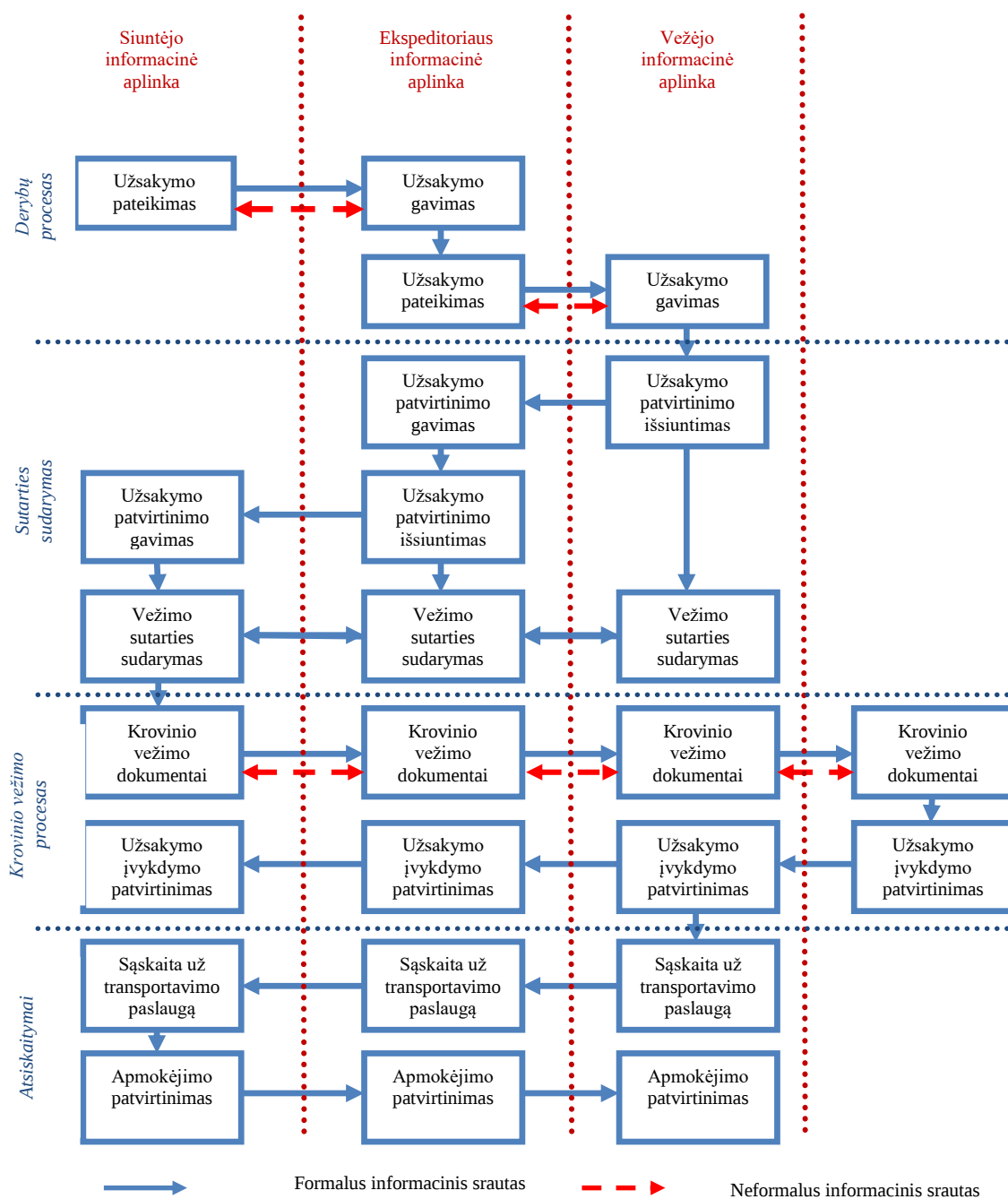
Analizuojant transportavimo procesą informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių kontekste tikslinga jį suskaidyti į keturis etapus: derybų dėl kainos etapas, krovinio vežimo sutarties sudarymo etapas, krovinio vežimo etapas, atsiskaitymų už krovinio vežimo paslaugą etapas.

Transportavimo proceso metu susidarantys informacinius srautus galima suskirstyti į du tipus: formalųjį ir neformalųjį (1 pav.). Formalųjį informacinį srautą galima apibrėžti kaip tam tikromis standartizuotomis formomis, dokumentais paremtą informacinį srautą t.y. užsakymo pateikimas standartine forma, krovinio vežimo sutarties forma, krovinio vežimo dokumentų formos, sąskaitos forma, apmokėjimo patvirtinimo forma. Šio tipo informaciniai srautai dažniausiai juda el. paštu, internetine telefonija, specializuotomis įmonių informacinėmis sistemomis. Formalus informacinis srautas būdingas visiems vežimo proceso etapams.

Neformalųjį informacinį srautą galima apibūdinti kaip transportavimo proceso kontrolei ir valdymui reikalingos informacijos judėjimą t.y. derybos dėl kainų bei sąlygų, užsakymo būklės informacija, informacija apie transporto priemonės judėjimą į pakrovimo vietą, informacija apie transporto priemonės judėjimą su krovinio, informacija apie transporto priemonės atvykimą į paskirties vietą, informacija apie krovinio perdavimo gavėjui faktą. Šio tipo informaciniai srautai dažniausiai juda telefonu, internetine telefonija, specializuotomis įmonių informacinėmis sistemomis. Neformalus informacinis srautas būdingas derybų ir krovinio vežimo procesų etapuose. Visai šiai informacijai vertinti labai svarbiu kriterijumi tampa savalaikiškumas, kitaip tariant ji turi būti prieinama realiuoju laiku. Siekiant sėkmingai organizuoti, kontroliuoti ir valdyti krovinio vežimo procesą būtina valdyti realiojo laiko informaciją.

Analizuojant esamą informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių modelį (1 pav.) galima pastebėti, kad transporto grandinės aplinkoje kiekvienas grandinės dalyvis turi individualią informacinę aplinką, kurią sudaro įvairios informacinės sistemos. Pagrindinė problema kylanti komunikuojant transporto grandinės dalyviams informacinių sistemų suderinamumo bei integracijos nebuvimas. Ši problema iškyla dėl to, kad transporto grandinės dalyviai komunikuoja įvairiomis priemonėmis: telefonu, el. paštu, internetine telefonija, elektroninių transporto paslaugų pirkimo ir pardavimo platformų erdvėje. Integracijos nebuvimas iškelia informacijos kokybės problemas. Aktualios informacijos judėjimas, keičiantis ja skirtingiems transporto grandinės dalyviams, be to naudojant skirtingas komunikacijos priemones, didina klaidų tikimybę ir nesuteikia prieigos prie realiojo laiko informacijos.

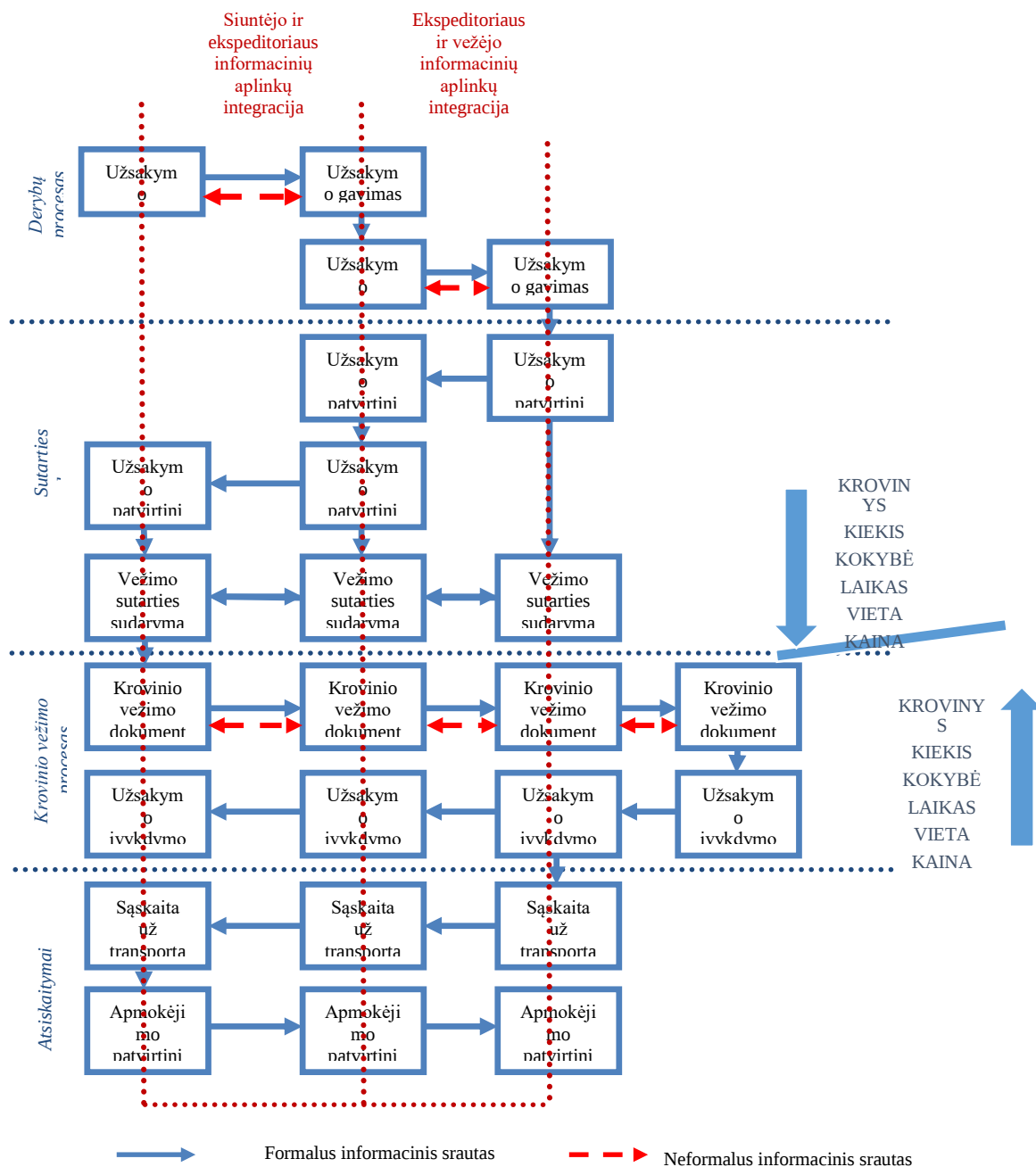
Transporto grandinės dalyvių informacinių sistemų integracija sudarytų sąlygas efektyvesniam informacinių srautų judėjimui, kuris per tam tikrus veiksnius prisidėtų prie transporto paslaugų efektyvumo gerinimo.



Esamas modelis

1 pav. Informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių modeliai

Šaltinis: Sudaryta autoriaus



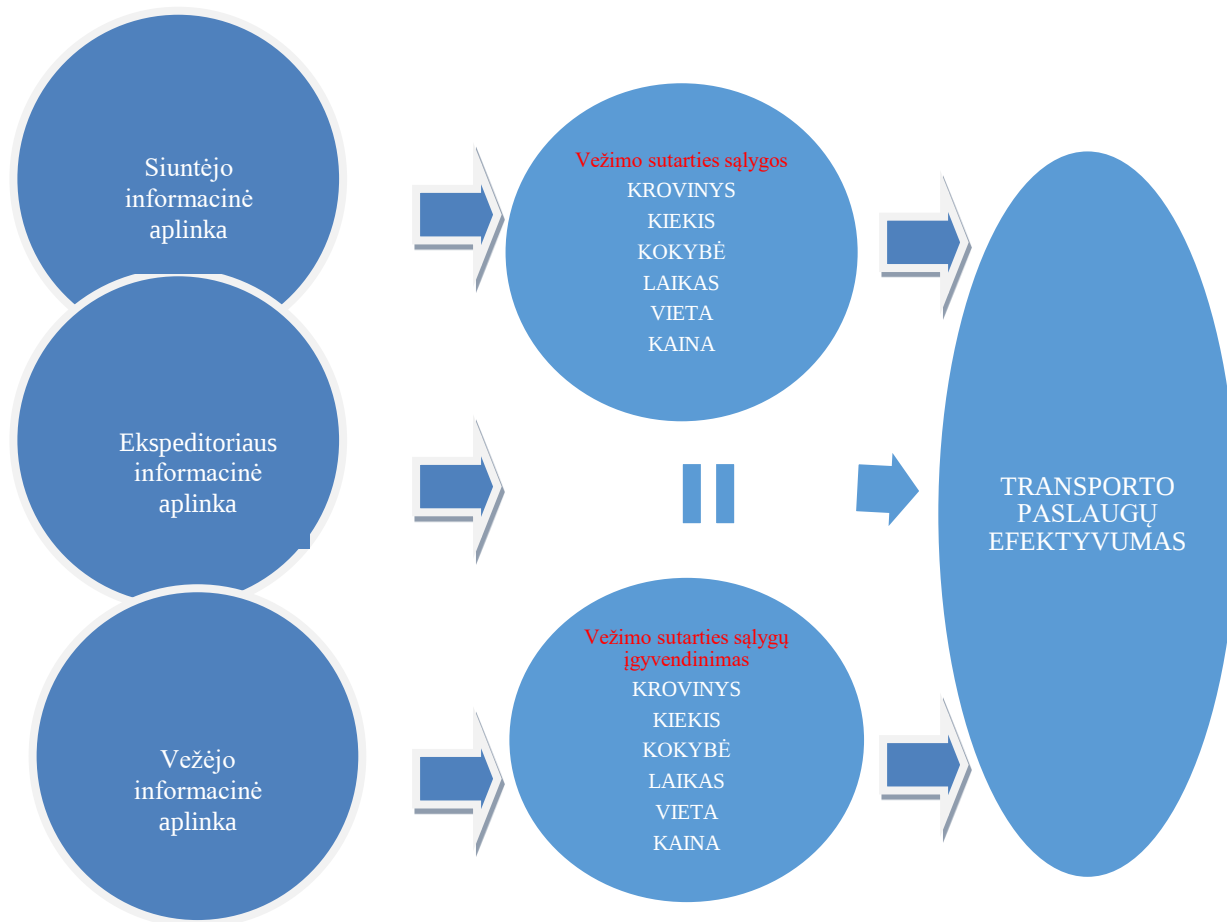
Siūlomas modelis

1 pav. Informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių modeliai

Šaltinis: Sudaryta autoriaus

Išanalizavus dabartinio informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių modelio problematiką siūlomas naujas modelis (1 pav.). Pagrindinė siūlomo modelio idėja yra tam tikrų transporto grandinės dalyvių informacinių aplinkų integracija, kuri būtų paremta formalių ir neformalių informacinių srautų judėjimu vienoje integruotoje aplinkoje. Šia integracija būtų realizuojama prieiga prie formalios ir neformalios informacijos naudojantis viena sistema. Pateiktame modelyje būtų dvi integruotos informacinės aplinkos: siuntėjo ir ekspeditoriaus bei ekspeditoriaus ir vežėjo. Siuntėjas su ekspeditoriumi savo integruotoje aplinkoje keistųsi jiems aktualia informacija, o ekspeditorius su vežėju savo integruotoje informacinėje aplinkoje keistųsi tik jiems aktualia informacija. Ekspeditoriaus ir vežėjo informacinių aplinkų integracija padėtų keistis ne tik formalia informacija, bet ir suteiktų prieigą prie realiojo laiko informacijos. Tuo tarpu siuntėjas tiesiogiai neturėtų prieigos prie vežėjo ekspeditoriui teikiamos informacijos, tačiau galėtų stebėti savo krovinio vežimo organizavimą realiu laiku, per integraciją su ekspeditoriaus informacine aplinka. Tai išlaikytų konfidencialumą tarp verslo partnerių, tačiau kartu ir suteiktų prieigą prie kiekvienam aktualios informacijos.

Siūlomame modelyje akcentuojama ne tik transporto grandinės dalyvių informacinių srautų integracija, kuri padidina informacinių srautų judėjimo efektyvumą, bet ir pateikiami veiksniai, per kuriuos informacinių srautų judėjimas veikia transporto paslaugų efektyvumą. Modelyje išskiriami šie transporto paslaugų efektyvumą informacinių srautų judėjimo kontekste nulemiantys veiksniai: krovinys, kiekis, kokybė, laikas, vieta, kaina (2 pav.).



2 pav. Informacinių srautų judėjimo įtakos transporto paslaugų efektyvumui schema

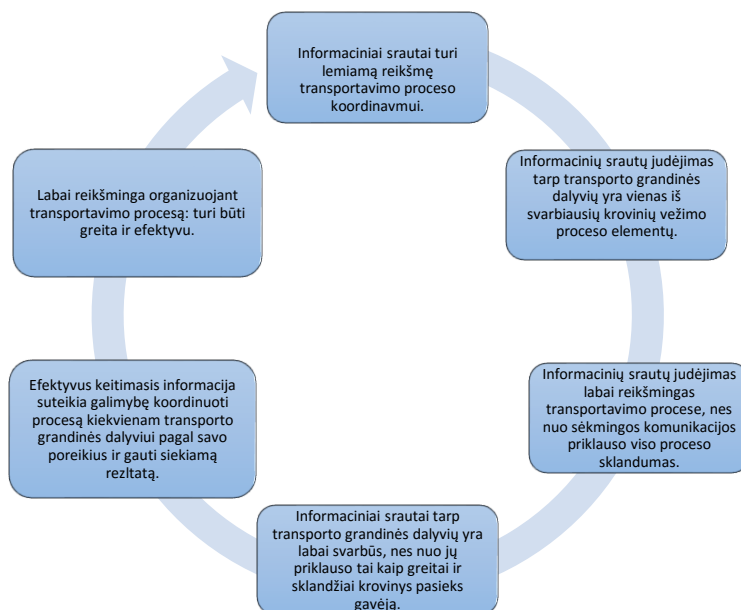
Šaltinis: Sudaryta autoriaus

Visi įvardinti veiksniai pirmiausiai aptariami derybų metu, o vėliau įforminami krovinio vežimo sutartimi. Derybų proceso ir krovinio vežimo sutarties etapų kontekste analizuojami veiksniai įgauna krovinio vežimo sąlygų prasmę. Krovinio vežimo proceso etape šios sąlygos gali būti įgyvendinamos pilnai arba dalinai, o nuo informacinių srautų judėjimo efektyvumo labai priklauso, kaip kiekviena sąlyga bus įgyvendinta. Galima teigti, kad krovinio vežimo sutartyje numatytų sąlygų (veiksnių) įvykdymas krovinio vežimo proceso metu apibrėžia transporto paslaugų efektyvumo lygį. Informacinio srauto kokybės problemos įtakoja kiekvieną iš pateiktų veiksnių: nuo tinkamo krovinio įvardijimo, jo kokybės išsaugojimo, kiekio atitikties iki pristatymo laiku, į reikiamą vietą ir už sutartą kainą.

Transporto paslaugų efektyvumą lemiančių veiksnių reikšmingumo įvertinimas, informacinių srautų judėjimo kontekste

Siekiant įvertinti informacinių srautų judėjimo įtaką transporto paslaugų efektyvumui, buvo atliktas ekspertinis vertinimas. Ekspertai parinkti įvertinus jų atstovaujamą poziciją transporto grandinėje. Siekiant visapusiškai įvertinti informacinių srautų judėjimo įtaką transporto paslaugų efektyvumui į ekspertų sąrašą įtraukti ne tik įmonių vadovai, ilgą patirtį transporto srityje turintys vadybininkai, bet ir mokslo atstovai. Atliekant tyrimą buvo apklausti šeši ekspertai, jų patirtis logistikos srityje svyravo nuo 8 iki 27 metų.

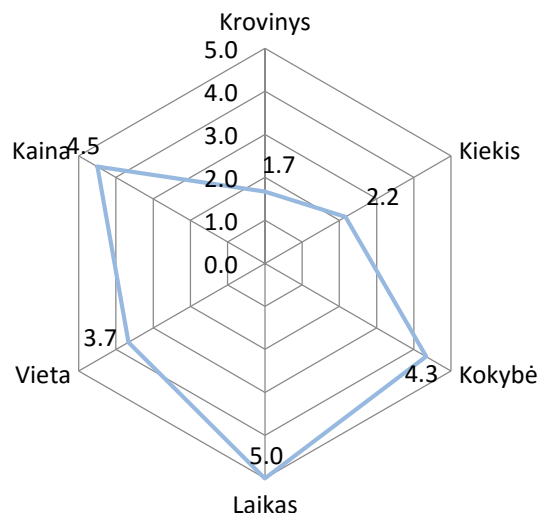
Ekspertinio vertinimo anketoje pirmiausia ekspertų buvo paprašyta įvertinti informacinių srautų judėjimo svarbą tarp transporto grandinės dalyvių. 3 paveiksle pateikiami ekspertų atsakymai.



3 pav. Informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių reikšmės vertinimas
Šaltinis: Sudaryta autoriaus

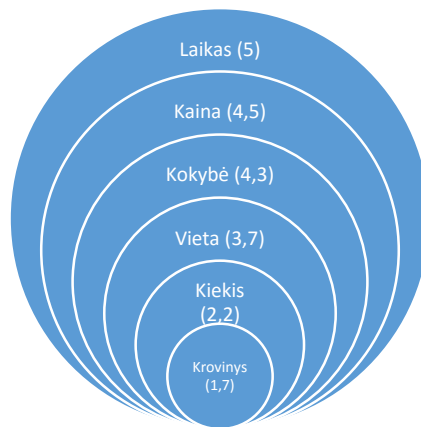
Analizuojant atsakymus pastebima aiški ekspertų pozicija - vienareikšmiškai pabrėžiama, kad informacinių srautų judėjimas yra labai svarbus, reikšmingas, taip pat parodoma, kad šio proceso reikšmė yra lemiamą. Ekspertai informacinių srautų judėjimo tarp transporto grandinės dalyvių reikšmę aiškina per įtaką krovinių vežimo proceso organizavimui ir koordinavimui. Be to pabrėžiamas informacinių srautų judėjimo greitis bei efektyvumas siekiant kiekvieno transporto grandinės dalyvio tikslų.

Siekiant išsiaiškinti informacinių srautų judėjimo įtakos stiprumą kiekvienam transporto paslaugų efektyvumą nulemiančiam veiksniai buvo parašyta ekspertų įvertinti transporto paslaugų efektyvumą lemiančius veiksniai 5 balų skalėje, pagal tai, kaip stipriai juos veikia informacinių srautų judėjimo efektyvumas (1 – silpnai veikia, 5 – stipriai veikia). 4 paveiksle pateikiamas informacinių srautų judėjimo poveikio transporto paslaugų efektyvumą nulemiantiems veiksniams įvertinimas.



4 pav. Informacinių srautų judėjimo poveikio transporto paslaugų efektyvumą nulemiantiems veiksniams įvertinimas
Šaltinis: Sudaryta autoriaus

Ekspertų atsakymai pasiskirstė labai įvairiai, dėl to siekiant suformuoti bendrą požiūrį bei išryškinti kiekvieno veiksnio reikšmingumą apskaičiuotos surinktų balų vidutinės reikšmės. Jos parodo ekspertų požiūrį į tai, kaip stipriai kiekvieną jų veikia informacinių srautų judėjimo efektyvumas (5 pav.).



5 pav. Transporto paslaugų efektyvumą lemiantys veiksniai, per informacinių srautų judėjimo prizmę
Šaltinis: Sudaryta autoriaus

Galima teigti, kad visi pateikti veiksniai yra veikiami informacinių srautų judėjimo, tačiau vienus jų veikia stipriau, kitus silpniau. Įvertinus ekspertų nuomones, galima teigti, kad labiausiai informacinių srautų judėjimo efektyvumas veikia pristatymo laiką (vidutinė reikšmė yra maksimali - 5), kainą (vidutinė reikšmė - 4,5), krovinio kokybę (vidutinė reikšmė - 4,3), pristatymo vietą (vidutinė reikšmė - 3,7), o silpniau - krovinio kiekį (vidutinė reikšmė - 2,2), bei patį krovinį (vidutinė reikšmė - 1,7).

Išvados

1. Transporto paslaugų efektyvumą galima apibrėžti, kaip transporto paslaugų kokybę, kurią galima įvertinti per specifinius ją nulemiančius veiksniai.
2. Transporto paslaugų efektyvumą nulemiantys veiksniai, per informacinių srautų judėjimo prizmę yra: krovinys, kiekis, kokybė, laikas, vieta, kaina.
3. Įvertinus transporto paslaugų efektyvumą nulemiančių veiksnių reikšmingumą, per informacinių srautų poveikio stiprumą, juos galima pateikti reikšmingumo mažėjimo tvarka: laikas, kaina, kokybė, vieta, kiekis, krovinys.

Literatūra

1. Atkočiūnienė, Z. 2006. Informacijų ir žinių vadyba informacijos ir komunikacijos mokslų sistemoje. *Informacijos mokslai*, 37: 22-29. [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 lapkričio 20 d.]. Prieiga per internetą: http://www.leidykla.eu/fileadmin/Informacijos_mokslai/37/22-29.pdf
2. Coleman, D.; Levine, St. 2008. Collaboration 2.0: *Technology and Best Practices for Successful Collaboration in a Web 2.0 World*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. lapkričio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.happyabout.com/collaboration2.0.php>
3. Corbett, C. J., Blackburn, J. D., Van Wassenhove, L. N. 2012. Partnerships to improve supply chains. *Sloan Management*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. lapkričio 18d.]. Prieiga per internetą: <http://sloanreview.mit.edu/article/partnerships-to-improve-supply-chains/>
4. Fernie, J. 2009. Relationships in the supply chain. *Logistics and retail management: Emerging issues and new challenges in the retail supply chain*, London: Kogan Page, 38-62.
5. Palšaitis, R. 2006. Logistinių paslaugų plėtojimo kryptys. *Transporto vadybos problemos Lietuvoje. Mokslinės konferencijos medžiaga*, ISBN 9955-423-57-9: 12-23.
6. Palšaitis, R. 2011. *Tarptautinio verslo transportinis logistinis aptarnavimas*. Vilnius: Technika. 288 p.
7. Perego, A., Perotti, S., Mangiaracina, R. 2011. ICT for logistics and freight transportation: a literature review and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(5): 457-483. [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gruodžio 2 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1930890&show=abstract>
8. Sprogytė, I., Zinkevičiūtė, V. 2014. Transporto įmonės kokybės vadybos sistemos projektavimas, įvertinant vartotojų poreikius. *Science: Future of Lithuania* 6.1
9. Žvirblis, A. 2007. Paslaugų bendrojo vertingumo ir jų konkurencingumo vertinimo principai. *Verslas: teorija ir praktika* 2: 82-86.
10. Waters, D. 2010. *Global logistics: New directions in supply chain management*. Kogan Page Publishers.

RESEARCH OF INFLUENTS OF INFORMATION FLOWS BETWEEN TRANSPORT CHAIN PARTS ON TRANSPORTATION EFFICIENCY

Summary

The flow of information is very important in the transportation process, because only at the right time received the required information, can lead to the right decisions to transportation process of management solutions. Effective and timely flow of information between the transporter chains improves the efficiency of transport services. This article analyses the information flows between the transport chain members and how it influences the efficiency of the transport services, purifying the factors that determine it.

Keywords: information flows, transportation efficiency, transport efficiency determining factors.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Sigita Tautkevičienė.

Darbo vieta ir pozicija: Šiaulių valstybinės kolegijos, verslo ir technologijų fakulteto transporto inžinerijos katedros asistentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto logistikos technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 673 31593, s.tautkeviciene@svako.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Sigita Tautkevičienė.

Workplace and position: Siauliai state college, Business and technology faculty of Transport engineering department assistant.

Author's research interests: Transport logistics technology

Telephone and e-mail address: +370 673 31593, s.tautkeviciene@svako.lt

AUKŠTOSIOS ĮTAMPOS ELEKTROS MAŠINŲ IZOLIACIJOS DIAGNOSTIKA

Gediminas Daukšys^{1,2}

¹Kauno technikos kolegija, ²Kauno technologijos universitetas

Anotacija

Svarbiausias veiksnys, užtikrinantis kokybišką ir patikimą elektros įrenginių darbą, yra įrenginių izoliacijos būklė. Aukštosios įtampos elektros mašinų techninė priežiūra ir remonto darbai yra atliekami periodinių planinių remontų metu nustatytu periodiškumu. Eksploatuojant elektros mašinas, toks būdas ne visuomet yra optimalus, nes izoliacijos būklė gali keistis labai įvairiai. Todėl aktualu sukurti veikiančių aukštosios įtampos elektros mašinų izoliacijos būklės nustatymo metodiką, kuri vertintų vidinius elektros tinklo parametrus (viršįtampius) ir izoliacijos įšilimą. Šiame darbe išanalizuota, apibendrinta ir pateikta metodika leidžia įvertinti aukštosios įtampos elektros mašinų izoliacijoje susidarančių dalinių išlydžių charakteristikas ir diagnozuoti izoliacijos būklę.

Reikšminiai žodžiai: daliniai išlydžiai, aukštoji įtampa, viršįtampiai, kietoji izoliacija.

Įvadas

Esant patikimam elektros tinklo elementų darbui, ekonomiškai ir kokybiškai veikia elektros energetikos sistema. Tinkama įrenginių eksploatacija ir laiku atliekami remontai daugiausiai lemia patikimą elektros įrenginių darbą. Elektros sistemoje susidaro įvairūs neigiami veiksniai – viršįtampiai, daliniai išlydžiai (DI) ir kt. (Yaacob ir kt., 2014). Jie lemia aukštosios įtampos (AI) elektros įrenginių izoliacijos būklę ir darbo trukmę. Šie veiksniai veikia ir AI elektros mašinas, eksploatuojamas įmonėse bei elektrinėse. Juose dėl stipraus elektrinio lauko, viršįtampių, išlydžių, drėgmės, šiluminio poveikio, oksidacijos, vibracijos, senėjimo procesų ir kitų veiksmų atsiranda įvairių defektų (Chatterjee, Dey ir Chakravorti, 2011; Farahani ir kt., 2004). Izoliacijos būklei ir defektų atsiradimui didžiausią įtaką turi viršįtampiai, įšilimas ir dėl jų poveikio atsirandantys DI. Viršįtampių amplitudės ir trukmės elektros sistemoje būna įvairios. Elektros mašinų darbo temperatūra ir viršįtampiai labiausiai didina dalinių išlydžių lygį ir greitina elektros šių įrenginių izoliacijos senėjimo procesus (Jiancheng, Jingyu ir Bingni, 2011). Eksploatuojant elektros mašinas, jos periodiškai stabdomos ir remontuojamos. Toks būdas ne visuomet yra optimalus, nes izoliacijos būklė gali keistis labai įvairiai. Esminis tokios eksploatacijos sistemos optimizavimo būdas – elektros mašinas remontuoti pagal realią įrenginių izoliacijos būklę. Tokios sistemos, kai mašinų izoliacijos būklė tiriama neatjungiant darbinės įtampos, yra labai perspektyvios (Warren, 2013). Stebint ir analizuojant AI elektros mašinų izoliacijos temperatūrą bei darbinę įtampą, galima nustatyti vidinės izoliacijos bei kitų mazgų techninę būklę ir įvertinti avarijos rizikos laipsnį.

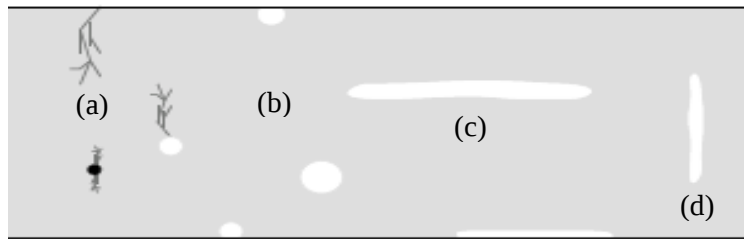
Darbo tikslas: įvertinti AI elektros mašinų izoliacijos būklę esant skirtingai izoliaciją veikiančiai įtampai ir izoliacijos įšilimui.

Daliniai išlydžiai, jų klasifikavimas ir apvijų struktūra

Eksploatuojant elektros įrenginius, jų izoliaciją nuolat veikia įvairios trukmės viršįtampiai ir viršsrovės. Viršįtampiai gali būti trumpalaikiai (žaibo išlydžio sukelti) ar greitai gęstantys (komutaciniai) (Gudžius ir kt., 2005). Visi jie tiesiogiai veikia izoliaciją, didina dalinių išlydžių lygį, izoliacijos defektus ir pan. Aukštosios įtampos mašinų izoliaciją veikia ir įvairūs darbiniai procesai: vibracija, aukšta temperatūra, šildymo ir šaldymo ciklai, darbinė įtampa, pastovios ir dinaminės apkrovos (Chatterjee, ir kt., 2011; Farahani ir kt., 2004). Aplinkos veiksmų poveikis (drėgmė, cheminės medžiagos, įvairių tipų radiacija, dulkėta aplinka) taip pat turi įtakos izoliacijos nusidėvėjimui. Izoliacijos darbo, laikas priklauso nuo šiluminio, mechaninio ir elektrinio poveikio bei intensyvumo.

Daliniais išlydžiais vadinamas išlydžio vyksmas, vykstantis kietosios ar skystosios izoliacijos defektuose esant prijungtai įtampai. DI skiriasi nuo kitų elektrinių išlydžių savo pobūdžiu – tai unipoliarus procesas (Morkvėnas, Sučila, 2001). Unipoliarus išlydis – elektrinės iškrovos procesas, kurio vyksmo erdvėje nėra laisvųjų krūvių. DI gali atsirasti silpniausioje izoliacijos vietoje (sudrėkusioje, užterštoje priemaišomis ir pan.) ar stipriame elektriniame lauke, arti aštrių elektrodų kampų. Pavojingiausi DI atsiranda kietosios ar skystosios izoliacijos dujinėse mikroertmėse bei sluoksnių sandūrose ir įtrūkimuose (1.1 pav.), kuriuose iškrovos procesai atsiranda esant daug silpniesiems elektriniams laukams negu skystosios ar kietosios izoliacijos sveikojoje dalyje.

Galimi įvairios formos defektai, bet stipriausi DI vyksta, defektuose kurie yra ilgi ir lygiagretūs elektrinio lauko linijoms (1.1 pav. d). DI procesas būna intensyvesnis izoliacijoje prie įžeminto laidininko aštresnių kampų, bei defektams esant arčiau srovinių dalių.

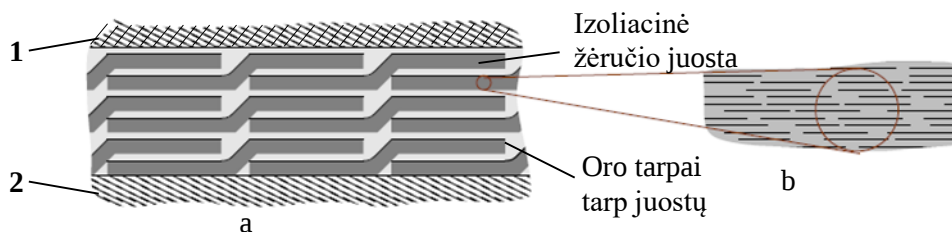


1.1 pav. Struktūriniai, įvairių formų, kietosios izoliacijos defektai. a - dendrito formos defektas, b – sferinis defektas, c – defektas statmenas elektrinio lauko jėgoms, d – defektas išilgai elektrinio lauko jėgų (Kreuger, 1989)

Pradiniai DI ($10 \div 100$ pC) yra mažai pavojingi įrenginių izoliacijos darbui, bet nuo pradinių dalinių išlydžių lygio priklauso izoliacijos senėjimo greitis. Leistas pradinių dalinių išlydžių krūvis yra iki 50 pC (kietai izoliacijai).

Kritinis dalinių išlydžių krūvis iki 1000 pC (priklausomai nuo medžiagos gali būti didesnis). Viršijus kritinį dalinių išlydžių krūvį, izoliacijoje prasideda intensyvūs dielektriko irimo procesai. Izoliaciją veikiantys DI, kurių krūvis yra nuo 1000 iki 10000 pC, per kelias dešimtis valandų gali žymiai apgadinti kietąją izoliacijos komponentą, palikdami jame degimo pėdsakus. Esant $10^6 \div 10^7$ pC dydžio dalinių išlydžių krūviui užsidega elektrinis lankas izoliacijoje. Tokios dalinių išlydžių krūvių reikšmės neleistinos nei bandant izoliaciją paaugštintąja įtampa, nei esant trumpalaikiams viršįtampiams.

Dažniausiai AĮ elektros mašinų statoriaus izoliacija yra sudaryta iš žėručio juostų (1.2 pav.). Žėručio gabalėliai juostos viduje (1.2 pav., b) sudaro užtvartą krūviui judėti aplinkos terpėje. Izoliacijos struktūra parodyta (1.2 pav., a), joje juostos suformuoja persidengiančius sluoksnius sudarydamos vientisą izoliaciją. Suformuota ant apvijos izoliacija suspaudžiama specialiu presu, todėl oro tarpų tarp juostų praktiškai nesigauna. Būdingas juostos plotis – apie 25 mm. Standžių sluoksnių medžiagos užpildas sąlygoja užtvartų eilės susidarymą medžiagoje. Dažniausiai tiriamas statmenas elektrinio lauko jėgų poveikis juostų paviršiui ar tuštumoms medžiagoje.

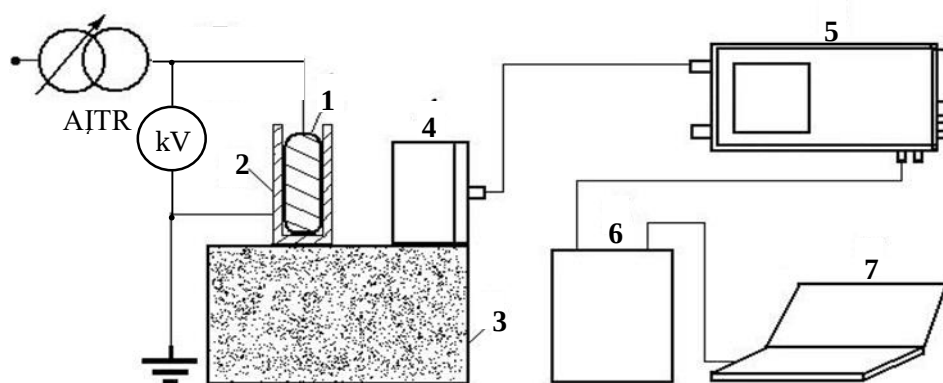


1.2 pav. Izoliacijos tarp apvijos ir statoriaus paaiškinamasis skerspjūvis (nesilaikant tikslaus mastelio). a - pusiau persidengiantys žėručio juostų sluoksniai; b - juostoje esantys maži žėručio gabalėliai, apsupti impregnuojančiąja terpe; 1 - apvija; 2 - statorius (Vogelsang ir kt., 2006)

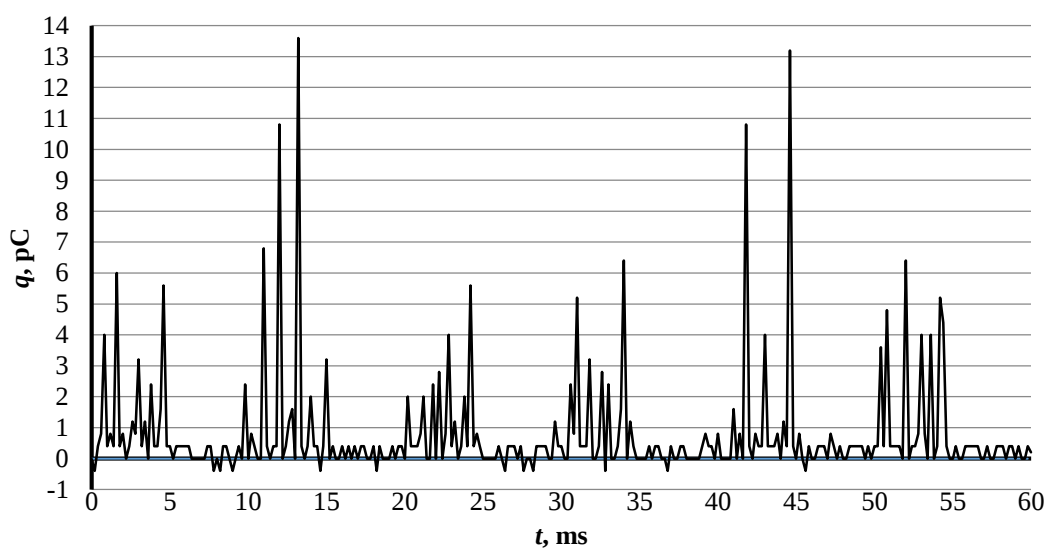
Dalinių išlydžių izoliacijoje eksperimentiniai tyrimai ir jų analizė

DI charakteristikų tyrimas atliktas pagal izoliacijos įšilimo temperatūrą ir izoliacijos poveikio įtampą.

Tyrimui buvo pasirinkta asinchroninio 6 kV, 315 kW elektros variklio statoriaus apvija. Ji buvo sumontuota modelyje, imituojančiame statoriaus magnetolaidį. Modelis buvo pagamintas iš 5 mm storio plieno. Imitacinis modelis prijungtas prie įžeminimo kontūro, o prie apvijos prijungiama atitinkama įtampa (6-16 kV). DI matavimai buvo atliekami elektromagnetiniu metodu. Izoliacijos įšilimas buvo keičiamas nuo 20 iki 60 °C, intervalo žingsnis 10 °C. DI buvo nustatyti naudojant jutiklį ir įrenginį LDP-5 (LEMKE differential probe). Prietaisas DI fiksuoja pagal objekto skleidžiamas elektromagnetines bangas. Eksperimentinę schema (2.1 pav.) sudaro aukštosios įtampos transformatorius, kilovoltmetras, statoriaus magnetolaidžio griovelio imitacinis modelis su variklio apvija, talpinis jutiklis, DI registruojantis prietaisas LDP-5, elektroninis osciloskopas „Fluke“ 199C Scopemeter Color ir nešiojamasis kompiuteris. Tikslesniam DI fiksavimui vienas periodas buvo padalytas į keturias dalis ir pasirinktas 5 ms matavimo žingsnis. Duomenys, kai $U_p = 6$ kV, $t_{izol} = 30$ °C, imami iš eksperimento metu gautų kreivių (2.2 pav.).

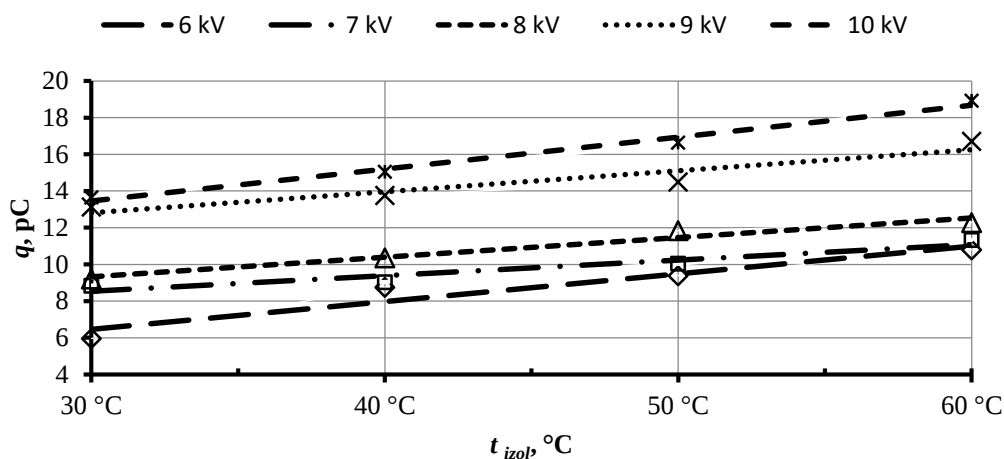


2.1 pav. Eksperimentinio stendo DI izoliacijoje tirti funkcinė schema: 1 – 6 kV, 315 kW elektros variklio apvija; 2 – statoriaus magnetolaidžio griovelio imitacinis modelis; 3 – izoliacinė medžiaga; 4 – talpinis jutiklis; 5 – įrenginys LDP-5; 6 – elektroninis osciloskopas; 7 – nešiojamasis kompiuteris; AĮTR – aukštosios įtampos transformatorius; kV – kilovoltmetras



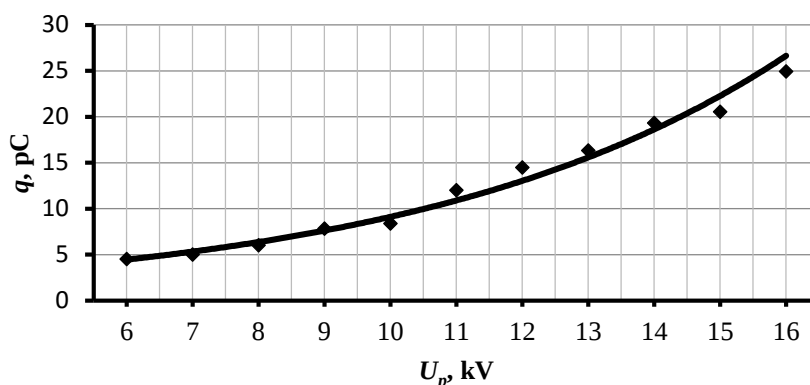
2.2 pav. DI priklausomybės nuo laiko, pirmo eksperimento duomenys, kai $t_{izol} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Eksperimento metu gauta DI krūvio priklausomybė nuo izoliacijos išilimo pateikiama 2.3 pav.



2.3 pav. DI priklausomybė nuo izoliacijos išilimo

Tiriant įtampos poveikį DI charakteristikoms, eksperimento metu įtampa keliama kas 1 kV. Įtampos kėlimo diapazonas 6 ÷ 16 kV. Variklio apvija sumontuota imitaciniame magnetolaidžio griovelyje, izoliacijos temperatūra 18 °C. Tyrimo rezultatai pateikiami 2.4 pav.



2.4 pav. DI priklausomybė nuo izoliacijos poveikio įtampos

Nustatysime kokią įtaką dalinių išlydžių kitimui turi įtampa veikianti izoliaciją. Rasime absoliutinį krūvio pokytį įtampai padidėjus nuo reikšmės i iki j kV:

$$\Delta_{i-j} = q_i - q_j; \quad (2.1)$$

čia Δ_{i-j} – Vidutinis absoliutinis dalinių išlydžių krūvio reikšmės padidėjimas tarp i ir j reikšmių
Santykinis procentinis pokytis:

$$\delta_{i-j} = \frac{\Delta_{i-j}}{q_j} \cdot 100\%; \quad (2.2)$$

čia δ_{i-j} – procentinis reikšmės padidėjimas tarp i ir j reikšmių

Nustatyta, kad izoliacijos poveikio įtampai padidėjus 1 kV vidutinis absoliutinis ir santykinis krūvio padidėjimas yra:

$$\Delta_{i-j \text{ vid}} = 2,04 \text{ pC}; \quad \delta_{i-j \text{ vid}} = 15,35 \text{ \%}.$$

Nustatysime kokią įtaką dalinių išlydžių kitimui turi izoliacijos įšilimas. Analizę atliksime, kai $U_p = \text{const}$, temperatūros intervale $t_{\text{izol}} = 20 \div 60 \text{ }^\circ\text{C}$. Intervalo žingsnį pasirinksimė 10 $^\circ\text{C}$, temperatūrų intervalą $t_{\text{izol}} = 20 \div 60 \text{ }^\circ\text{C}$ suskaidydami į 4 vienodas atkarpas. Nustatysime kiek kiekvienoje atkarpoje santykinai padidėja DI krūvis kylant izoliacijos temperatūrai.

Absoliutinis krūvio padidėjimas kai izoliacijos poveikio įtampa 6 kV, o izoliacijos įšilimo intervalas $t_{\text{izol}} = 20 \div 30 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\Delta_{6\text{kV } 30-20^\circ\text{C}} = q_{6\text{kV } 30^\circ\text{C}} - q_{6\text{kV } 20^\circ\text{C}} = 1,43 \text{ pC}.$$

Santykinis procentinis pokytis:

$$\delta_{6\text{kV } 30-20} = \frac{\Delta_{6\text{kV } 30-20}}{q_{30^\circ\text{C}}} = 23,95\%.$$

Analizės rezultatai kaip kinta vidutinis DI krūvio pokytis kai izoliacijos poveikio įtampa pastovi, o izoliacijos įšilimas keičiasi ribose 20 ÷ 60 $^\circ\text{C}$ pateiktas 1 lent.

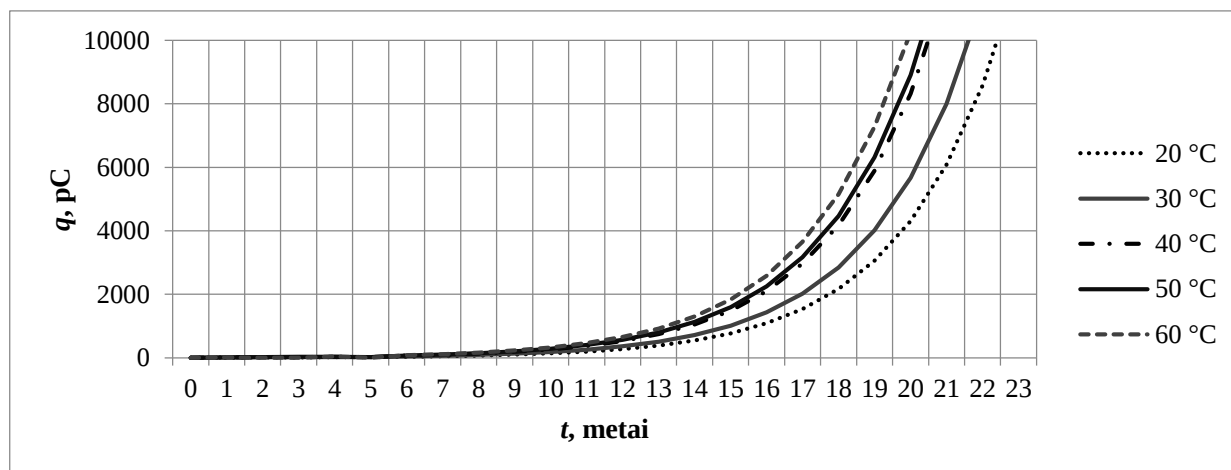
1 lentelė

DI krūvio pokyčio kintant temperatūrai analizės rezultatai

	Temperatūrų intervalas, $^\circ\text{C}$				Pokyčių vidurkis
	20 ÷ 30	30 ÷ 40	40 ÷ 50	50 ÷ 60	
Δ_{i-j} , pC	3,79	0,974	0,786	1,174	1,68
δ_{i-j} , %	36,028	10,082	6,944	8,81	15,47

Matyti, kad DI krūvio procentiniam didėjimui vienodą įtaką turi įtampa ir izoliacijos įšilimas (apie 15,4 %), kai izoliacijos poveikio įtampa didėja kas 1 kV, o įšilimas kas 10 °C. Tačiau DI krūvis didėjant įtampai 1 kV tampa 40 % didesnis nei didėjant temperatūrai 10 °C. DI krūvis, kai izoliacijos poveikio įtampa pakyla nuo 6 iki 16 kV padidėja iki 155 %. DI krūvis, kai izoliacijos įšilimas pakyla nuo 20 °C iki 60 °C padidėja iki 65 %.

Pagal Kreuger (1989: 153) DI krūvio padidėjimas per vieno mėnesio laikotarpį sudaro 2,91 %. Įvertinant izoliacijos įšilimą, elektros mašinai kurios $U_n = 6$ kV, nustatysime izoliacijos darbo resursą (2.5 pav.).



2.5 pav. Izoliacijos resursas, kai apvija teka nominali 6 kV įtampa, o izoliacijos temperatūra kinta nuo 20 °C iki 60 °C

Išvados

1. Eksperimentiniams DI charakteristikų parametrų nustatyti sudarytas eksperimentinis stendas, kuriame aukštosios įtampos variklio apvija sumontuota magnetolaidžio imitaciniame griovelyje. Panaudojant eksperimentinį stendą, ištirta DI krūvio priklausomybė nuo izoliacijos įšilimo 20 ÷ 60 °C temperatūros intervale ir nuo izoliaciją veikiančių $((1,2 \div 2,5) \cdot U_n)$ viršįtampių.

2. Įvertinus viršįtampių įtaką DI krūviui, nustatytas vidutinis 15,35 % krūvio pokytis viršįtampiui apvijoje padidėjus 1 kV.

3. Įvertinus izoliacijos įšilimo įtaką DI krūviui, nustatytas vidutinis 15,47 % krūvio pokytis temperatūrai apvijoje padidėjus 10 °C.

4. DI lygis ištirtas 6 kV elektros varikliui. Atsižvelgiant į eksperimentinius duomenis gautas 2,91 % DI krūvio padidėjimas per mėnesį ir nustatyta, kad nagrinėjamos elektros mašinos izoliacijos darbinis resursas pasieks nulinę vertę vidutiniškai po 20 metų ir 6 mėnesių.

Literatūra

1. YAACOB, M.M., et al. Review on Partial Discharge Detection Techniques Related to High Voltage Power Equipment using Different Sensors. *Photonic Sensors* [interaktyvus]. 2014, vol. 4(4), 325-337 [žiūrėta 2015-01-10]. Prieiga per doi: 10.1007/s13320-014-0146-7.
2. CHATTERJEE, B., D. DEY, S. CHAKRAVORTI. A Modular Approach for Teaching Partial Discharge Phenomenon Through Experiment. *IEEE Transactions on Education* [interaktyvus]. 2011, vol. 3(54), 410-415 [žiūrėta 2013-04-10]. ISSN 0018-9359. Prieiga per doi: 10.1109/TE.2010.2063432.
3. FARAHANI, M., H. BORSI, E. GOCKENBACH, M. KAUFHOLD. Investigations on characteristic parameters to evaluate the condition of the insulation system for high voltage rotating machines. *Electrical Insulation, 2004. Conference Record of the 2004 IEEE International Symposium*, 19-22 Sept. 2004. pp. 4-7. ISSN 1089-084X. Prieiga per doi: 10.1109/ELINSL.2004.1380418.
4. JIANCHENG, S., M. JINGYU, Q. BINGNI. Development of diagnosis system for HV motor insulation based on multi-parameter fusion. *Computer Science and Automation Engineering (CSAE), 2011 IEEE International Conference*, 10-12 June. 2011. vol. 2, pp. 168-174. ISBN 978-1-4244-8727-1. Prieiga per doi: 10.1109/CSAE.2011.5952447.
5. WARREN, V. Partial Discharge Testing on Air-Cooled Generators in Marine Environments. *Electrical Insulation Conference (EIC), 2013 IEEE*. 2013. pp. 323-328. ISSN 978-1-4673-4738-9. Prieiga per doi: 10.1109/EIC.2013.6554259.

6. GUDŽIUS, S., et al. Investigation of overvoltages influence to equipment insulation resource expenditure in insulated neutral network. *Overvoltages in Power, Electronic, Computer and Engineering: proceedings of the XV international conference on electromagnetic disturbances EMD'2005, Kaunas-Bialystok, September 21-23, 2005 / Kaunas University of Technology*. Kaunas: Technologija, 2005. pp. 169-172. ISSN 1822-3249.
7. MORKVĖNAS, A. and V. SUČILA. Įrenginių Izoliaciją Veikiančių Faktorių Savitarpio Ryšio Tyrimas / Alfonsas Morkvėnas, Vytautas Sučila = the Investigation of Equipment Insulation Factors Interrelation. *Energetikos Ir Elektrotechnikos Technologijos: Konferencijos Pranešimų Medžiaga*. 2001. ISSN 9986139465.
8. KREUGER, F.H. *Partial discharge detection in high-voltage equipment*. Great Britain: Butterworth & Co, 1989. ISBN 0-408-02063-6.
9. VOGELSANG, R., WEIERS, T., FRAHLICH, K., BRUTSH, R. Electrical breakdown in high-voltage winding insulations of different manufacturing qualities. *Electrical Insulation Magazine, IEEE* [interaktyvus]. 2006, vol. 3(22), 5-12 [žiūrėta 2015-06-20]. ISSN 0883-7554. Prieiga per doi: 10.1109/MEI.2006.1639024.

DIAGNOSTICS OF HIGH VOLTAGE ELECTRICAL MACHINERY INSULATION

Summary

The most important factor which ensures qualitative and economic work of all electrical energetics system is the insulation condition of electrical equipment in electrical energetics system. Reliable operation of electrical equipment depends on proper exploitation of the equipment and status monitoring, well-timed maintenance, factors influencing the equipment and their nature

Insulation condition and reliable working hours for the high voltage electrical equipment depend on the various factors in electrical energetics system: over-voltages, partial discharges, over-currents. Those factors also influence HV electric machines used in electric power stations and enterprises. The various faults are found in them because of strong electric field, over-voltages, discharges, thermal influence, moisture, oxidation, vibration, aging processes and other factors. Over-voltages rising of the temperature and partial discharges have the biggest influence on the insulation condition and showing of faults. Over-voltages' influence duration and amplitude may be various in the electrical energetics system. Over-voltages and operational temperature of the equipment are the main factors which accelerate the ageing processes of electric machines insulation.

In this paper, analysed, summarized and presented methodology allows to evaluate the insulation state of working high voltage electric machines and to optimally plan repair work of equipment insulation.

Keywords: partial discharges, higher voltage, over-voltage, solid insulation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Gediminas Daukšys.

Mokslo laipsnis ir vardas: Daktaras, lektorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Elektromechanikos fakulteto, Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Elektros ir elektronikos inžinerija (01T).

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 686 59120, gediminas.dauksys@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Gediminas Daukšys.

Science degree and name: Doctor, Lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Science, Electronics and electrical engineering study programs department lecturer.

Author's research interests: Electrical and Electronic Engineering (01T).

Telephone and e-mail address: +370 686 59120, gediminas.dauksys@edu.ktk.lt

ANALOGINIŲ IR SKAITMENINIŲ ELEKTRONINIŲ GRANDINIŲ REALIZAVIMO GALIMYBIŲ ANALIZĖ NAUDOJANT PROGRAMUOJAMAS SISTEMAS LUSTE

Marius Saunoris ^{1,2}

¹Kauno technikos kolegija, ²Kauno technologijos universitetas

Anotacija

Projektuojant įvairius elektroninius įtaisus ar prietaisus susiduriama su būtinybe naudoti tiek analoginius tiek skaitmeninius mikrograndynus. Jungiant juos kartu sudėtingėja tokių įtaisų ar prietaisų gamyba, didėja elektroninių plokščių gabaritai bei gaminio kaina. Paminėtų problemų sprendimui galima naudoti programuojamas sistemas luste. Programuojama sistema luste – tai vienas programuojamas mikrograndynas turintis savyje tiek analoginius įtaisus, tiek ir skaitmeninius įtaisus. Straipsnyje pateikiama tokių mikrograndynų apžvalga, jų galimybių realizuojant analogines ir skaitmenines elektronines grandines analizę, taikymo tendencijos.

Reikšminiai žodžiai: programuojama sistema luste, analoginiai ir skaitmeniniai elektronikos įtaisai

Įvadas

Elektroninių schemų projektuotojai susiduria su iššūkiais, kad elektroninės schemos tilptų į mažesnius gabaritus, vartotų kuo mažiau energijos, kainuotų kuo mažiau, būtų kuo lengviau perkonfigūruojamos / perprogramuojamos, būtų daugiafunkcinės. Prie sunkumų prisideda ir tai, kad elektroninės schemose „vienoje vietoje“ turi būti realizuotos ir analoginės, ir skaitmeninės dalys. Šių problemų sprendimui pradėti naudoti integruoti elektronikos įtaisai. Kadangi viskas sudedama į vieną korpusą, mažėja kaina, gabaritai, lengviau pasiekti mažesnį energijos suvartojimą, galima lengviau realizuoti elektroninės schemos perkonfigūravimą/perprogramavimą, daigiafunkciškumą. Aišku, tai įtakoja, kad tokie elektroniniai įtaisai tampa sudėtingi, jų gamybai reikalinga aukščiausio lygio infrastruktūra.

Straipsnyje nagrinėjama kaip panaudojus integruotus elektronikos įtaisus – programuojamos sistemos luste galima „vienoje vietoje“ realizuoti analogines ir skaitmenines elektroninių schemų dalis, analizuojamos jų galimybės, taikymo tendencijos bei aptariami tipinės elektroninės schemos, realizuotos naudojant programuojamą sistemą luste, galimybės bei kūrimo aspektai.

Tyrimo objektas – Analoginių ir skaitmeninių elektroninių schemų projektavimas naudojant programuojamas sistemas luste.

Tyrimo tikslas – Atlikti analoginių ir skaitmeninių schemų realizavimo naudojant programuojamas sistemas luste galimybių analizę.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti programuojamų sistemų lustuose apžvalgą.
2. Išsiaiškinti programuojamų sistemų lustuose galimybes realizuoti viename mikrograndyne tiek analoginius, tiek skaitmeninius elektronikos įtaisus.
3. Panaudojant programuojamą sistemą luste eksperimentiškai realizuoti tipinę elektroninę sistemą, turinčią savyje tiek analoginę, tiek skaitmeninę dalį.

Tyrimo metodai: turinio analizė, eksperimentinis tyrimas.

Programuojamų sistemų luste atsiradimas

1948 metais atradus tranzistorių ir pradėjus jį naudoti, elektroninės schemos buvo charakterizuojamos pagal jų panaudojimo skaičių. Laikui bėgant tranzistoriaus matmenys vis mažėjo. 1957 metais tranzistoriai ir kiti elektronikos įtaisai integruojami į vieną korpusą taip sukuriant mikrograndyną (*angl. integrated circuit*) [1]. Tranzistoriams vis mažėjant pasiekiamas ypač didelis integracijos laipsnis. Dabar viename korpuse sutalpinami milijonai tranzistorių.

1968 metais sukuriamos pirmosios įterptinės sistemos turinčios savyje tiek elektroninę dalį, tiek ir programinę įrangą. Tuo pačiu metu sukuriami specializuotos paskirties mikrograndynai ASIC (*angl. application specific integrated circuit*). Tai mikrograndynai turintys savyje tiek analoginę, tiek skaitmeninę dalį skirti tam tikroms funkcijoms atlikti. Tačiau jei funkcijos ar įtakojančios jas parametrai pasikeičia, reikalingas naujas ASIC kūrimas. Perprogramavimo/perkonfigūravimo problema pradėta spręsti 1982 metais firmai Xilinx išradus programuojamas logines matricas FPGA (*angl. field programmable gate array*). FPGA - tai lustas, kuriame suformuoti bendros paskirties loginiai elementai, kurie gali atlikti elementarias logines operacijas, tokias kaip ARBA, IR, NE ir kt. Šie elementai luste išdėstyti vieni greta kitų, taip suformuodami dvimatę matricą [2]. Sujungiant šiuos elementus tam tikra tvarka suformuojamas mikrograndynas galintis atlikti sudėtingus uždavinius. FPGA galima realizuoti ir programinius procesorius. Programiniai procesoriai gali būti keičiami ir tobulinami nekeičiant pačios FPGA. Tai žymiai lanksčiau nei naudoti fizinį procesorių.

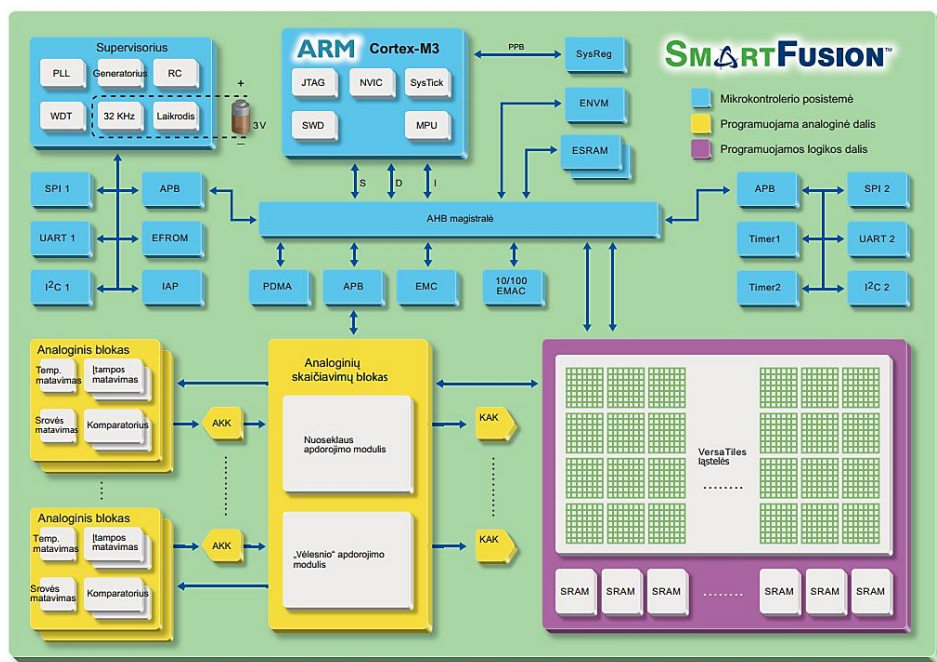
Toliau sekė sistemų luste SOC (*angl. system on chip*) sukūrimas. SOC – tai mikrograndynas turintis savyje visus kompiuterio komponentus arba kitą elektronikos sistemą. Jis gali turėti tiek analoginę, tiek skaitmeninę dalį, dažnai juose realizuojami ir radijo dažnių siųstuvai bei imtuvai. 2001 metais Cypress sukuria programuojamą sistemą luste PSOC (*angl. programmable system on chip*). Tai viename luste realizuojamas mikroprocesorius su programuojamomis tiek analoginėmis, tiek skaitmeninėmis dalimis. PSOC panašus į ASIC, nes gali būti naudojamas įvairioms funkcijoms atlikti. Bet PSOC pranašesnis, nes funkcijas, kurias norima realizuoti, užprogramuoja pats vartotojas (ASIC užprogramuojamas/sukuriamas gamykloje). PSOC turi panašumų su FPGA, nes abu gali būti perkonfigūruojami/perprogramuojami. Tik FPGA turi tik skaitmeninę dalį. PSOC tai tas pats kaip įterptinė sistema su mikrokontroleriu bei programuojama skaitmenine ir analogine dalimis. PSOC privalumas šiuo atžvilgiu yra mažesni gabaritai. Trūkumas – PSOC nedirba prie aukštų dažnių.

Programuojamų sistemų luste apžvalga

Toliau bus apžvelgti trijų firmų gaminiai, kurie turi galimybę realizuoti viename luste tiek analogines, tiek skaitmenines dalis. Taip pat jų realizavimui naudojamos programuojamos sistemos luste. Tai firmos MICROSEMI (ACTEL) SmartFusion mikrograndynai, Xilinx firmos 7 serijos FPGA su Analog Mixed Signal Solution integruota analogine posisteme ir Cypress firmos PSOC mikrograndynai [3].

MICROSEMI (ACTEL) SmartFusion mikrograndynai

MICROSEMI firma siūlo kombinuotas SOC, turinčias savyje 32 bitų ARM Cortex-M3 tipo procesorių, skaitmeninius įtaisus realizuojančią programuojamą logiką, programuojamą analoginę dalį. Bendroji šių mikrograndynų struktūra pateikta 1 pav.



1 pav. MICROSEMI SmartFusion mikrograndynų struktūra: AKK – analogas/kodas keitiklis; KAK – kodas/analogas keitiklis; PDMA – tiesioginė kreiptis į atmintį; IAP – persiprogramavimo galimybė; WDT – „watchdog“ taimeris; SWD – „debugeris“ veikiantis nuosekliu būdu

Šaltinis: Microsemi. SmartFusion Customizable System-on-Chip (cSoC). Prieiga per internetą:

<http://www.microsemi.com/document-portal/doc_view/130719-smartfusion-customizable-system-on-chip-csoc-datasheet>

SmartFusion mikrograndynų analoginę dalį sudaro grandinės, kurios sujungtos į analoginius blokus, bei analogas/kodas keitikliai (AKK). Įvertinamas analoginis signalas pereina per suderinimo grandinę arba tiesiogiai paduodamas į AKK. Kiekvienas analoginis blokas turi suderinimo grandinės įtampas, srovės, temperatūros matavimui ir komparatorius.

Analoginiais SmartFusion mikrograndynų įėjimais vienu metu gali naudotis keli vidiniai moduliai. Pavyzdžiui, komparatoriai su lyginiais numeriais dalinasi įėjimų su srovės ir temperatūros matavimo grandinėmis, o komparatoriai su nelyginiais numeriais – su AKK įėjimu. Tai sumažina bendra panaudojamų

analoginių įėjimų skaičių. Panaudojus komparatorius, multiplexorius ir kodas/analogas keitiklius (KAK) analoginiuose išėjimuose galima suformuoti atraminę įtampą. Vidinė atraminė įtampa yra temperatūriškai stabilizuojama ir gaunama įtampos kitimo paklaida nedidesnė kaip $\pm 1\%$. Galima naudoti ir išorinį iki 3,3 V įtampos šaltinį. Vidinis delta-sigma KAK gali generuoti tiek srovę (nuo 0 iki 256 μA), tiek įtampą (nuo 0 iki 2,56 V). Jo išėjimo impedansas yra apie 10 k Ω .

AKK ir KAK darbą valdo analoginių skaičiavimų blokas (1 pav.). Jis valdo analogine posistemę ir užtikrina sąsają tarp analoginių blokų ir procesoriaus. Šis blokas gali generuoti iki 86 petraukčių, kad galėtų teikti informaciją apie analoginių blokų veikimą procesoriui. Analoginių skaičiavimų blokas dar turi 2 modulius savyje: nuoseklaus apdorojimo modulis (1 pav.) ir „vėlesnio“ apdorojimo modulis (1 pav.). Pagrindinė nuoseklaus apdorojimo modulio paskirtis yra valdyti ir kontroliuoti AKK ir KAK darbą. Šis modulis nustato keitiklių parametrus, tiekia duomenis KAK ir kt. „Vėlesnio“ apdorojimo modulis naudojamas tiesiniams keitimams bei leidžia atlikti paprastą duomenų apdorojimą. Tai leidžia palengvinti pagrindinio procesoriaus darbą.

Programuojama skaitmeninė SmartFusion mikrograndynų dalis dirba naudodama flash tipo technologiją. „Ląstelės“ VersaTiles (1 pav.) – baziniai programuojamos logikos posistemės elementai. Kiekviena loginė ląstelė yra kaip keturpolis, kuris gali būti „ventilių“ pagalba sukonfigūruotas į loginius elementus IR, ARBA, NE, ir kt. bei D trigerius. Ląstelės sujungtos tiek globaliai, tiek lokaliai suformuoja loginę matricą. Išėjimo ir įėjimo buferiai gali būti nustatyti pagal įvairius skaitmeninius standartus (jie lemia įtampų lygį). SmartFusion mikrograndynuose naudojama ARM Cortex-M3 procesoriaus šerdis su maksimaliu 100 MHz taktiniu dažniu. Į standartinį periferijos rinkinį įeina sisteminiai registrai, taimeriai, tiesioginės kreipties į atmintį kontrolieris, vidinės ir išorinės atminties kontrolieriai. Konkreti informacija apie procesoriaus ir loginės matricos posistemas galima rasti [4]. Bendroji informacija apie SmartFusion mikrograndynų savybes pateikiama 1 lentelėje.

Darbui su SmartFusion mikrograndynais naudojamas Libero SoC programinis paketas. Jis leidžia reikiamai sukonfigūruoti programuojamą loginę matricą, dirbti su programiniais ar aparatiniais procesoriais bei konfigūruoti analoginę dalį.

1 lentelė

Pagrindinės SmartFusion mikrograndynų charakteristikos

<i>Programuojamos loginės matricos parametrai</i>	A2F060	A2F200	A2F500
Ventilių skaičius	60000	200000	500000
VersaTiles ląstelių skaičius	1536	4608	11520
Operatyvios atminties blokai	8	8	24
<i>Mikrokontrolerio posistemė</i>	A2F060	A2F200	A2F500
„Fliaš“ atmintis (kbitais)	128	256	512
Statinė (SRAM) atmintis (kbitais)	16	64	64
Cortex-M3 procesorius	Taip	Taip	Taip
10/100 Ethernet MAC modulis	Ne	Taip	Taip
Išorinės atminties kontrolieris	26 bitai adresams, 16 bitų duomenims	26 bitai adresams, 16 bitų duomenims	26 bitai adresams, 16 bitų duomenims
Tiesioginė kreiptis į atmintį (PDMA)	8 kanalai	8 kanalai	8 kanalai
I ² C sąsaja	2	2	2
SPI sąsaja	2	2	2
16550 UART sąsaja	2	2	2
32 bitų taimeris	2	2	2
Fazinio paderinimo kilpos blokai (PLL)	1	1	2
32 kHz mažos galios osciliatorius	1	1	1
100 MHz RC osciliatorius luste	1	1	1
Pagrindinis osciliatorius (32 kHz – 20 MHz)	1	1	1
<i>Programuojama analoginė dalis</i>	A2F060	A2F200	A2F500
AKK (8,10, 12 bitų nuoseklaus priartėjimo)	1	2	2
KAK (8, 16, 24 bitų delta sigma)	1	2	2
Analoginiai blokai	1	4	4
Komparatoriai*	2	8	8
Srovės matavimas*	1	4	4
Temperatūros matavimas*	1	4	4
Įtampos matavimas*	2	8	8

* Negali būti visi vienu metu realizuoti.

Šaltinis: Microsemi. SmartFusion Customizable System-on-Chip (cSoC). Prieiga per internetą:

<http://www.microsemi.com/document-portal/doc_view/130719-smartfusion-customizable-system-on-chip-csoc-datasheet>

Xilinx firmos 7 serijos FPGA su Analog Mixed Signal Solution integruota analogine posisteme mikrograndynai

Xilinx firmos 7 serijos mikrograndynai – tai programuojami SOC [5]. Šiuose mikrograndynuose integruotos dviejų šerdžių ARM Cortex A9 procesorių sistemos, Xilinx programuojama logika ir analoginė posistemė. Pagrindinės Xilinx firmos Zynq-7000 mikrograndynų charakteristikos pateiktos 2 lentelėje.

Xilinx firmos 7 serijos mikrograndynų analoginės dalies valdymas ir duomenų mainai analoginėje dalyje atliekami specialių registrų pagalba. Plačiau apie Xilinx firmos 7 serijos mikrograndynus pateikta [5,6].

Xilinx mikrograndynų programavimui naudojama Xilinx Vivado™ System arba Xilinx ISE® Design Suite programinė įranga.

2 lentelė

Pagrindinės Xilinx firmos Zynq-7000 mikrograndynų charakteristikos

Programuojamos loginės matricos parametrai	XC7Z010	XC7Z015	XC7Z020	XC7Z030	XC7Z035	XC7Z045	XC7Z100
Ventilių skaičius	430000	1100000	1300000	1900000	4100000	5200000	6600000
Programuojamų ląstelių skaičius	28000	74000	85000	125000	275000	350000	444000
Operatyvios atminties blokai	60	95	140	265	500	545	755
Mikrokontrolerio posistemė	XC7Z010	XC7Z015	XC7Z020	XC7Z030	XC7Z035	XC7Z045	XC7Z100
Procesoriaus šerdis	Du ARM® Cortex™-A9 MPCore™ su CoreSight™						
Maksimalus taktinis dažnis	iki 866 MHz		iki 1 GHz		iki 800 MHz		
L1 statinė atmintis	32 KB instrukcijoms, 32 KB duomenims						
L2 statinė atmintis	512 KB						
Atmintis luste	256 KB						
Tiesioginė kreiptis į atmintį	8 kanalai (4 skirti programuojamai logikai)						
Sąsajos	2x UART, 2x CAN 2.0B, 2x I²C, 2x SPI, 4x 32b GPIO, 2x USB 2.0 (OTG), 2x Gigabit Ethernet, 2x SD/SDIO						
Programuojama analoginė dalis	XC7Z010	XC7Z015	XC7Z020	XC7Z030	XC7Z035	XC7Z045	XC7Z100
AKK (12 bitų)	2 (sparta - 1 megaatskaitų per sekundę)						
Analoginiai diferenciniai įėjimai	17						
Vidiniai sensoriai luste	Temperatūros sensorius, įtampos įvertinimas						

Šaltinis: Xilinx. Zynq-7000 All Programmable SoC Overview. Product Specification. Prieiga per internetą: http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds190-Zynq-7000-Overview.pdf

Cypress firmos PSoC mikrograndynai

Cypress firma pasiūlė iš principo naują programuojamos sistemos luste realizavimo ideologiją. Tai leido Cypress užimti rinkos dalį tarp mažos galios mikrokontrolerių ir brangių FPGA bei SOC [3]. PSoC – tai sistema, kur viename luste realizuoti procesoriaus šerdis (mikrokontroleris), programuojamos analoginė ir skaitmeninė posistemės (2 pav.). Šio mikrograndyno išskirtinumas – plačios analoginio signalo apdorojimo galimybės. Todėl ten, kur reikia vienu metu ir analoginio, ir skaitmeninio signalų apdorojimo, galima naudoti Cypress PSoC. Tiek analoginių, tiek skaitmeninių modulių konfigūracija vykdoma per specialius registrus. Todėl sistemos konfigūracija gali būti keičiama dirbant prietaisui. Tai padaroma keičiant tam tikrus bitus atitinkamuose registruose.

Cypress firmos PSoC turi 4 mikrograndynų šeimas: PSoC1, PSoC3, PSoC4, PSoC5 [7]. Pagrindinės Cypress firmos PSoC mikrograndynų charakteristikos pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė

Pagrindinės Cypress firmos PSoC mikrograndynų charakteristikos

<i>Mikrokontrolerio posistemė ir programuojamos loginės matricos parametrai</i>	PSoC1	PSoC3	PSoC4	PSoC5
Procesoriaus šerdis	M8U	8051	ARM Cortex-M0	ARM Cortex-M3
Maksimalus taktinis dažnis, MHz	24	67	48	67
Flash tipo atmintis, kB	4-32	8-64	16-32	32-256
SRAM tipo atmintis, kB	Iki 2	2-8	2-4	16-64
Maitinimo įtampa, V	1,7 -5,22	0,5-5,5	1,7-5,5	0,5-5,5
Sąsajos	USB 2.0, I ² C, SPI, UART	USB 2.0, I ² C, SPI, UART, CAN, LIN, I2S, JTAG, SWD, SWV	I ² C, SPI, UART	USB 2.0, I ² C, SPI, UART, CAN, LIN, I2S, JTAG, SWD, SWV
Srovės stiprio suvartojimas darbo režime, mA	2	1,2	1,6	2
Srovės stiprio suvartojimas „miego“ režime, µA	3	1	1,3	2
<i>Programuojama analoginė dalis</i>	PSoC1	PSoC3	PSoC4	PSoC5

Mikrokontrolerio posistemė ir programuojamos loginės matricos parametrai	PSoC1	PsoC3	PsoC4	PsoC5
AKK, skaičius (tipas)	1 (delta sigma)	1 (delta sigma)	1 (nuoseklaus priartėjimo)	1 (delta sigma), 1 (nuoseklaus priartėjimo)
AKK, bitų skaičius	6-14	12-30	iki 12	12-20
AKK atskaitų dažnis, kHz	131	192	iki 1 MHz	iki 1 MHz
KAK, skaičius	2	4	2	4
KAK, bitų skaičius	6-8	12	7-8	12
Iėjimų/išėjimų skaičius	iki 64	iki 72	iki 36	iki 72

Šaltinis: PSoC3, PsoC4, PSoC5 Architecture (Technical Reference Manual). Prieiga per internetą: <http://www.cypress.com>

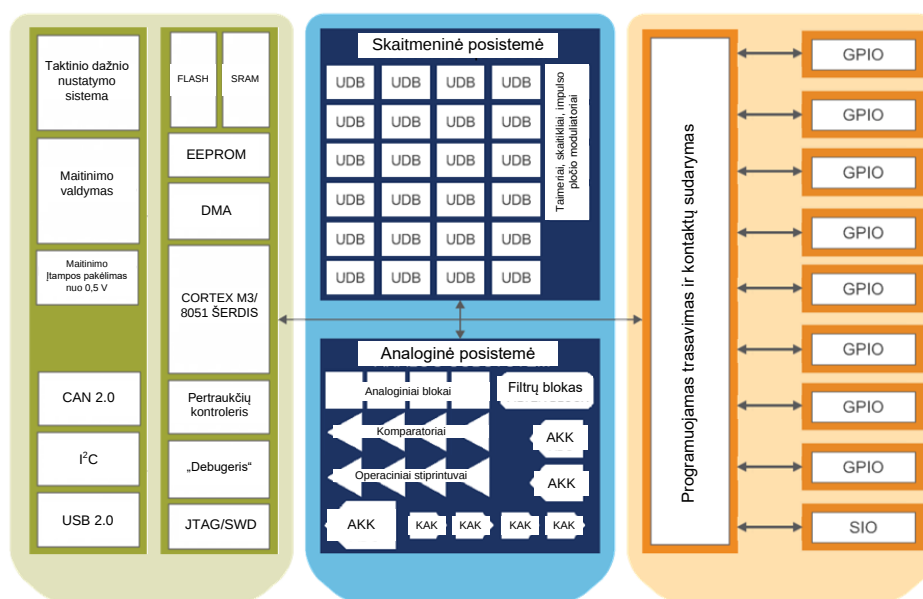
PSoC analoginėje posistemėje yra komparatoriai (turintys tris darbo režimus – greitas, lėtas, ekonominis; gali būti su histereze; turi vidinį filtrą), operaciniai stiprintuvai (gali turėti iki 4 (su mažais triukšmais ir dažnių juosta iki 3 MHz)); KAK (su išėjimu galinčiu dirbti kaip srovės ar įtampos šaltinis; srovės išėjimo atveju keitimo dažnis 8 MHz; įtampos išėjimo atveju keitimo dažnis 1 MHz; srovė gali būti šiuose ruožuose: 0 – 2,084 mA, 0 – 256 μ A, 0 – 32 μ A; įtampa gali būti šiuose ruožuose: 0 – 1,024 V, 0 – 4,096 V); AKK (galima paduoti ir diferencinį signalą, gali dirbti vienkartinio arba nepertraukiamu režimais).

PSoC3, PSoC4 ir PSoC5 turi ir specializuotą CapSense modulį. Jis skirtas dirbti su talpiniais jutikliais. Šie jutikliai dažnai naudojami kaip bekontaktiniai sensoriniai jungikliai. CapSense leidžia aptikti prisilietimą (keičiasi talpa) bei koreguoti keitklio jautrumą.

Kai kurie iš PSoC3, PSoC4 ir PSoC5 turi specializuotą modulį skystų kristalų ekrano valdymui. Viduje integruotas skystų kristalų ekrano „draiveris“ leidžia prijungti ekraną tiesiogiai prie mikrograndyno. Duomenų atvaizdavimas vykdomas naudojant tiesioginę kreiptį į atmintį (2 pav. DMA). Tai leidžia neapkrauti procesoriaus.

Programuojama skaitmeninė posistemė sudaryta iš universalių skaitmeninių „blokų“- modulių. Iš šių modulių realizuojami įvairūs skaitmeniniai moduliai: impulso pločio modulatoriai; 8, 16, 32 bitų skaitikliai; 8, 16, 32 bitų taimeriai; UART sąsaja; SPI sąsaja. Atskiruose moduluose realizuoti I²C, CAN, LIN, USB 2.0. sąsajų kontrolieriai.

PSoC projektavimui naudojamas Cypress firmos programinė įranga PSoC Creator [7]. Projektuotojas gali naudoti siūlomus modulius iš bibliotekos arba kurti savus. Šioje programinėje įrangoje modulių sujungimas vykdomas grafiniu metodu. Taip pat daugelis parametų gali būti užduodami automatinio būdu. Tai supaprastina ir paspartina projektavimo procesą.



2 pav. Cypress PSOC3/PSOC5 struktūra: GPIO – bendros paskirties įėjimai/išėjimai; SIO – nuoseklaus tipo įėjimai/išėjimai; DMA – tiesioginė kreiptis į atmintį; SWD – „debugeris“ veikiantis nuosekliu būdu; UDB – universalūs skaitmeniniai „blokai“- moduliai

Šaltinis: PSoC3, PsoC4, PSoC5 Architecture (Technical Reference Manual). Prieiga per internetą: <http://www.cypress.com>

Palyginus visus tris produktus galima teigti, kad skaitmeninės posistemės (ir mikroprocesorinės dalies) galimybės Xilinx firmos 7 serijos mikrograndynuose yra geresnės. Xilinx firmos 7 serijos mikrograndynų galimybės apdoroti analoginius signalus yra mažesnės nei MICROSEMI ir Cypress firmų produktų. Bendra tendencija visuose yra tai, kad siūlomas programuojamos sistemos luste yra „beveik pabaigti“ prietaisai realizuoti viename korpuse ir galintys atlikti mišrių (analoginių ir skaitmeninių) signalų apdorojimą. Kadangi šie produktai turi daug įėjimų, jie labai tinkami elektroninėms sistemoms su įvairiais sensoriais realizuoti [8, 9].

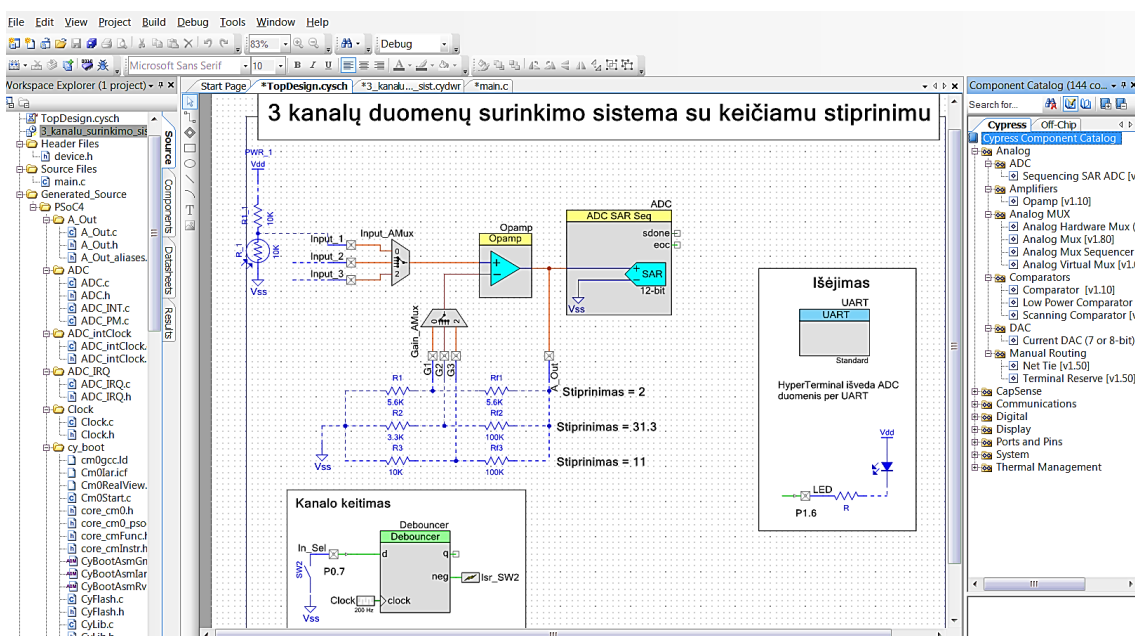
Tipinės elektroninės sistemos realizavimas panaudojant programuojamą sistemą luste

Cypress firmos mikrograndynai turi turbūt plačiausias galimybes realizuoti tiek analoginę, tiek skaitmeninę dalį. Todėl šios firmos produktas bus panaudotas tipinės elektroninės sistemos, turinčios savyje tiek analoginę, tiek skaitmeninę dalį, realizavimui. Realizavimui panaudota Cypress PSoC platforma CY8CKIT-042. Ši platforma programuojama Cypress firmos programine įranga Cypress Creator. Programavimas vyksta naudojant USB (angl. universal serial bus) sąsajos komunikacijų kanalą. Tegul tipinė elektroninė sistema būna su 3 įėjimais. Į juos gali būti paduodamas įvertinamos įtampos (prijungiami sensoriai). Toliau kiekvienam įėjimui nustatomas skirtingas stiprinimo koeficientas. Įėjimo kanalas ir tuo pačiu atitinkamas stiprinimas perjungiamas mygtuku esančiu ant platformos. Toliau analoginė įtampa keičiama 12 bitų AKK. Iš AKK įvertintos įtampos vertės paduodamos per UART (angl. universal asynchronous receiver/transmitter) sąsają į kompiuterį.

Pradėjus darbą Cypress Creator programine įranga yra sukuriama trys failai:

1. TopDesign.cysch – tai failas, kuriame grafiškai pavaizduojamas schemotechninis projektuojamos sistemos realizavimas. Jame projektuojami tiek vidiniai elementai luste (iš esamos bibliotekos), tiek pavaizduojami išoriniai prijungiami įtaisai (įtaisai bus prijungiami prie išorinių mikrograndyno išvadų).
2. Vardas.cydwr – tai failas, kuriame yra pavaizduotas signalų išvadų priskyrimas fiziniams mikrograndyno išvadams, dažnių nustatymai, pertraukčių prioretiškumas ir kt.
3. Main.c – tai failas, kuriame randasi mikroprocesoriaus programa.

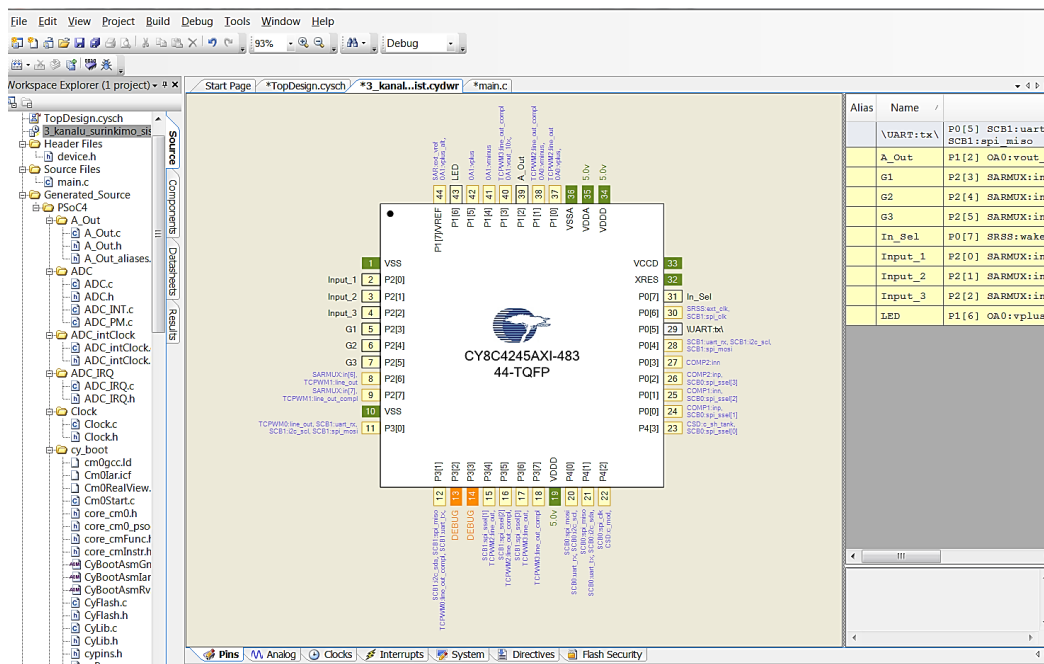
3 pav. pavaizduotas sukurtas projektuojamos elektroninės sistemos TopDesign.cysch failas Cypress Creator programinė įrangos aplinkoje. 4 pav. pateikta prie kurių mikrograndynų išvadų yra prijungti projektuojami elementai.



3 pav. Projektuojamos elektroninės sistemos TopDesign.cysch failas Cypress Creator programinė įrangos aplinkoje

Šaltinis: sudaryta autoriaus

5 pav. pavaizduotas projektuojamos elektroninės sistemos main.c failo fragmentas. Pagal šiame faile esančią programą bus užprogramuotas procesorius. 6 a) pav. pavaizduota fiziškai realizuota su CY8CKIT-042 platforma elektroninė sistema. Taip pat matyti prijungti išoriniai elektronikos įtaisai (rezistoriai, fotorezistorius).



4 pav. Projektuojamos elektroninės sistemos failas su plėtinio .cydwr, kuriame yra pavaizduotas signalų išvadų priskyrimas fiziniams mikrograndyno išvadams

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Išmatuoti duomenys perduodami į personalinį kompiuterį. Duomenys yra perduodami naudojant USB komunikacijų kanalą. Tačiau iš tikrųjų yra naudojama UART sąsaja. Personalinio kompiuterio viduje duomenų nuskaitymas vykdomas iš COM (*angl. communication port*) porto. Tam, kad būtų galima matyti, kokie duomenys yra perduodami į kompiuterį, naudojama HyperTerminal programa. 6 b) pav. pavaizduota, kaip suprojektuota elektroninė sistema perduoda išmatuotus duomenis į personalinį kompiuterį (matyti 1 kanalo matavimo duomenys vienu laiko momentu).

Kadangi projektuojant sistemą naudoti moduliai, kurie gali būti konfigūruojami, 7 a) ir b) pav. pateikti jų konfigūravimo langai. 7 a) pav. pateiktas AKK konfigūravimas. 7 b) pav. pateiktas realizuotos UART sąsajos konfigūravimas. Šiaip įdedant į projektą, moduliai konfigūruojasi automatiškai, tačiau projektuotojas gali savo nuožiūra parametrus pakeisti.

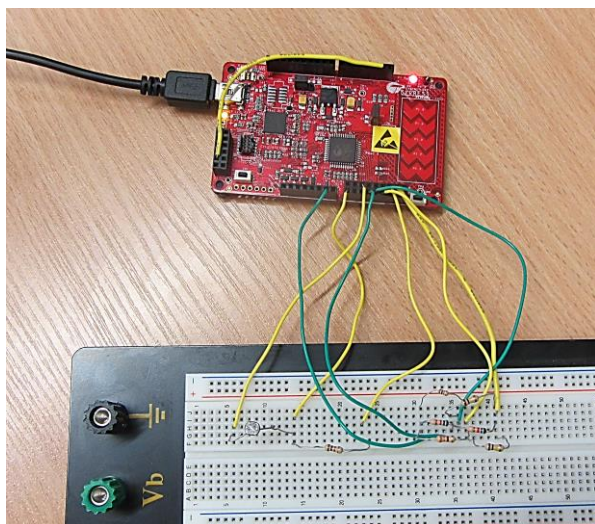
```

File Edit View Project Build Debug Tools Window Help
Workspace Explorer (1 project) *X
Source Components Results
TopDesign.cysch
3_kanal_u_surinkimo_sis
Header Files
device.h
Source Files
main.c
Generated_Source
PSOC4
A_Out
A_Out.c
A_Out.h
A_Out_aliases.
ADC
ADC.c
ADC.h
ADC_INT.c
ADC_PM.c
ADC_intClock
ADC_intClock.c
ADC_intClock.h
ADC_IRQ
ADC_IRQ.c
ADC_IRQ.h
Clock
Clock.c
Clock.h
cy_boot
cm0gccld
Cm0IarJcf
Cm0RealView.
Cm0Start.c
core_cm0.h
core_cm0_pso
core_cmFuncI
core_cmInstrh
23 /* Macro definitions */
24 #define LOW (0u)
25 #define HIGH (1u)
26 #define CHANNEL_1 (0u)
27 #define CHANNEL_2 (1u)
28 #define CHANNEL_3 (2u)
29 #define NO_OF_CHANNELS (3u)
30 #define CLEAR_SCREEN (0x0C)
31 #define CONVERT_TO_ASCII (0x30u)
32 #define DELAY (1u)
33
34 /* Resistor Values */
35 #define R1 ( 5600u)
36 #define R2 ( 3300u)
37 #define R3 ( 10000u)
38 #define RF1 ( 5600u)
39 #define RF2 (100000u)
40 #define RF3 (100000u)
41 #define GAIN1 (1 + (float)RF1 / R1)
42 #define GAIN2 (1 + (float)RF2 / R2)
43 #define GAIN3 (1 + (float)RF3 / R3)
44
45 volatile uint32 windowFlag = 0u;
46 volatile uint8 dataReady = 0u;
47 volatile uint8 switchFlag = 0u;
48
49 /* Send the channel number and voltage to UART */
50 static void SendChannelVoltage(int8 channel, int16 mVolts);
51
52 /* Interrupt prototypes */
53 CY_ISR_PROTO(ADC_ISR_Handler);
54 CY_ISR_PROTO(SW_ISR_Handler);
55

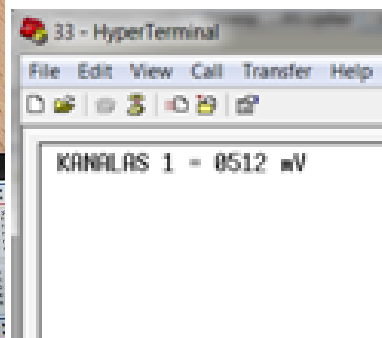
```

5 pav. Projektuojamos elektroninės sistemos main.c failo fragmentas

Šaltinis: sudaryta autoriaus



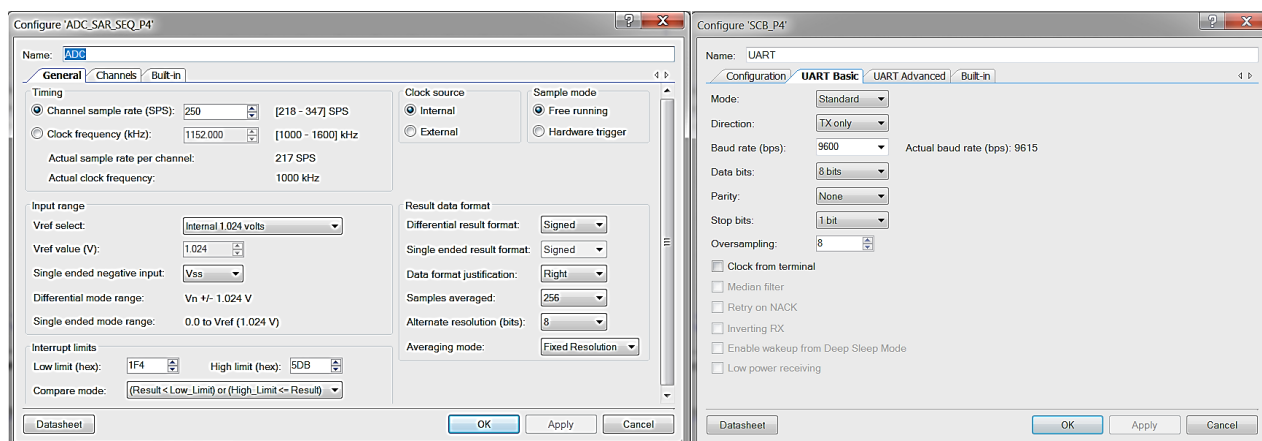
a)



b)

6 pav. Fiziškai realizuota su CY8CKIT-042 platforma elektroninė sistema su prijungtais išoriniais elektronikos įtaisais (a), fragmentas HyperTerminal programa nuskaitytų duomenų iš COM porto (b)

Šaltinis: sudaryta autoriaus



a)

b)

7 pav. AKK konfigūravimas (a), UART sąsajos konfigūravimas (b)

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Išvados

1. Atlikta programuojamų sistemų lustuose apžvalga parodė, kad bent trys pasaulinio lygio firmos gamina mikrograndynus, kuriuos galima vadinti programuojamomis sistemomis luste ir jos savyje turi programuojamas analogines ir skaitmenines dalis. Tai MICROSEMI firmos SmartFusion mikrograndynai, Xilinx firmos 7 serijos mikrograndynai bei Cypress PSoC mikrograndynai. Xilinx firmos 7 serijos mikrograndynai pranašesni savo skaitmenine ir mikroprocesorine posistemėmis. Analogines posistemes geresnes turi MICROSEMI firmos SmartFusion ir Cypress PSoC mikrograndynai.

2. Parodyta, kad Cypress PSoC mikrograndynai išsiskiria savo pritaikomumu realizuojant analogines ir skaitmenines grandines. Darbe matyti, kad pasinaudojus Cypress PSoC mikrograndynu ir Cypress Creator programine įranga galima palyginti nesunkiai realizuoti elektroninę sistemą, turinčią savyje tiek analoginę, tiek skaitmeninę dalį. Galima teigti, kad panaudojus programuojamas sistema luste galima mažinti elektroninių schemų gabaritus, vartojamos energijos kiekį, kainą, turėti lengviau perkonfigūruojamus/perprogramuojamus elektronikos prietaisus.

3. Nagrinėjami mikrograndynai gali turėti daug tiek skaitmeninių, tiek analoginių įėjimų. Todėl jie yra labai tinkami elektroninėms sistemoms su įvairiais sensoriais realizuoti.

Literatūra

1. Kansal A. R., *A study on programmable system on chip*. IOSR Journal of VLSI and Signal Processing, Vol. 4, Issue 5, Ver. I, 2014, p. 31-37. Prieiga per internetą: <http://iosrjournals.org/iosr-jvlsi/papers/vol4-issue5/Version-1/F04513137.pdf> (žiūrėta 2015-11-10)
2. Grigaitis D. Programuojamų loginių matricių pradžiamokslis. Vilnius: 2009, 102 p. Prieiga per internetą: <http://www.grigaitis.eu/zip/pradziamokslis.pdf> (žiūrėta 2015-11-11)
3. Шейкин М. Две микросхемы – хорошо, а одна лучше. Prieiga per internetą: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/3/article_3132_832.pdf (žiūrėta 2015-11-11)
4. Microsemi. SmartFusion Customizable System-on-Chip (cSoC). Prieiga per internetą: http://www.microsemi.com/document-portal/doc_view/130719-smartfusion-customizable-system-on-chip-csoc-datasheet (žiūrėta 2015-11-12)
5. Xilinx. Zynq-7000 All Programmable SoC Overview. Product Specification. Prieiga per internetą: http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds190-Zynq-7000-Overview.pdf (žiūrėta 2015-11-13)
6. Collins A., Bielby R. Xilinx Agile Mixed Signal Solutions. White paper. Prieiga per internetą: http://www.xilinx.com/support/documentation/white_papers/wp392_Agile_Mixed_Signal.pdf (žiūrėta 2015-11-14)
7. PSoC3, PSoC4, PSoC5 Architecture (Technical Reference Manual). Prieiga per internetą: <http://www.cypress.com> (žiūrėta 2015-11-15)
8. Agalave N., Patil U. *Integration of Tire Pressure Monitoring System using PsoC*. International Journal of Science, Engineering and Technology Research, Vol. 4, Issue 4, 2015, p. 960-964. Prieiga per internetą: <http://ijsetr.org/wp-content/uploads/2015/04/IJSETR-VOL-4-ISSUE-4-960-964.pdf> (žiūrėta 2015-11-16)
9. Marani R., Gelao G., Perri A. G., *Design and Prototyping of a Miniaturized Sensor for Non-invasive Monitoring of Oxygen Saturation in Blood*. International Journal of Advances in Engineering & Technology, Vol. 2, Issue 1, 2012, p. 19-26. Prieiga per internetą: http://www.academia.edu/1197271/DESIGN_AND_PROTOTYPING_OF_A_MINIATURIZED_SENSOR_FOR_NON-INVASIVE_MONITORING_OF_OXYGEN_SATURATION_IN_BLOOD (žiūrėta 2015-11-17)

ANALYSIS OF THE REALIZATION POSSIBILITY OF ANALOG AND DIGITAL ELECTRONIC CIRCUITS USING PROGRAMMABLE SYSTEMS-ON-CHIP

Summary

Designing various electronic devices requires using both analog and digital integrated circuits. Complexity of manufacturing of such devices and instruments increases combining them together; size of electronic boards and the cost of the product also increase. A programmable system-on-chip can be used for the solution of mentioned problems. Programmable system-on-chip is one programmable integrated circuit (chip) having both analog and digital devices within. The article provides the overview of such integrated circuits, analysis of their ability to realize analog and digital electronic circuits, the trends of application.

Key words: programmable system-on-chip, analog and digital electronic devices.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Saunoris.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento docentas, VšĮ Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektronikos inžinerijos katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: energetiškai efektyvios elektroninės sistemos

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Marius Saunoris.

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences, associated professor

Workplace and position: Kaunas Technical College, associated professor of Electronics and Electrical Engineering Field Study Programme Department, Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, associated professor of Electronics Engineering Department

Author's research interests: Energy Efficient Electronic Systems.

Telephone and e-mail address: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

AZOTO SUBOKSIDO TIEKIMO SISTEMOS PANAUDOJIMO *TOYOTA GT86 4U-GSE* VARIKLYJE EFEKTYVUMO TYRIMAS

Alfredas Rimkus, Aleksandr Robert Ščerbuk, Mindaugas Melaika
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Šiame tyrime nagrinėjamas variklio galios didinimas naudojant azoto suboksido tiekimo sistemą (toliau NOS (angl. *Nitrous Oxide System*)). Straipsnyje pateikta NOS sistemų apžvalga. Variklio rodiklių skaitinis modeliavimas atliekamas programa *AVL BOOST*, prototipu pasirinktas kibirkštinio uždegimo atmosferinis *Toyota GT86 4U-GSE* variklis. Atlikti standartinio variklio ir NOS sistema modifikuoto variklio šiluminiai ir dinaminiai skaičiavimai, nustatyti energetiniai rodikliai (variklio galia išaugo ~24 %, efektyvusis naudingumo koeficientas padidėjo ~8,3 %), sudarytas indikatorinio slėgio grafikas, patikrintas alkūninio–švaistiklinio mechanizmo detalių atsparumas.

Reikšminiai žodžiai: kibirkštinio uždegimo variklis, variklio galios didinimas, azoto suboksidas, *AVL BOOST*.

Ivadas

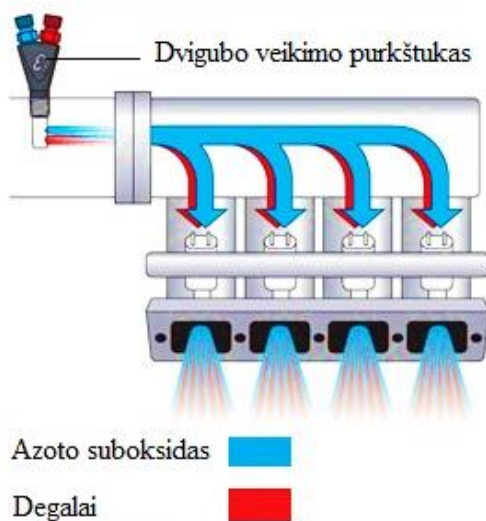
Tobulėjant technologijoms automobilių pramonė nuolat vystosi. Kiekvienais metais pristatoma nauji ir galingi automobiliai. Jų pagaminimo kaštai labai dideli, tad nenuostabu, kad išauga ir jų kaina. Toli gražu, ne kiekvienas gali tokį automobilį įsigyti. Tačiau norint turėti galingą automobilį, nebūtina pirkti naujo modelio, aukštą galią galima pasiekti ir su senesniu varikliu, naudojant tam tikrus modifikavimo metodus. Metodų yra labai įvairių, tačiau dauguma jų ganėtinai pasenę, todėl nėra tokie efektyvus. Šiame tyrime nagrinėjamas azoto suboksido sistemos metodas – vienas efektyviausių variklio galios didinimo būdų, kuris plačiai taikomas JAV populiariose traukos lenktynėse (angl. *drag*), kurio svarbu išgauti didžiausią variklio galią. Azoto suboksido sistema modifikuotų variklių maksimali galia išauga, tačiau taip pat išauga ir variklių detalių apkrova. Variklio efektyvumo didinimas naudojant azoto suboksido sistemą Lietuvoje mažai taikomas ir nėra išsamiai ištirtas, todėl tai paskatino imtis tyrimo šį metodą taikant *Toyota GT86* automobilio variklyje.

Azoto suboksido sistemų apžvalga

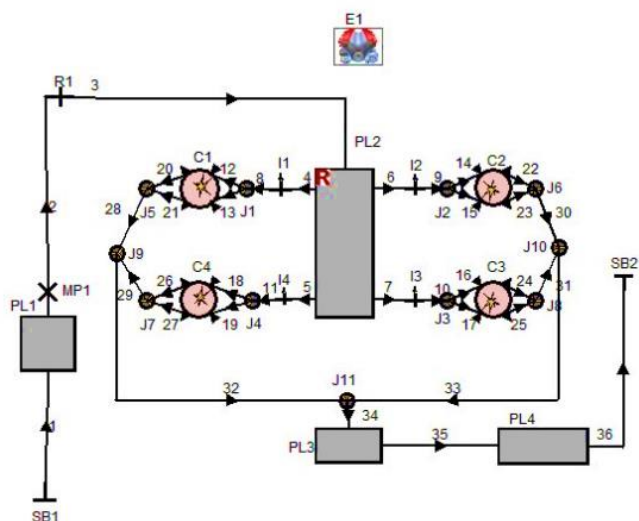
Remiantis literatūra, variklių su integruota azoto suboksido sistema galia, priklausomai nuo konkrečios sistemos, padidėja nuo 20 % iki 50 %. Pirmoji – azoto suboksidas sudarytas iš vieno deguonies ir dviejų azoto atomų, jame deguonies yra 36 %, o atmosferoje jo yra 23 % pagal tūrį. Dėl papildomai įsiurbto deguonies, automobilio variklis gali sudeginti daugiau degalų, taip padidindamas galią. Antroji priežastis – azoto suboksido specifinė garavimo šiluma, dėl kurios sumažinama įsiurbiamo oro temperatūra, padidėja jo tankis ir tai gerina cilindrų pripildymą oru (Bobolts, 2010; Davis et al., 2002.).

Norint, kad sistema gerai veiktų, reikia tinkamai sureguliuoti azoto suboksido ir degalų tiekimą. Jei mišinys bus per riebus, tai padidins degimo temperatūrą, kuri gali išlydyti variklio stūmoklį ir pažeisti žiedus – variklis bus sugadintas. Blogai suregulijavus uždegimo momentą gali kilti variklio detonacija, kuri pažeistų pagrindines variklio detales. Kadangi NOS veikimas apskaičiuotas 10–20 sekundžių darbo laikui, neigiamų reiškinių dažniausia nepastebima. Detalių temperatūra nespėja viršyti leistinos ribos standartuose, tačiau išaugęs slėgis gali mechanškai pažeisti detales (Davis et al., 2002.; Tiuningavimas, 2008).

Toyota GT86 automobilio varikliui *4U-GSE* parenkama „šlapia“ azoto suboksido tiekimo sistema (angl. *Wet nitrous oxide system*) (1 pav.). Šioje sistemoje purkštuvas, skirtas azoto suboksidui įpurkšti į įsiurbimo traktą, yra dvigubas – kartu su azoto suboksidu įpurškiami ir papildomi degalai. Dėl šios savybės, sistema ir vadinama „šlapia“, nes papildomi degalai sušlapina oro įsiurbimo traktą. Azoto suboksidas, susimaišęs su degalais, patenka į cilindrą ir sudega. Naudojant šią sistemą nereikia perprogramuoti variklio valdymo bloko, nes papildomi degalai tiekiami per dvigubą purkštuvą. Šiuo atveju reikia rasti vietą degalų tiekimo linijoje, kurioje būtų galima sumontuoti papildomų degalų vožtuvą. Vožtuvas yra standartiniame NOS komplekte, jis – raudonos spalvos, o azoto suboksido vožtuvas – mėlynas. Pagrindinė šios sistemos montavimo taisyklė – purkštuvą montuoti kuo arčiau įsiurbimo kolektoriaus. Geriausiai ši sistema tinka varikliams, kuriems oras tiekiamas aukšto slėgio kompresoriumi arba turbokompresoriumi. Reikia paminėti, kad šios sistemos montavimas yra sudėtingesnis ir brangesnis, tačiau ji gerokai efektyvesnė. Taip pat šiam varikliui parinkta speciali modifikacija, kai vietoje dvigubo purkštuvo, kuris montuojamas pragręžus įsiurbimo kolektorių, parenkamas specialus antgalis – azoto suboksido purkštuvas, kuris įstatomas į įsiurbimo kolektorių, o į antgalį įstatomas benzino purkštuvas (Cold Fusion Wet Kits, 2015.).



1 pav. „Šlapia“ azoto suboksido tiekimo sistema
Šaltinis: Nitrous oxide systems



2 pav. AVL BOOST programa sudarytas variklio skaitinis modelis su NOS
Šaltinis: sudaryta autorių

Be jau pasirinktos „šlapios“ azoto suboksido sistemos gali būti naudojamos ir kitos NOS modifikacijos:

- „Sausa“ azoto suboksido tiekimo sistema (angl. *Dry nitrous oxide system*), kai azoto suboksidas purškiamas per atskirą purkštuvą į oro padavimo kanalą.
- „Plokštelinė“ azoto suboksido tiekimo sistema skirta karbiuratoriniams varikliams. Po karbiuratoriumi montuojama plokštelė–intarpas ir pro joje esančias kiaurymes azoto suboksidas purškiamas į įsiurbimo kolektorių.
- Tiesioginė azoto suboksido tiekimo sistema (angl. *Direct port nitrous oxide system*) kai azoto suboksidas purškiamas tiesiai į variklio cilindrus.

Kiti azoto suboksido tiekimo sistemų komponentai yra panašūs. Azoto suboksidas laikomas skystas, kreogeniniame inde, kuriame dujų slėgis yra nuo 6,2 MPa iki 7,2 MPa. Priklausomai nuo sistemos, azoto suboksido inde yra 4,54 kg arba 2,27 kg. Automobilyje reikia sumontuoti azoto suboksido ir degalų tiekimo vožtuvus, armuotus vamzdelius ir valdymo sistemą (Cold Fusion Wet Kits, 2015.; Toyota-GT86-2-0l-nos-controller, 2014.).

Tyrimo tikslas – nustatyti, kaip pakis *Toyota* automobilio *GT86* variklio *4U-GSE* energetiniai rodikliai, sumontavus NOS sistemą ir išsiaiškinti, ar išaugusios apkrovos tenkančios variklio alkūniniam velenui, švaistikliui ir stūmokliui neviršys šių detalių atsparumo ribos.

Išanalizavus teorinę bei praktinę medžiagą buvo iškeltos tokios variklio su NOS sistema rodiklių pokyčių hipotezės:

1. Įsiurbimo takto pabaigos temperatūra sumažės ir tai gerins cilindrų pripildymą oru.
2. Variklio galia padidės, nes, pagerėjus cilindrų pripildymui deguonimi, per ciklą bus sudeginamas didesnis degalų kiekis.
3. Didesnė degalų energijos dalis bus paverčiama naudingu darbu – didės variklio mechaninis naudingumo koeficientas ir išaugs efektyvusis naudingumo koeficientas.
4. Padidėjus efektyviajam naudingumo koeficientui lyginamosios degalų sąnaudos sumažės.

Tyrimo metodai

Kaip jau buvo minėta, tiriama azoto suboksido sistema montuojama į variklį, kurio kodas *4U-GSE*. Šio modelio variklis pasirinktas, nes yra pakankamai naujas, o jo dinaminės savybės tinkamos NOS montavimui. Tyrimo tikslai įgyvendinami naudojant AVL BOOST programą, kuria sukuriamas *4U-GSE* variklio skaitinis modelis (2 pav.). Variklio tiriamo darbo ciklo skaitinis modeliavimas atliekamas naudojant aprobuotas, variklyje vykstančių fizinių procesų metodikas. Aproximuojant variklio šilumos išsiskyrimo charakteristikas taikoma Vibe funkcija (AVL BOOST, 2011):

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{a}{\Delta\varphi_c} \cdot (m_v + 1) \cdot y^{m_v} \cdot e^{-a \cdot y^{(m_v+1)}} ; \quad (1)$$

$$dx = \frac{dQ}{Q}, \quad (2)$$

čia Q – per darbo ciklą degalų išskirtas šilumos kiekis; φ – alkūninio veleno pasisukimo kampas; m_v – degimo intensyvumo formos parametras; a – Vibe konstanta, esant 99,9 % degalų sudegimui, $a = 6,905$; y – santykinis degimo laikas:

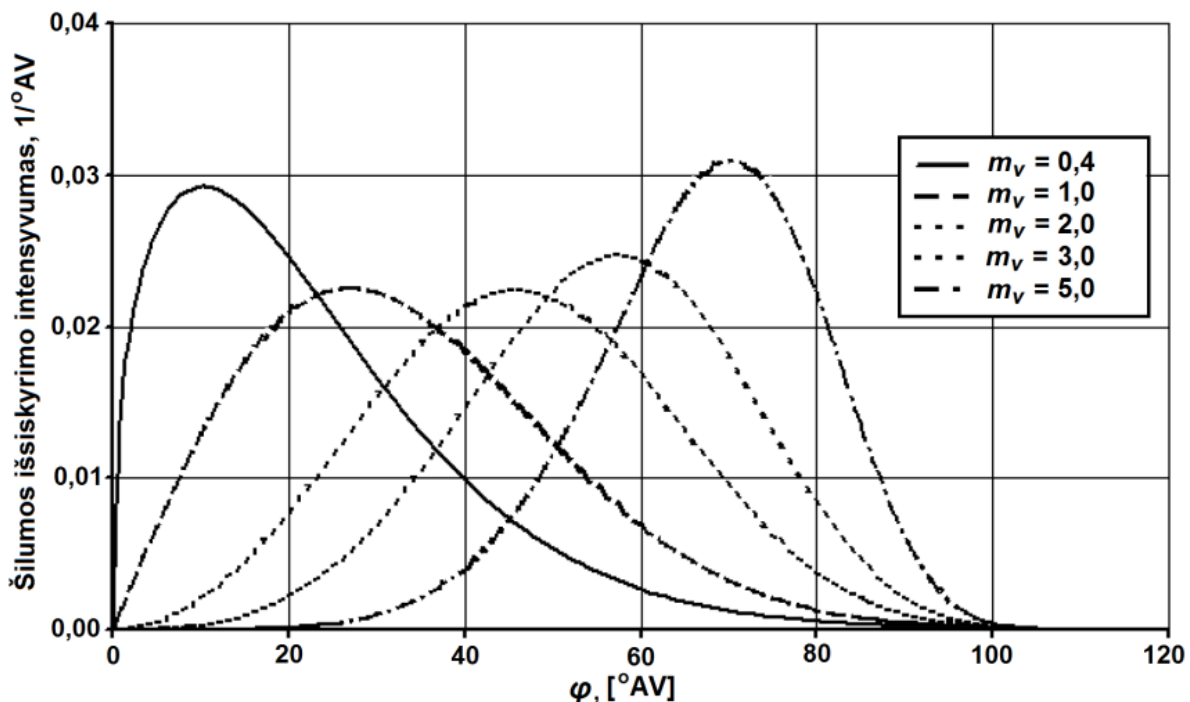
$$y = \frac{\varphi - \varphi_0}{\Delta\varphi_c}, \quad (3)$$

čia φ_0 – degimo pradžia išreiškiama alkūninio veleno (AV) padėties kampas; $\Delta\varphi_c$ – degimo trukmė.

Integruojant Vibe funkciją apskaičiuojame degalų masės dalį, kuri sudegė nuo degimo proceso pradžios:

$$x = \int \frac{dx}{d\varphi} \cdot d\varphi = 1 - e^{-a \cdot y^{(m_v+1)}}. \quad (4)$$

3-čiame paveiksle parodyta, kaip degimo intensyvumo formos parametras lemia šilumos išsiskyrimo intensyvumo funkcijos formą.



3 pav. Degimo intensyvumo formos parametro m_v įtaka Vibe šilumos išsiskyrimui

Šaltinis: AVL BOOST theory

Sukūrus prototipui adekvatų modelį, toliau modeliavimas buvo atliekamas su NOS, nes skaitinio modeliavimo programoje yra galimybė naudoti papildomus priedus, pavyzdžiui, azoto suboksidadą. Parinkta NOS sistema, įvertinant azoto suboksido kiekį, leidžia atlikti penkiasdešimt įjungimų. Vieno įjungimo metu, kurio trukmė 10 sekundžių, NOS purkštukai į įsiurbimo traktą įpurškia apie 181 g. azoto suboksido. Žinant, kiek yra įpurškiama azoto suboksido per konkretų laiką ir variklio sukimosi dažnį, nustatome, kad vienam ciklui azoto suboksido įpurškiama ~65 mg/cikl. Įvertinus temperatūrą bei dujų tankį, apskaičiuota, kad per vieną ciklą į cilindrą patenka ~49 cm³/cikl. azoto suboksido. AVL BOOST programoje nustačius, kad į degųjų mišinį bus papildomai tiekiamas azoto suboksidas, įrašomas jo kiekis per ciklą ir atliekamas skaitinis modeliavimas. Siekiant, kad gauti duomenys būtų kuo tikslesni, nustatyta penkiasdešimt modeliavimo ciklų.

Norint sužinoti, kaip pasikeis modifikuoto variklio indikatoriai ir efektyvieji rodikliai lyginant su gamykliniais, pirmiausia atliekami prototipo termodinaminių rodiklių (slėgių ir temperatūrų vertės cilindre per darbo ciklą), variklio galios bei naudingumo koeficiento skaičiavimai, nustatomos alkūninio stūmoklinio

mechanizmo detales veikiančios jėgos ir temperatūros. Naudojant lyginamąjį metodą gretinami sukurtojo prototipo (4U-GSE variklio) teoriniai skaičiavimai ir 4U-GSE variklio su NOS skaičiavimų rezultatai. Taip pat, remiantis papildoma literatūra (Butkus, 2007: 91-145), atliekami variklio detalių atsparumo skaičiavimai.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

AVL BOOST skaitinio modeliavimo programa gauti Toyota GT86 4U-GSE variklio rodiklių skaičiavimo duomenys varikliui veikiant benzinu ir benzinu + NOS surašyti palyginamojoje lentelėje (1 lentelė).

1 lentelė

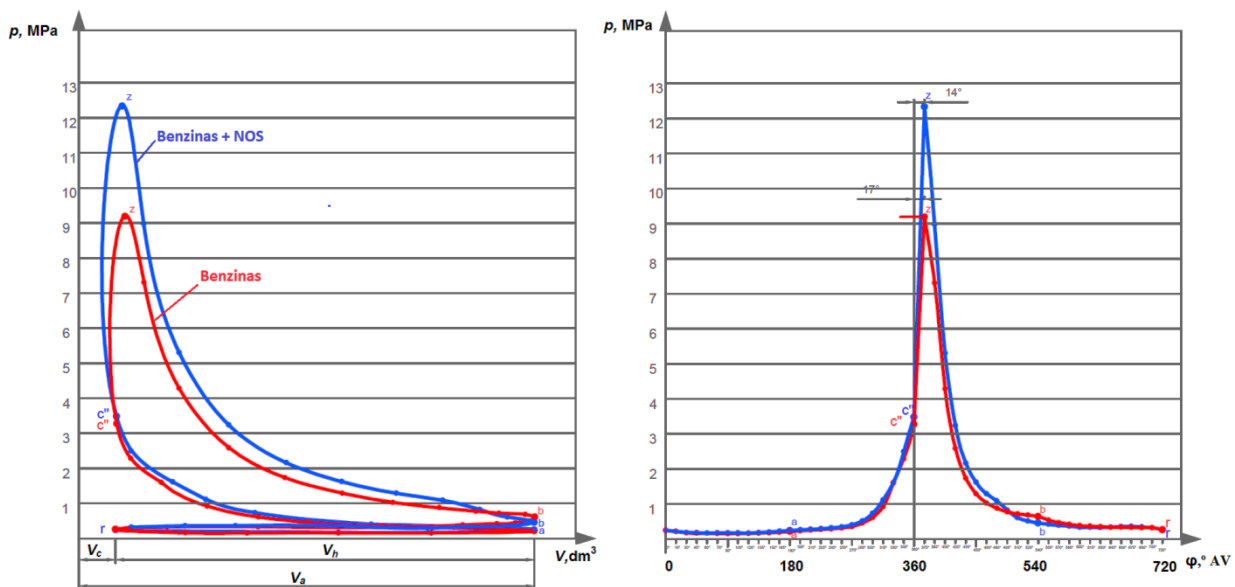
Variklio rodikliai veikiant benzinu ir benzinu + NOS

Eil. Nr.	Rodikliai	Benzinas	Benzinas + NOS	Skirtumas	Skirtumas, %
1.	Cilindro pripildymo slėgis p_a (MPa)	0,095	0,101	0,006	6,3
2.	Išsiurbimo pabaigos temperatūra T_a (K)	348,06	321,77	-26,29	-7,6
3.	Slėgimo pabaigos slėgis p_c (MPa)	3,29	3,50	0,21	6,4
4.	Slėgimo pabaigos temperatūra T_c (K)	928,25	958,55	30,3	3,3
5.	Degimo pradžia φ_0 , ° AV	-16	-18	-2	12,5
6.	Degimo trukmė $\Delta\varphi_c$, ° AV	50	45	-5	-10,0
7.	Degimo intensyvumo faktorius m_v	2,5	2,2	-0,3	-12,0
8.	Degimo pabaigos slėgis p_z (MPa)	9,21	12,39	3,18	34,5
9.	Didžiausio slėgio kampas už VRT (φ , ° AV)	14,90	12,17	-2,73	-18,3
10.	Degimo slėgio augimo intensyvumas (MPa/°)	3,12	4,85	1,73	55,4
11.	Degimo pabaigos temperatūra T_z (K)	2600,1	2637,5	37,4	1,4
12.	Didžiausios temperatūros kamp. už VRT (φ , ° AV)	22,90	20,86	-2,04	-8,9
13.	Slėgis plėtimosi pabaigoje p_b (MPa)	0,55	0,38	-0,17	-30,9
14.	Temperatūra plėtimosi pabaigoje T_b (K)	1456,8	1320,3	-136,5	-9,4
15.	Indikatorinis slėgis p_i (MPa)	1,82	2,48	0,66	36,3
16.	Liekamųjų dujų slėgis p_r (MPa)	0,175	0,181	0,006	3,4
17.	Liekamųjų dujų temperatūra T_r (K)	977,2	964,1	-13,1	-1,3
18.	Mechaninių nuostolių slėgis p_m (MPa)	0,27	0,29	0,02	7,4
19.	Vidutinis efektyvusis slėgis p_e (MPa)	1,34	1,56	0,22	16,4
20.	Efektyvusis naudingumo koeficientas η_e	0,36	0,39	0,03	8,3
21.	Indikatorinė galia P_i (kW)	182,38	219,80	37,42	20,5
22.	Mechaninių nuostolių galia P_m (kW)	32,49	33,80	1,31	4,0
23.	Efektyvioji galia P_e (kW)	149,80	186,00	36,2	24,2
24.	Litrinė galia P_l (kW/l)	75,01	93,08	18,07	24,1
25.	Efektyvus sukimo momentas M_s (Nm)	204,47	253,70	49,23	24,1
26.	Oro pertekliaus koeficientas, λ	0,94	1,01	0,07	7,4
27.	Lyginamosios degalų sąnaudos b_e (g/kWh)	275,46	251,48	-23,98	-8,7
28.	Valandinės degalų sąnaudos B_d (kg/h)	43,09	46,62	3,53	8,2

Šaltinis: sudaryta autorių

Analizuodami variklio darbo ciklo skaitinio modeliavimo rezultatus matome, kad išsiurbimo pabaigos temperatūra su NOS yra $\sim 26^\circ\text{K}$ ($\sim 7,6\%$) mažesnė negu variklio prototipo. Taip nutinka dėl dviejų priežasčių: pirma – liekamųjų dujų temperatūra 13°K mažesnė; antra – azoto suboksido specifinė garavimo šiluma, kuri sumažina išsiurbiamo dujų mišinio temperatūrą (Žarnauskas et al. 2008). Tai yra vienas iš šios sistemos privalumų, nes, esant žemesnei temperatūrai, padidėja dujų tankis ir geriau pripildomas cilindras. Su NOS sistema $\sim 0,17\text{ MPa}$ ($\sim 30\%$) sumažėja plėtimosi pabaigos slėgis ir temperatūra $\sim 136\text{ K}$ ($\sim 9,4\%$). Šių rodiklių reikšmės mažesnės, nes degimas baigiasi anksčiau ir plečiantis sumažėja dujų temperatūra bei slėgis. Su NOS degimas paankstinamas 2 AV, degimo trukmė sutrumpėja $\sim 5\text{ AV}$ ($\sim 10\%$).

Rodiklis, labiausiai išaukęs varikliui veikiant su NOS, tai degimo pabaigos slėgis, kuris priklauso ir nuo degimo intensyvumo faktoriaus m_v . Degimo intensyvumui pakitus nuo 2,5 iki 2,2, degimo pabaigos slėgis su NOS išaugo nuo 9,21 MPa iki 12,39 MPa ($\sim 34\%$) (4 pav.). Tai galima paaiškinti tuo, jog dėl azoto suboksido geriau pripildomas cilindras ir galima sudeginti daugiau degalų, todėl išsiskiria didesnis šiluminės energijos kiekis, kuris padidina slėgį ir degimo pabaigos temperatūrą. Vienas labiausiai vertinamų rodiklių sportiniuose automobiliuose – efektyvioji variklio galia. Kaip buvo minėta anksčiau, dėl NOS variklio galia turėtų išaugti nuo 20 % iki 50 %. Tiriamu atveju galia padidėjo $\sim 36\text{ kW}$ ($\sim 24\%$). Tai rodo, kad sistema yra efektyvi. Variklio su tiekiamu azoto suboksidu sukimo momentas padidėjo $\sim 49\text{ Nm}$ ($\sim 24\%$).



4 pav. Variklio veikimo tik benzinu ir benzinu su NOS indikatorinio slėgio diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

Vienas iš pagrindinių parametru, pagal kurį galima įvertinti degiojo mišinio sudėtį, yra oro pertekliaus koeficientas λ , kuris parodo sunaudoto oro kiekį kilogramui degalų sudeginti. Prototipui atlikus skaitinį modeliavimą gauta $\lambda = 0,94$. Tai reiškia, kad mišinys yra pariebintas – jame yra degalų perteklius. Veikdamas tokiu mišiniu variklis išvysto didžiausią galią. Naudojant NOS $\lambda = 1,01$. Tai reiškia, kad mišinys gaunamas artimas stechiometriniam, nes oro ir degalų santykis idealus. Naudojant NOS, stechiometrinis degusis mišinys rodo, kad sukurtas AVL BOOST modelis sureguliuotas tinkamai – t.y. degalų, oro bei azoto suboksido santykis nustatytas teisingai. Pariebinus mišinį būtų gaunama dar didesnė variklio galia, tačiau papildomai išaugtų variklio detalių mechaninė ir šiluminė apkrova.

Kitas svarbus variklio rodiklis, rodantis variklio energetinį efektyvumą, yra lyginamosios degalų sąnaudos. Variklio su NOS lyginamosios degalų sąnaudos sumažėjo ~24 g/kWh (~8.7 %). Degalų sąnaudų sumažėjimą galima paaiškinti išaugusiu variklio efektyvumu naudingumo koeficientu. Tai rodo, kad didesnė degalų energijos dalis paverčiama naudingu darbu. Naudojant NOS, efektyvusis naudingumo koeficientas padidėjo nuo 0,36 iki 0,39 (~8,3 %), nes degimas vyksta intensyviau – santykinai mažiau energijos netenkama aušinant variklį, išmetant deginius ir įveikiant mechaninius nuostolius.



5 pav. Variklio detalių atsparumo skaitinis modeliavimas SolidWorks programa

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus variklio stūmoklio, švaistiklio piršto ir švaistiklio atsparumo skaičiavimus klasikine metodika ir SolidWorks skaitinio modeliavimo programa nustatyta, kad šių detalių metalo įtempiai, naudojant NOS, neviršija leistinų ribų – atsargos koeficientas yra ~2,1 (5 pav.). Palyginus AVL BOOST gautus Toyota GT86 4U-GSE variklio darbo ciklo skaitinio modeliavimo duomenis ir įvertinus variklio detalių atsparumo

skaitinio modeliavimo *SolidWorks* programa rezultatus, galima daryti išvadą, kad NOS sistema yra efektyvi didinant galią bei gerinant variklio dinamines savybes.

Išvados

Atlikus *Toyota GT86 4U-GSE* variklio su azoto suboksido tiekimo sistema termodinaminius skaičiavimus ir skaitinį modeliavimą *AVL BOOST* programa, pateikiamos apibendrintos azoto suboksido įtakos variklio rodikliams išvados:

1. Įsiurbimo takto pabaigos temperatūra sumažėjo nuo $T_a = 348,06$ K iki $T_{a\text{NOS}} = 321,77$ K (7,6 %).
2. Maksimali variklio galia padidėjo nuo $P_e = 149,8$ kW iki $P_{e\text{NOS}} = 186$ kW (~24 %).
3. Lyginamosios degalų sąnaudos sumažėjo nuo $b_e = 275,46$ (g/kWh) iki $b_{e\text{NOS}} = 251,48$ (g/kWh) (8,7 %).
4. Variklio efektyvusis naudingumo koeficientas išaugo nuo $\eta_e = 0,36$ iki $\eta_{e\text{NOS}} = 0,39$ (8,3 %).
5. Variklio veikimo efektyvumas išaugo, nes naudojant NOS gerėja cilindų pripildymas – išauga ciklinis deguonies ir benzino kiekis, degimas vyksta intensyviau, per ciklą išsiskiria didesnis energijos kiekis ir santykinai mažiau energijos netenkama aušinant variklį, išmetant deginius bei įveikiant mechaninius nuostolius.
6. Išaugus variklio detalių mechaninėms apkrovoms jų sukelti įtempiai neviršija leistinų.

Literatūra

1. AVL BOOST. 2011. *AVL BOOST theory*. Graz, Austria. 113 p.
2. AVL BOOST. 2011. *AVL BOOST Users Guide*. Graz, Austria. 297 p.
3. Bobolts, T. *Track Testing the LS2 Nitrous Kit from NOS*. 2010 [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lsxtv.com/tech-stories/power-adders/track-testing-the-ls2-nitrous-kit-from-nos/>.
4. Butkus, A. 2009. *Vidaus degimo variklių projektavimo pagrindai*. Vilnius: Technika. 203 p.
5. *Cold Fusion Wet Kits*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. vasario 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://nitrousdirect.com/wetnitrouskits.html>.
6. Davis, E and Davis, D.P. 2002. *Supercharging, Turbocharging and Nitrous Oxide*. 160 p.
7. *Nitrous oxide systems*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. balandžio 25 d.]. prieiga per internetą: <http://www.precisionautomotivespecialists.com/Edelbrock-Nitrous-Oxide-Systems.html>.
8. *Tiuningavimas*. 2008 [Interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. Balandžio 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://tiuningavimas.blogas.lt/>.
9. *Toyota-GT86-2-0l-nos-controller*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2014 m. gruodžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.unichipwholesale.com/product/2013-toyota-gt86-2-0l-nos-controller>.
10. Žarnauskas A., Ancutienė I., Ivanauskas R., Petrašauskienė N. 2008. *Neorganinė chemija*. Kaunas: Technologija, 197 p.

Padėka

Straipsnyje atlikti tyrimo rezultatai gauti naudojant vidaus degimo variklių modeliavimo programą *AVL BOOST*, kurios vartotojo licencija įgyta pagal VGTU Transporto inžinerijos fakulteto ir *AVL Advanced Simulation Technologies* bendradarbiavimo sutartį.

ANALYSIS OF NITROUS OXIDE INJECTION SYSTEM EFFICIENCY IN TOYOTA GT86 4U-GSE ENGINE

Summary

This research analyses one of the ways how to increase internal combustion engine power – nitrous oxide (NOS) injection system application. Paper presents NOS systems overview. Spark ignition atmospheric *Toyota GT86 4U-GSE* engine was chosen as prototype to do numerical simulation using software *AVL BOOST*. Thermal and dynamic calculations, efficient parameters of standard and upgraded engine, also stress analysis of engine parts were carried out.

Keywords: spark ignition engine, increase of engine power, nitrous oxide, *AVL BOOST*.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Aleksandr Robert Ščerbuk

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros magistrantas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, degalai ir jų mišiniai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37067834008, aleksandras.scerbuk@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Mindaugas Melaika

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių transporto katedros asistentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: mindaugas.melaika@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname: Aleksandr Robert Ščerbuk

Science degree and name: master student

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department master student.

Author's research interests: Internal combustion engines, fuel blend's

Telephone and e-mail address: +37067834008, aleksandras.scerbuk@gmail.com

Author name, surname: Mindaugas Melaika

Science degree and name: Master degree

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department, assistant

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: mindaugas.melaika@vgtu.lt

AUTOBUSO AMORTIZATORIŲ ANALITINIAI DINAMINIAI TYRIMAI

Artūras Kilikevičius¹, Kristina Kilikevičienė², Jonas Matijošius², Petras Kaikaris³, Jurijus Zaranka²

¹VGTU Mechanikos inžinerijos fakultetas, ²VGTU Transporto inžinerijos fakultetas,

³VTDK Technikos fakultetas

Anotacija

Tyrimų tikslas – išanalizuoti žemagrindžiam autobuse naudojamus amortizatorius. Tikslui pasiekti buvo sudarytas amortizatoriaus dinaminis modelis ir atliktas modeliavimas. Sudarytas autobuse naudojamo amortizatoriaus dinaminis modelis leidžia analizuoti perduodamumą tarp amortizuojamos ir neamortizuojamos masių.

Reikšminiai žodžiai: kelių transportas, autobusas, dinaminiai tyrimai.

Įvadas

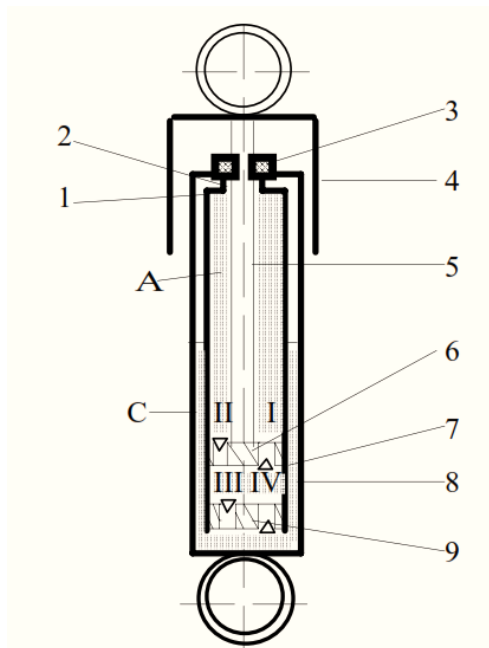
Įtaisai, slopinantys kėbulo svyravimus kylančius pakabos tampriuosiuose elementuose, važiuojant nelygiu keliu, yra amortizatoriai. Amortizatoriai turi vienodą įtaką eismo saugumo ir judėjimo komforto užtikrinimui, jie turi neleisti ratams atitrūkti nuo kelio paviršiaus, tai yra užtikrinti gerą sukibimą su kelio paviršiumi ir neleisti kėbului svyruoti. Šie privalumai būdingi pneumohidrauliniams ir hidrauliniams tampriems įrenginiams, turintiems slopinančiųjų savybių. Hidrauliniuose slopintuvuose mechaninės energijos virtimas į šiluminę energiją sąlygoja jų išilimą iki 160 ir daugiau laipsnių. Hidraulinio amortizatoriaus konstrukcija analogiška stūmoklinio siurblio: skirtumas tas, kad skystis slopintuvo viduje pumpuojamas iš vienos kameros į kitą uždaru cirkuliacijos ratu. Todėl amortizatoriai priskiriami tūrinėms hidraulinėms mašinoms, dirbančioms prie vidutinių ir aukštų slėgių (teleskopiniai prie 3,0 – 7,5 MPa, svirtiniai prie 15 – 30 MPa).

Teoriniais ir eksperimentiniais bandymais nustatyta, kad mažiausiai reikalaujantys medžiagų ir kompaktiškiausi, esant vienodai galiai, yra tik hidrauliniai slopintuvai – hidrauliniai amortizatoriai, juos galima reguliuoti, be to, jie pasižymi darbinį charakteristikų stabilumu plačiame virpesių intervale (iki 20 Hz).

Amortizatorius viršuje tvirtinamas prie kėbulo arba rėmo, o apačioje – prie svirties ar pakabos sijos. Abiejuose šiuose taškuose tvirtinimo jėgų reikšmės tokios pačios kaip ir kylančios cilindre slopinimo jėgos. Lyginant su svirtiniais, teleskopiniai amortizatoriai yra ilgesni. 1 pav. pavaizduota principinė amortizatoriaus schema. Amortizatorius absorbuoja energiją, kuri susidaro judant rato pakabai. Slankiojant stūmokliui amortizatoriaus viduje, alyva veržiasi per kalibruotas angas ir judesio energija virsta šiluma. Amortizatoriaus darbo ciklą sudaro du taktai – ištraukimo ir suspaudimo. Per suspaudimo taktą amortizatorius suspaudžiamas. Taip atsitinka, pvz., ratui užvažiavus ant kelio dangos kauburio. Per ištraukimo taktą amortizatorius vėl ištempiamas. Ištraukimo eiga visuomet didesnė už suspaudimo eigą (jų santykis – maždaug 5:2). Slopinimo jėga tuo didesnė, kuo greičiau juda stūmoklis. Didelė slopinimo eiga per suspaudimo taktą blogina komfortą. Tačiau, jei tokia savybė pasižymi priekiniai amortizatoriai, automobilis rieda stabiliau, o stabdomas mažiau pasvyra.

Amortizatoriaus konstrukcijoje panaudotas skysčio droseliavimo principas: dėl skysčio, tekančio iš vieno amortizatoriaus ertmių į kitas, amortizatorius, įstatytas tarp pakabos ir kėbulo, priešinasi pakabos detalių judėjimui kėbulo atžvilgiu. Amortizatoriaus pasipriešinimas, jį tempiant, keletą kartų didesnis už pasipriešinimą, jį spaudžiant. Dvivamzdis amortizatorius sudarytas iš darbinės ertmės A, stūmoklio 6, pritvirtinto prie koto 5 galo, dugninio vožtuvo 9, koto kreipiančiosios 1, kurioje įstatytas tarpiklis 3 ir kuri kartu su stūmokliu 6 priima kylančius lenkimo momentus. Kompensacinė ertmė C tarp cilindro 7 ir rezervuaro 8 yra iki pusės pripildyta alyvos. Kita jos dalis yra kaip rezervuaras skysčio tūrio padidėjimui kompensuoti, kai jis šildamas plečiasi (galima temperatūra iki +120 C°, o amortizatoriuose, skirtuose eksploatuoti šalyse su karštu klimatu, – iki +200 C°), arba judančio stūmoklio kotui.

Kompensacinėje ertmėje skysčio lygis turi siekti pusę jos aukščio, priešingu atveju, esant ekstremalioms sąlygoms, per dugninį vožtuvą į darbinę ertmę bus siurbiamas oras. Tokios sąlygos gali kilti esant dideliems šalčiams (–40 C°) ir pilnai ištraukus kotą. Papildomai reikia įvertinti amortizatoriaus montavimo pasvirimą, nes tai lemia vienpusį alyvos lygio sumažėjimą kompensacinėje ertmėje. Dėl to yra ribojamas amortizatoriaus pasvirimo kampas: bet kuriuo atveju jis negali būti didesnis kaip 45°. Taip gali atsitikti esant pilnai suspaustai priklausomai pakabai, jeigu viršutiniai amortizatorių tvirtinimo taškai yra suartinti. Kuo labiau amortizatoriai sustumti į vidų, tuo mažesnis efektyvus atstumas tarp jų, lyginant su provėža. Pakabos eigos perdavimo santykis padidėja, todėl pablogėja skersinių kampinių virpesių slopinimas – tai ypač tampa akivaizdu esant aukštam automobilio kėbului.



1 pav. Principinė amortizatoriaus schema

Norint įvertinti amortizatorių būklę naudojami du metodai, paprastai yra naudojami dinamometriniai bandymai, kurie naudoja elektrinę-hidraulinę cilindrinę pavarą ar elektros variklį, kurie kartu su švaistiklio mechanizmu tikrina amortizatorius (kurie turi būti išimti iš transporto priemonės) prie skirtingų įėjimo sąlygų ar skirtingų sinusinių dažnių.

Atstojamosios jėgos tarp amortizatoriaus ir vykdymo mechanizmo matavimas bei rezultatų pateikimas kaip greičio funkcija suteikia tikslus rezultatus ir aiškiai indentifikuoja amortizatoriaus parametrus [Dixon 1999, Kowalski 2002, Kowalski 2001, Rao 1999, Rao 2002].

Kita vertus, apatinės pakabos testuose (kur amortizatoriaus pašalinimas yra nebūtinai) taikomas padangų kratymas poslinkiu prie skirtingų dažnių ir tada išmatuojama padangų kontakto su platforma jėga. Gautas po tokių bandymų rezultatas, vadinamas adhezija, yra gera priemonė pakabos sistemos būklei nustatyti, bet nėra pakankami informatyvus būdas amortizatoriaus būklei nustatyti [Balsarotti 2000].

Nozaki ir Inagaki [Nozaki 1999] pristatė naujos koncepcijos bandymų įrenginį, galintį matuoti amortizavimo jėgą; tačiau šiame įrenginyje turi būti naudojama atitinkami įrankiai (vibracijas sukeliantis įrenginys, skaičiavimo įranga, poslinkio jutiklis ir padangos apkrovos matavimo daviklis), kurie apriboja naudojimo ir perkeliavimo lankstumą.

Šiuolaikiniuose automobiliuose naudojami MEMS (Mikro elektroninė mechaninė sistema) jutikliai, kurie įvertina amortizatorių būklę, ir kurių tikslumo pakanka įvertinti ar amortizatorių dar galima eksploatuoti. Dėl mažo dydžio, bendrų galimybių ir mažos kainos vienetui MEMS jutikliai yra naudojami daugelyje automobiliams [Marek 2002, McDonald 1990, Müller-Fiedler 2003].

Amortizatoriaus būklės vertinimo metodas. Pakabos analizės būdas. Šiuo analizės būdu atliekama vieno ketvirčio teorinė analizė, tiriama automobilio pakabos sistema turi du laisvės laipsnius (2 pav.), ir tai padaryta dėl to, kad virpesiai atsiranda nepriklausomai kiekvienam ratui.

Amortizuojamos ir neamortizuojamos masės jėgų-balanso lygtys (M_u ir M_s):

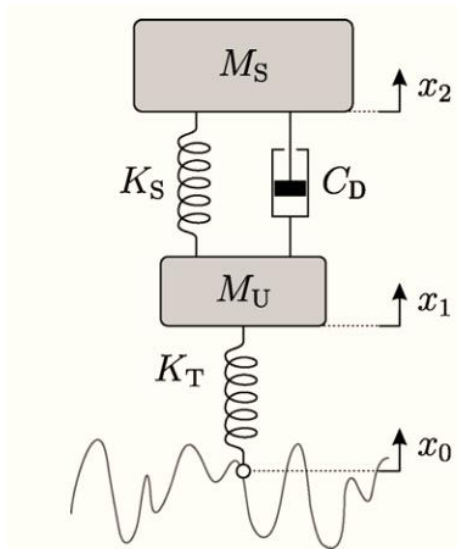
$$\begin{cases} M_s \ddot{x}_2 = K_s(x_1 - x_2) + C_D(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \\ M_u \ddot{x}_1 = K_T(x_0 - x_1) - K_s(x_1 - x_2) - C_D(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \end{cases} \quad (1)$$

Sprendžiant minėtas lygtis dažninėje formoje galima nustatyti perduodamumą T_R , išėjimo į išėjimo dydžių santykis M_u ir M_s pagreičių ($\ddot{X}_2$ ir $\ddot{X}_1$) dažninėje formoje:

$$T_R = \left| \frac{\ddot{X}_2(\omega)}{\ddot{X}_1(\omega)} \right| = \sqrt{\frac{1+(2\zeta r)^2}{(1-r^2)^2+(2\zeta r)^2}} \quad (2)$$

T_R yra slopinimo santykio funkcija, r yra jėginis dažnio santykis. Slopinimo koeficientas ζ yra slopinimo koeficiento C_D , amortizuojamos masės M_S ir spyruoklės standumo koeficiento K_S funkcija:

$$\zeta = \frac{1}{2} \frac{C_D}{\sqrt{M_S K_S}}, \quad (3)$$



2 pav. Vieno ketvirčio pakabos dinaminis modelis (M_S – amortizuojama masė; M_U – neamortizuojama masė; K_S – spyruoklės standumo koeficientas; K_T – padangos standumo koeficientas; C_D – slopinimo koeficientas; x_0 – kelio sukeliamas žadinimas; x_1 – padangos poslinkis; x_2 – amortizuojamos masės poslinkis)

Jėginis dažnio santykis r yra santykis tarp žadinimo dažnio f ir sistemos savojo dažnio f_n :

$$r = \frac{f_r}{f_n}. \quad (4)$$

Įprastinių transporto priemonių pasyviose pakabos sistemose, spyruoklės standumo koeficientas K_S mažai kinta per transporto priemonės eksploatavimo laiką. Automobilio masė M_S keičiasi nuo transporto priemonės apkrovimo, šis poveikis yra ryškesni galinei ašiai, priekinės ašies apkrovą daugiausiai lemia jėginės pavaros masės (variklio ir pan.).

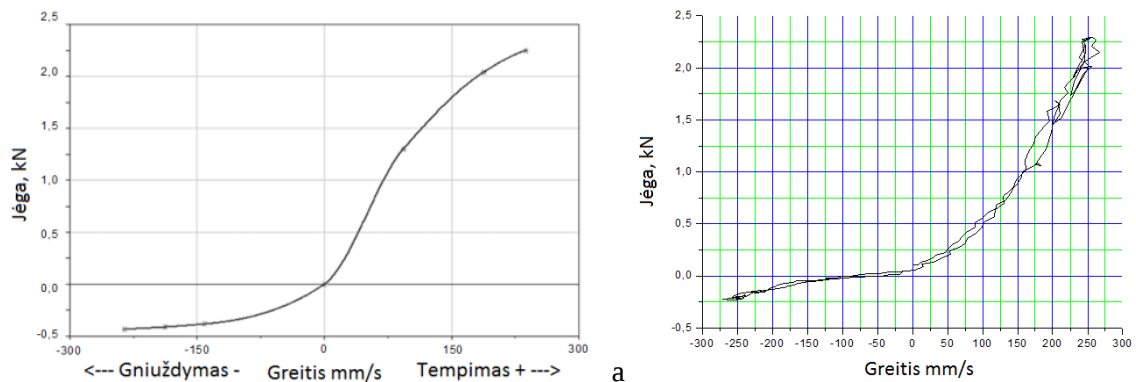
Slopinimo sistemos modeliavimas

Amortizatoriaus modeliavimas. Amortizatorius yra pagrindinis pakabos sistemos slopinimo elementas, kuris daugiausia naudojamas sumažinti vibracijas tarp transporto priemonės kėbulo ir ratų. Slopinimo jėga tarp dviejų standžių kūnų išreiškiama šia lygtimi:

$$F_d = f_d(v), \quad (5)$$

kur f_d yra netiesinė funkcija, v santykinis pagreitis tarp dviejų standžių kūnų.

Slopinimo jėga yra momentinio santykinio greičio tarp dviejų komponentų funkcija. Pagrindinė amortizatoriaus charakteristika yra netiesinė priklausomybė tarp jėgos ir greičio (3 pav.). Modeliavimas remiasi amortizatoriaus įvesties-išvesties (poslinkio ir jėgos) santykiu.



3 pav. Amortizatoriaus priklausomybė tarp jėgos ir greičio $F_d = f_d(v)$; a) modeliavimuose naudota kreivė, b) eksperimentiškai gauta

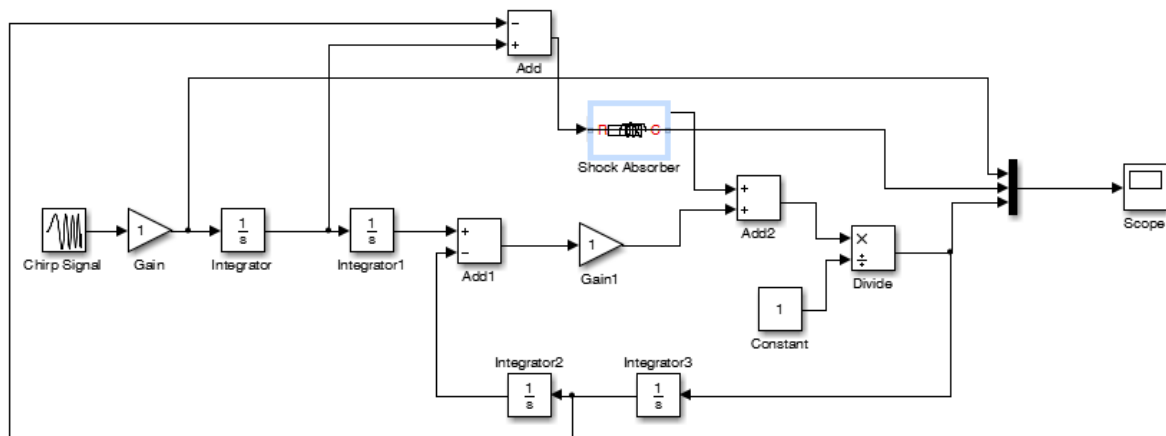
Modeliavimui atlikti naudojama programinė įranga MATLAB, skirta didelės greitaveikos skaitmeniniam apdorojimui ir vizualizacijai. MATLAB apima skaitmeninę analizę, veiksmus su matricomis ir masyvais, signalų apdorojimą ir grafiką [Kilikevičienė 2015, Jurevičius 2015]. SIMULINK – vizualinio modeliavimo įrankis.

Sudaromo modelio blokai yra sujungiami kryptiniais ryšiais. Duomenys, kuriuos perduoda tarpusavy blokai, gali būti skaliariniai dydžiai, vektoriai arba daugiamatės matricos. Kartu su kitais modeliavimo parametrais vartotojas gali nurodyti modeliavimo laiko kitimo būdą (pastovus arba kintamas žingsnis) ir modeliavimo pabaigos sąlygas.

Programų paketą Simulink, kuris yra sistemos MATLAB posistemė, galima laikyti vienu iš šiuolaikiškiausiu dinaminų modelių kūrimo ir tyrimo priemonių. Jis leidžia sudaryti dinaminų sistemų modelius ir gali būti panaudotas kaip projektuojant ir tyrinėjant mašinas, taip ir kitais tikslais, pavyzdžiui, diagnozuojant techninį mašinos būklę jos eksploatacijos metu. Tuo tikslu taikoma turtinga dinaminų grandžių su skirtingomis perdavimo funkcijomis biblioteka, disponuojama vizualinėmis priemonėmis, reikalingomis ekvivalentinio modelio surinkimui, naudojamosi skaičiavimo algoritmų rinkiniu, kuris užtikrina aukštą tikslumą bei gerą nagrinėjamų procesų charakteristikų atvaizdavimą.

Žemiau 4 pav. pateikta modeliavimo schema autobuso slopinimo sistemai modeliuoti.

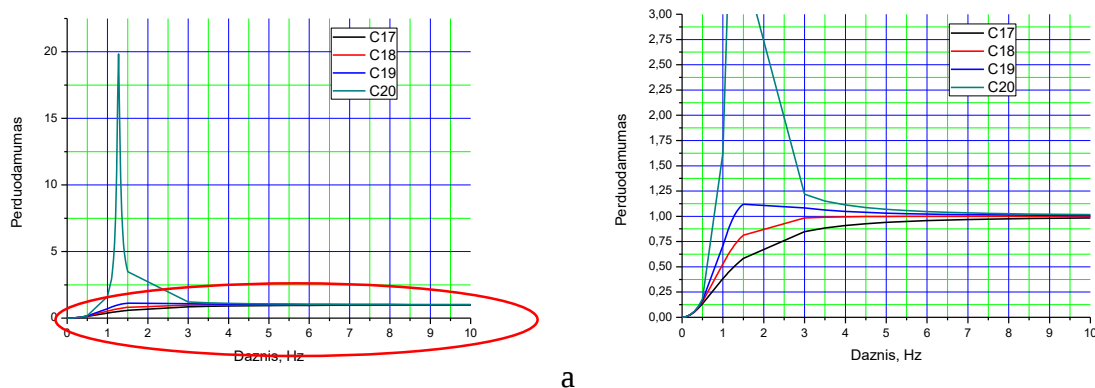
Modelis buvo naudojamas slopinimo sistemos būklei nustatyti žinant perduodamumą tarp amortizuotos ir neamortizuotos masės pagreičių arba nustatyti slopinimo jėgą žinant ratų pagreitį ir slėgį ištempimo kameroje.



4 pav. Slopinimo sistemos modeliavimo schema

Matlab Simulink modelis buvo sukurtas apibūdinti pakabos elgesį, o anksčiau pateiktos lygtys apibūdina amortizatoriaus modelį. Modelis buvo naudojamas amortizatoriaus būklės nustatymui gaunant perduodamumą tarp amortizuotos ir neamortizuotos masių pagreičių (5 pav.).

5 pav. a dalis rodo apskaičiuotąjį $\ddot{X}_2/\ddot{X}_1$ perduodamumą tarp dviejų pagreičių prie įvairių amortizatoriaus būklių (naujas, neveikiantis, bei du panaudoti amortizatoriai po 30000 ir 60000 km).



5 pav. Perduodamumas $\frac{\ddot{x}_2}{\ddot{x}_1}$ esant skirtingoms amortizatorių būklėms (a) bei praplėsta (b) raudonai apvesta vieta šio grafiko a dalyje

Išvados

1. Sudarytas autobuse naudojamo amortizatoriaus dinaminis modelis leidžia analizuoti perduodamumą tarp amortizuojamos ir neamortizuojamos masių.
2. Atlikti tyrimai parodo, kad tyrimo amortizatoriaus rezonansinis dažnis yra apie 1,3 Hz.

Literatūra

1. Dixon J.C., The Shock Absorber Handbook, SAE, Warrendale, 1999.
2. Kowalski D., Rao, M. D., Blough, J. R., Gruenberg, S. 2002. Dynamic testing of shock absorbers under non-sinusoidal conditions, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D, Journal of Automobile Engineering 216 (5) (2002) 373–384.
3. Kowalski D., Rao, M. D., Blough, J. R., Gruenberg, S., Griffiths, D. 2001. The effects of different input excitation on the dynamic characterization of an automotive shock absorber, in: SAE 2001 Noise and Vibration Conference, no. 2001-01-1442,
4. Rao M.D., S. Gruenberg, H. Torab, Measurement of dynamic properties of automotive shock absorbers for nvh, in: Proceedings of the 1999 Noise and Vibration Conference, no. 1999-01-1840, 1999.
5. Rao M.D., S. Gruenberg, Measurement of equivalent stiffness and damping of shock absorbers, Experimental Techniques 26 (2) (2002) 39–61. W. Schiehlen, B. Hu, Spectral simulation and shock absorber identification, International Journal of Non-Linear Mechanics 38 (2) (2003) 161–171.
6. Balsarotti S., Bradley W. 2000. Experimental evaluation of a non-intrusive automotive suspension testing apparatus, in: SAE 2000 World Congress, no. 2000-01-1329.
7. Nozaki H., Y. Inagaki, Technology for measuring and diagnosing the damping force of shock absorbers and the constant of coil springs when mounted on a vehicle, JSAE Review 20 (3) (1999) 413–419.
8. Marek J., M. Illing, Micromachined sensors for automotive applications, Sensors, 2002. Proceedings of IEEE 2 (2002) 1561–1564.
9. McDonald G., A review of low cost accelerometers for vehicle dynamics, Sensors and Actuators A21–23 (1990) 312–315.
10. Müller-Fiedler R., V. Knoblauch, Reliability aspects of microsensors and micromechatronic actuators for automotive applications, Microelectronics Reliability 43 (7) (2003) 1085–1097.
11. Kilikevičienė, Kristina; Skeivalas Jonas; Kilikevičius, Artūras; Pečeliūnas, Robertas; Bureika, Gintautas. The analysis of bus air spring condition influence upon the vibration signals at bus frame. Maintenance and reliability. Warsaw : Polish Maintenance Society. ISSN 1507-2711. Vol. 17, iss. 3 (2015), p. 463-469..
12. Jurevičius, Mindaugas; Turla, Vytautas; Bureika, Gintautas; Kilikevičius, Artūras. Effect of external excitation on dynamic characteristics of vibration isolating table. Maintenance and reliability. Warsaw : Polish Maintenance Society. ISSN 1507-2711. Vol. 17, iss. 2 (2015), p. 260-265.

THE DYNAMIC ANALYTICAL RESEARCH OF BUS DAMPER

Summary

The aim of research is to analyse float buses shock absorber. In order to achieve it was concluded damper dynamic model and performed simulation. There was composed buses damper dynamic model allows the analysis of transmissibility between amortization and amortized masses.

Keywords: road transport, buses, dynamic researches.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Kilikevičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros magistrantė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Kaikaris.

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros vedėjas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 676 16303, p.kaikaris@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jurius Zaranka.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Arturas Kilikevičius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department associated professor.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: +370 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Author name, surname: Kristina Kilikevičienė

Science degree and name: doctoral student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department doctoral student.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: +370 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Petras Kaikaris.

Science degree and name: lector.

Workplace and position: Vilnius College of Technology and Design, Technic faculty Head of Automobile Transport department.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 676 16303, p.kaikaris@vtdko.lt

Author name, surname: Jurius Zaranka.

Science degree and name: doctor, lector.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

AUTOBUSO ANALITINIAI DINAMINIAI TYRIMAI

Artūras Kilikevičius¹, Kristina Kilikevičienė², Jonas Matijošius²,
Kristina Čižiūnienė², Jurijus Zaranka²

¹VGTU Mechanikos inžinerijos fakultetas, ²VGTU Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija

Tyrimų tikslas – išanalizuoti žemagrindžio autobuso dinamines charakteristikas taikant virpesių lygtis. Tikslui pasiekti pirmiausia buvo sudarytas $\frac{1}{4}$ autobuso sistemos dinaminis modelis ir atliktas sistemos modeliavimas žadinant realių amplitudžių reikšmėmis. Antra, atliktas amortizatoriaus modeliavimas. Sudarytas autobuso sistemos dinaminis modelis leidžia analizuoti charakteringus ir pavojingus autobusui dinaminis virpesius.

Reikšminiai žodžiai: kelių transportas, autobusas, dinaminiai tyrimai.

Išvadas

Europoje ir Lietuvoje viešojo transporto autobusai yra įvairių konstrukcijų. Žemagrindžiai autobusai plačiai naudojami visuomeniniame transporte [Kilikevičienė 2015, Jurevičius 2015], bet miestuose vis dar važinėja ir senesnio ar labai seno dizaino autobusai.

Nors komercinių krovinių automobilių dinaminės ratų apkrovos variantai buvo plačiai ištirti, tačiau atlikta tik keletas tyrimų miesto ar užmiesčio autobusų važiavimo ir dinaminės ratų apkrovos charakteristikoms nustatyti [Minka 2007, Olorunshola 2011]. Šie tyrimai atskleidė, kad automobilių dinaminės ratų apkrovos perduodamos kelio dangai ir atitinkamai važiavimo metu sukeltas vibracijas, perduodamas vairuotojui/keleiviui transporto priemonėje, stipriai įtakoja įvairūs konstrukciniai sprendimai ir eksploatavimo sąlygos [Lin 1994]. Žinoma, kad prie dinaminės ratų apkrovos ir važiavimo kokybės labai prisideda tokie veiksniai kaip eksploatavimo sąlygos: kelių nelygumai, greitis ir didžiausias pakrautos transporto priemonės leistinas svoris, ir įvairūs konstrukciniai sprendimai, susiję su ašinėmis apkrovomis, ašių konfigūracija, pakabos ir padangų statinės ir dinaminės savybės. Transporto priemonės pakaba ir padangos vaidmuo didinant sunkiųjų transporto priemonių draugiškumą keliui buvo nagrinėti daugelyje tyrimų. Tačiau pagrindinis dėmesys skiriamas pakabos ir ašių konfigūracijos savybių atkūrimui [Lin 1994]. Tuo tarpu pakabos ir padangų slopinimo savybių poveikis buvo nagrinėjami tik nedaugelyje tyrimų. Atlikus tyrimus padaryta išvada, kad važiavimo metu transporto priemonės su pneumatine pakaba yra žymiai pranašesnės už transporto priemones su pakaba su plienine spyruokle.

Tyrimui naudojamas Mercedes Benz O405 žemagrindis autobusas (1 pav.). Autobusas per dieną vidutiniškai nuvažiuoja 300 km. Amortizatoriai keičiami kas 120 000 km. Pasirinktas žemagrindis autobusas turi daugelio gamintojų žemagrindžių autobusų bruožus, kas leidžia nagrinėti jį kaip plataus pritaikymo tyrimo objektą. Bei gautus tyrimo rezultatus ir gautus dėsningumus pritaikyti ir kitiems žemagrindžiams autobusams.

Mercedes Benz O405 autobuso sistemą sudaro: ratai su padangomis – neamortizuotoji masė; pakaba (amortizatoriai, spyruoklės, oro pagalvės); rėmas; kėbulas – amortizuotoji masė.



1 pav. Mercedes Benz O405 žemagrindis autobusas

Autobuso pagrindiniai parametrai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Žemagrindžio autobuso duomenys

Parametrai	Tuščias	Pusiaus pakrautas	Pilnai pakrautas
Autobuso konstrukcijos masė (kg)	9250 – 9390	13116	17200
Priekinės ašies masė (kg)	700	700	700
Galinės ašies apkrova (kg)	1250	1250	1250
Ratų standumo koeficientas, K (N/m)	921607	921607	921607
Ratų slopinimo koeficientas, C (Ns/m)	800	800	800

Autobuso parametrai, kurie buvo naudojami šiame straipsnyje susideda iš pakabos komponentų parametų ir geometrinių autobuso parametų. Pakabos komponentų, tokių kaip amortizatoriai, pneumatinės oro pagalvės ir padangos, duomenys gauti atliekant laboratorinius bandymus. Geometriniai duomenys ir fizikinės konstantos paimtos iš gamintojo pateiktos techninės žemagrindžio autobuso charakteristikos.

Miesto autobusų modelis išilginiame pjūvyje

Yra platus spektras autobusų konstrukcijų, kurios yra naudojamos miesto viešajame transporte. Žemagrindžiai autobusai plačiausiai naudojami miesto transporte, tačiau vis dar naudojami ir ankstesnio dizaino (klasikiniai) autobusai. Įvairių autobusų projektavimo specifikacijos akivaizdžiai parodo, kad visi autobusai eksploatuojami pagal atitinkamus svorius ir matmenų charakteristikas, o ašys pagal tam tikrus panašumus, kaip pakabos komponentai, geometrinis išdėstymas ir sujungimai. Skirtingų autobusų geometrinės ir inercinės savybės gali šiek tiek skirtis. Pagrindiniai skirtumai tarp skirtingų pavaros ašių kaip pavyzdys gali būti pakabos ašies sukimui besipriešinančios juostos naudojimas, spyruoklių ir amortizatorių takeliai, ašių apkrovos bei spyruoklės, amortizatorių ir padangų savybės.

Šiame tyrime yra sudarytas modelis išilginėje plokštumoje, kuris galėtų būti taikomas įvairių modelių autobusams. Šio modelio ypatumai yra tokie, kad modelis sudarytas žemagrindžiam miesto autobusui. Priekinės pakabos ašis susideda iš dviejų oro pagalvių kiekvienoje pusėje, atstumu 0,4064 m išilgine kryptimi. Vienas amortizatorius montuojamas su 3 laipsnių pasvirimo kampu į vertikalią ašį. Galinė pakaba susideda iš dviejų oro pagalvių kiekvienoje pusėje, atstumu 1,391 m išilgine kryptimi. Du amortizatoriai naudojami kaip pakabos vienetai, kur kiekvienas amortizatorius dedamas arti oro pagalvių ir montuojamas be nuolydžio. Remiantis priekinės ir galinės ašių konfigūracija, sudarytas bendrinis autobuso modelis išilginėje plokštumoje, kuris gali būti naudojamas ir kitiems žemagrindžiams miesto autobusams.

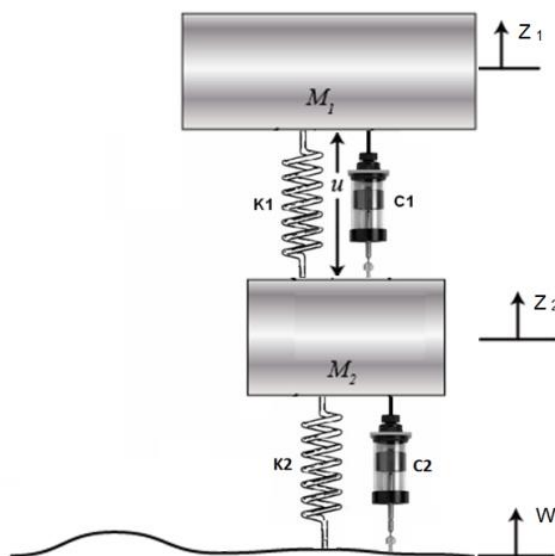
Pakabos jėgos. Pakabos jėgos susidaro dėl pneumatinių slopinimo sistemų ir amortizatorių, kurie yra aprašomi netiesinių komponentų modeliais. Pateiktos autobuso sistemos komponentinio modelio integravimas atliekamas išilginėje plokštumoje, kurioje pateiktas dinaminis modelis gali spręsti amortizuotos ir neamortizuotos masės judesio uždavinius. Apibendrinta jėga, kuri sukuria amortizatoriaus ir kuri susideda iš oro pagalvės, tarpinių dalių trinties ir hidraulinių jėgų. Oro pagalvių jėga yra žymiai mažesnė už hidraulinių srautų ir tarpinių dalių trintį.

Komponentų charakteristikas aprašantys modeliai. Miesto autobusų važiavimo ir padangų apkrovų važiavimo metu charakteristikos yra tiesiogiai susijusios su statinių ir dinaminių pakabos komponentų ir padangų savybėmis, kurios yra netiesinės funkcijos, priklausančios nuo įvairių projektavimo ir eksploatavimo veiksnių. Todėl analitinio modelio veiksmingumas remiasi tiksliai analitinio modelio sudedamųjų dalių statinių ir dinaminių savybių nustatymu. Be to, komponentų koeficientai ir modeliai turi būti priartinti prie realių reikšmių per visą eksploatavimo diapazoną. Miesto autobusai visada dirba su pneumatinėmis pakabomis (oro pagalvėmis) ir amortizatoriais su daugiapakopėmis slopinimo savybėmis, susijusiomis su hidraulinėmis vožtuvų įleidimo ir išleidimo savybėmis. Jėgos, kurias sukuria komponentai, yra netiesinės funkcijos, priklausančios nuo jų konstrukcijos bei amortizuojamos ir ne amortizuojamos masės poslinkių ir greičių. Jėgos, kurias sukuria transporto priemonės padangos, taip pat priklauso nuo statinės apkrovos ir padangų slėgio.

Kaip jau buvo aptarta literatūros apžvalgoje, miesto autobusai susiduria su dideliu eksploatavimo sąlygų spektru ir komponentų savybės nebuvo tinkamai kiekybiškai nustatytos per platų eksploatavimo sąlygų spektrą. Buvo atlikti tyrimai, kuriais buvo siekiama nustatyti skirtingų miesto autobusų pakabos komponentų charakteristikas [Boileau, 1992, Boileau, 1998]. Gauti šių tyrimų bandymo rezultatai, aprašantys oro spyruokles, amortizatorius ir padangas, yra naudojami kurti tikslius netiesinius komponentų modelius, kurie yra įtraukti į siūlomą miesto autobuso išilginėje plokštumoje modelį. Sudedamosios modelio dalys yra aprašomos fizikos dėsniais ir regresine analize, kurie aprašyti tolesniuose skyriuose.

Oro pagalvės (oro spyruoklės). Miesto autobuso pakaba susideda iš lanksčių pritvirtintų ant ašies oro pagalvių, montuojamų tarp važiuoklės ir pakabos, kaip parodyta 2 paveiksle. Sukuriamas oro guolių yra kompleksas, susidedantis iš oro slėgio, stūmoklio darbinės eigos, oro cilindro tūrio ir momentinio aukščio funkcijų. Skirtingai nei komercinių krovininių automobilių miesto autobusų pakabos ir padangų apkrovos gali gerokai skirtis dėl kintančio vežamų keleivių skaičiaus. Priekinės ašies apkrova, kuri modelyje gali svyruoti nuo 40 kN (kai nėra keleivių) iki maždaug 61 kN (kai pilnai apkrautas), o galinės ašies apkrova gali skirtis nuo 81 kN iki maždaug 116 kN. Atlikti bandymai laboratorijose nustatė priekinės bei galinės pakabos ašių pneumatinių spyruoklių slėgio-deformacijos ir jėgos-deformacijos charakteristikas prie skirtingų statinių apkrovų. Iš gautų išmatuotų duomenų buvo padaryta išvada, kad vidutinis veiksmingas oro pagalvės plotas yra įlinkio funkcija.

Autobuso dinaminis modelis. Žemagrindžio miesto autobuso ketvirčio dinaminio modelio schema pavaizduota 2 pav. Modelį sudaro amortizuotos ir neamortizuotos masės, amortizatoriai ir padangos. Amortizuotoji masė m_1 vaizduojama kaip vientisa kėbulo, važiuoklės ir keleivių masė. Neamortizuotoji masė m_2 vaizduoja atitinkamai priekinės ir galinės ašių ir ratų mases.



2 pav. ¼ Autobuso dinaminis modelis

Naudojantis 2 pav. pavaizduotu dinaminio modeliu sudaromos judėjimo lygtys.

Judėjimo lygtys. Žemagrindis autobusas vaizduojamas kaip vieno ketvirčio 2 laisvės laipsnių sistema (kaip parodyta 2 pav.), darant prielaidą, kad transporto priemonės sukimosi ir skersinė dinamika važiavimo ir dangos atsako į apkrovą metu turi nedidelį poveikį. Tariant, kad važiavimo greitis yra pastovus, amortizuotosios masės judėjimas priimamas išilgai vertikalios ir išilginės ašies. Neamortizuotų masių judėjimas dėl vienintelės ašies priimamas kaip 1 laisvės laipsnio išilgai vertikalios ašies [Chen 2008]. Pakabos spyruoklių ir amortizatorių išdėstymas miesto autobuso modelyje vis dėlto gali sukelti tam tikrus išilginius momentus apie ašies vidurį. Šių momentų svarba gali būti žymi esant amortizuotosios masės išilginiams virpesiams, kuriuos gali sukelti kelio nelygumai ir/ar stabdymas. Tokiu būdu neamortizuotosios masės ryšium su priekine ir galine ašimis yra priimamos galimai 2 laisvės laipsnių judėjimo išilgai vertikalios ir išilginės krypčių. Supaprastinimui lankstumas dėl autobuso kėbulo ir važiuoklės struktūros priimamas nereikšmingas. Nors praktikoje autobuso rėmo pasvirimas įvyksta esant maždaug 6 Hz, tačiau šių virpesių poslinkio reikšmė yra labai maža. Taigi amortizuotoji masė vaizduojama kaip kietas/standus kūnas. Tačiau šio supaprastinimo pagrįstumas galėtų būti abejotinas modernioms lengvasvorėms važiuoklėms, kurios gali sukelti didelius važiuoklės poslinkius. Pakabos elementų išvystytos jėgos gaunamos iš sudedamųjų dalių modelių. Miesto autobusas yra sudėtinga virpamoji sistema, turinti savyje tamprius, disipacinius ir kitokius ryšius. Tokios sistemos diferencialinių lygčių išvedimui tikslinga taikyti antrojo tipo Lagranžo lygtį:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dT}{dq_i} \right) - \frac{dT}{dq_i} + \frac{d\Phi}{dq_i} + \frac{d\Pi}{dq_i} = Q_i(t), \quad (1)$$

čia T , Π , Φ – sistemos kinetinė, potencinė energijos ir disipacinė funkcija; $\{q\}$, $\{\dot{q}\}$, $\{\ddot{q}\}$ – poslinkio, greičio ir pagreičio vektoriai, $\{Q(t)\}$ – išorinio žadinimo jėgų vektorius. Žemiau pateiktos apibendrintų koordinačių z_1 ir z_2 lygtys.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{dT}{dz_1}\right) - \frac{dT}{dz_1} + \frac{d\Phi}{dz_1} + \frac{d\Pi}{dz_1} = Q_1, \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{dT}{dz_2}\right) - \frac{dT}{dz_2} + \frac{d\Phi}{dz_2} + \frac{d\Pi}{dz_2} = Q_2, \quad (3)$$

čia $\{z_1\}$, $\{\dot{z}_1\}$, $\{z_2\}$, $\{\dot{z}_2\}$ – poslinkio ir greičio vektoriai, $\{Q_i\}$ – išorinio žadinimo jėgų vektorius.

Prieš tai pateiktose lygtyse (2 ir 3) kinetinė, potencinė energijos ir disipacinė funkcija turėtų tokias išraiškas:

$$T = \frac{1}{2}m_1\dot{z}_1^2 + \frac{1}{2}m_2\dot{z}_2^2, \quad (4)$$

$$\Pi = \frac{1}{2}k_2z_2^2 + \frac{1}{2}k_1z_1^2, \quad (5)$$

$$\Phi = \frac{1}{2}c_2\dot{z}_2^2 + \frac{1}{2}c_1\dot{z}_1^2, \quad (6)$$

$$dw = Q_1dz_1 + Q_2dz_2, \quad (7)$$

Visos sistemos matematinį modelį sudarys antros eilės diferencialinių lygčių sistema kartu su ryšio lygtimis:

$$[A]\{\ddot{q}\} + [B]\{\dot{q}\} + [D]\{q\} = \{Q(t)\}, \quad (8)$$

čia (A) , (B) , (D) – inercijos, slopinimo ir standumo matricos; $\{q\}$, $\{\dot{q}\}$, $\{\ddot{q}\}$ – poslinkio, greičio ir pagreičio vektoriai, $\{Q(t)\}$ – jėgų vektorius.

Inercijos, slopinimo ir standumo, bei poslinkio, greičio, pagreičio ir jėgų vektorių matricų reikšmės pateiktos žemiau:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$[B] = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

$$[D] = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix}, \quad (11)$$

$$\{q\} = \begin{Bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{Bmatrix}, \quad \{\dot{q}\} = \begin{Bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{Bmatrix}, \quad \{\ddot{q}\} = \begin{Bmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \end{Bmatrix}, \quad (12)$$

$$\{Q\} = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{Bmatrix}. \quad (13)$$

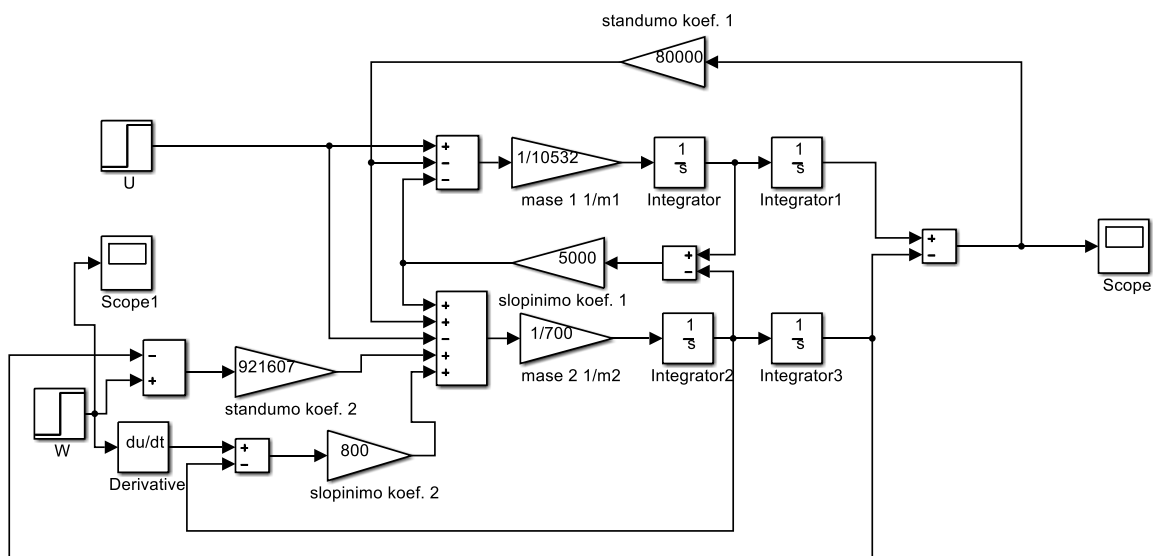
Ištačius inercijos, slopinimo, standumo matricų, poslinkio, greičio, pagreičio ir jėgos vektorių reikšmes į 8 formulę gauname sistemos dinamikos lygtį matricinėje formoje:

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{z}_1 \\ \ddot{z}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 & -c_1 \\ -c_1 & c_1 + c_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 \\ -k_1 & k_1 + k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ k_2 w + c_2 \dot{w} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Autobuso modeliavimas

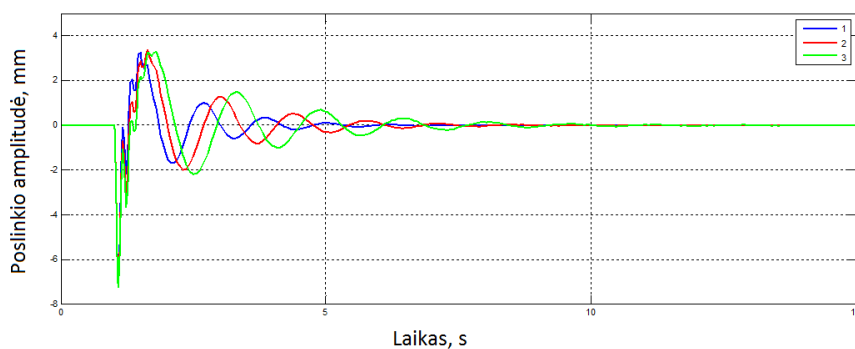
Žemiau 3 pav. pateikta modeliavimo schema ¼ autobusui modeliuoti.

Matlab Simulink modelis buvo sukurtas apibūdinti autobuso ketvirčio elgesį (3 pav.), o anksčiau pateiktos lygtys (1 – 11 lygtys) apibūdina autobuso matematinį modelį.

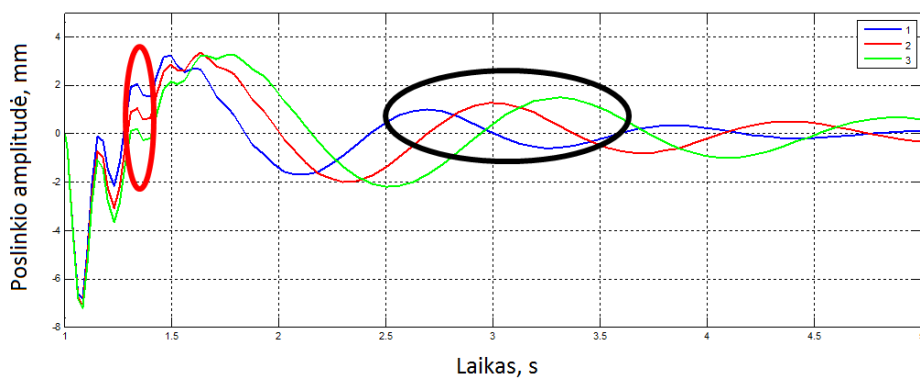


3 pav. ¼ autobuso modeliavimo schema

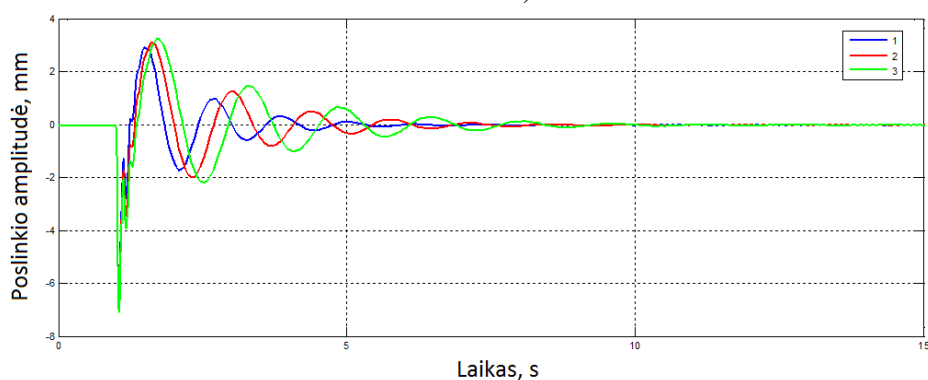
Modeliavimo rezultatai pateikti 4 – 9 pav. 4 pav. pateikti ¼ autobuso galinės pakabos, kai naudojamas naujas amortizatorius, modeliavimo rezultatai. 5 pav. yra praplėsta, kad būtų matoma amortizatorių ir autobuso apkrautumo įtaka vertikaliam poslinkiui, 4 pav. dalis iki 5 sekundės. Modeliavimo metu buvo įmamos dvi standumo ir slopinimo reikšmės, kurios priklausė nuo amortizatoriaus būklės. Buvo vertinami dviejų būklių amortizatoriai: naujas ir panaudotas (kurio rida sudarė pusė eksplotacinio laiko, t.y. 60000 km). 6 pav. pateikti ¼ autobuso priekinės pakabos, kai naudojamas naujas amortizatorius, modeliavimo rezultatai, 7 pav. praplėsta 6 pav. dalis iki 5 sekundės. 8 pav. pateikti ¼ autobuso galinės pakabos, kai naudojamas panaudotas amortizatorius, modeliavimo rezultatai, 9 pav. praplėsta 8 pav. dalis iki 5 sekundės. 10 pav. pateikti ¼ autobuso priekinės pakabos, kai naudojamas panaudotas amortizatorius, modeliavimo rezultatai, 11 pav. praplėsta 12 pav. dalis iki 5 sekundės. Modeliavime naudojamos amortizatorių slopinimo ir standumo koeficientų reikšmės paimtos iš A priedo, kuriame pateikti nagrinėjamo autobuso amortizatorių teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai.



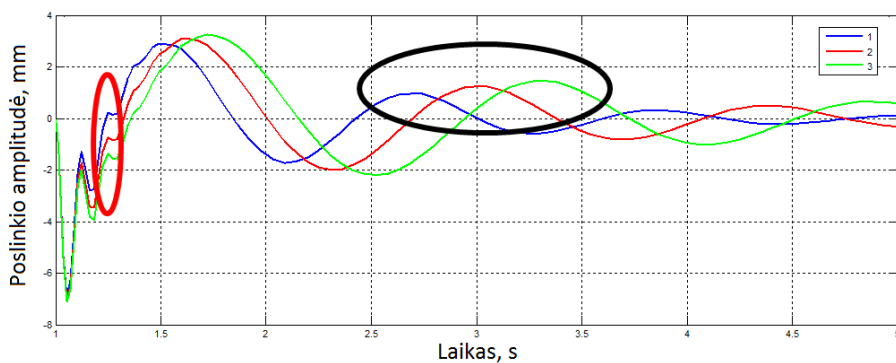
4 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso galinės pakabos, kai naudojamas naujas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas



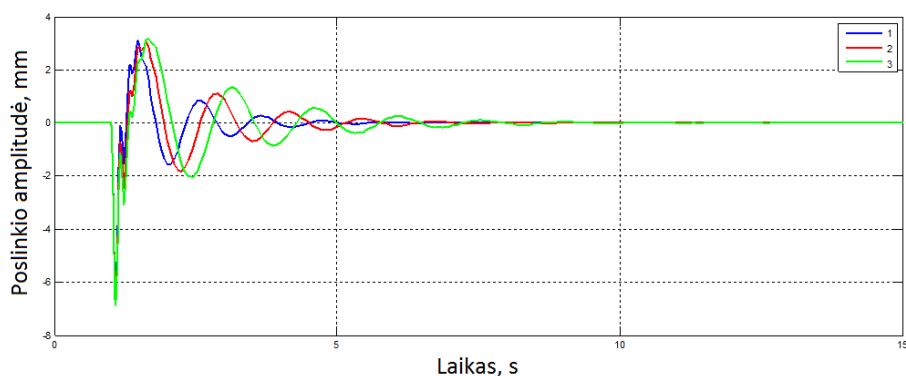
5 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso galinės pakabos, kai naudojamas naujas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas (praplėsta 2.4 pav. dalis nuo 1 iki 5 sekundės)



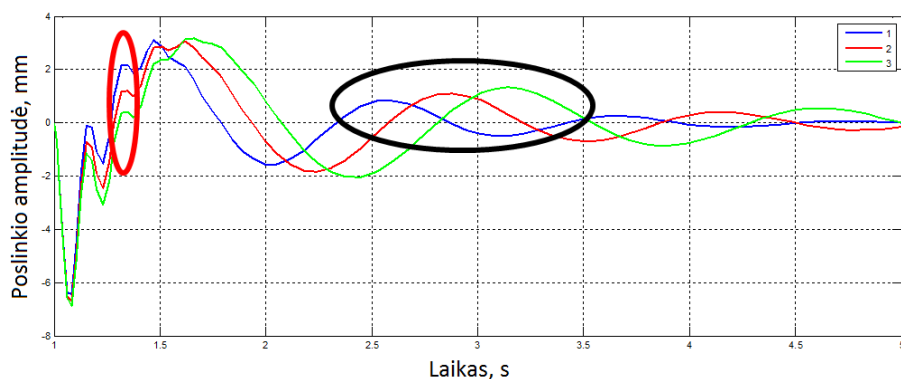
6 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso priekinės pakabos, kai naudojamas naujas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas



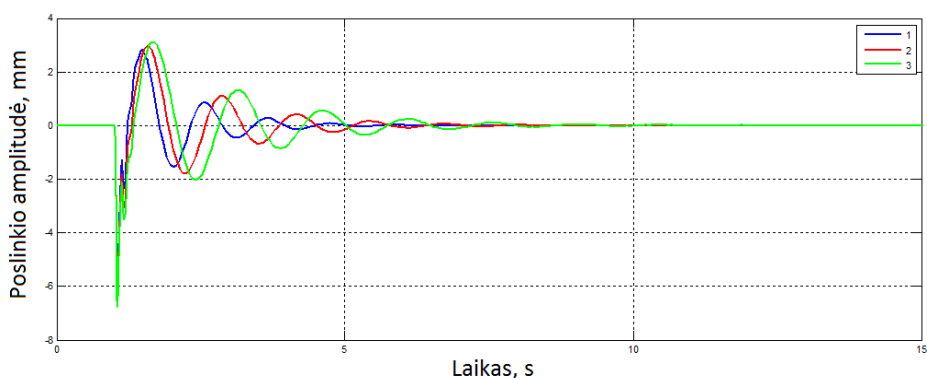
7 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso priekinės pakabos, kai naudojamas naujas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas (praplėsta 2.6 pav. dalis nuo 1 iki 5 sekundės)



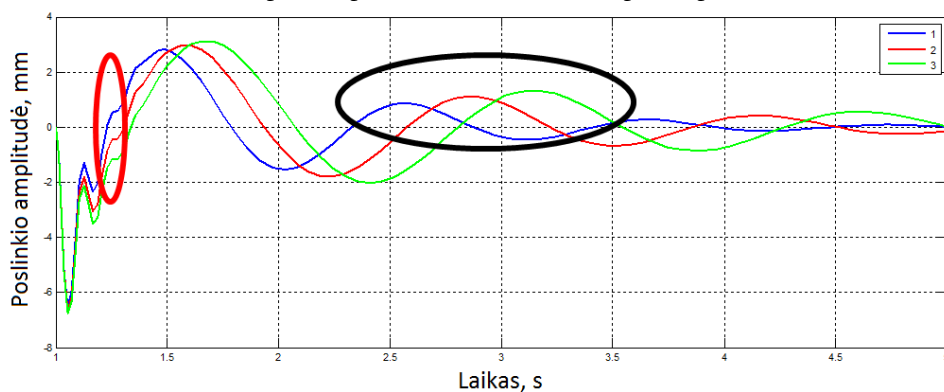
8 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso galinės pakabos, kai naudojamas panaudotas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas



9 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso galinės pakabos, kai naudojamas panaudotas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas (praplėsta 2.8 pav. dalis nuo 1 iki 5 sekundės)



10 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso priekinės pakabos, kai naudojamas panaudotas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas



11 pav. $\frac{1}{4}$ autobuso priekinės pakabos, kai naudojamas panaudotas amortizatorius, modeliavimo rezultatai: 1 tuščias autobusas; 2 pusiau pakrautas autobusas; 3 pilnai pakrautas autobusas (praplėsta 2.10 pav. dalis nuo 1 iki 5 sekundės)

Grafikuose, kurie pateikti 4-11 pav., esančių kreivių skaitinės pateiktos 2 lentelėje. 2 lentelėje pateiktos 5, 7, 9 ir 11 pav. apvestų dalių skaitinės reikšmės. 5, 7, 9 ir 11 pav. raudonai apvesta nuo didesnio dažnio priklausanti dalis (nuslopsta aukštesnio dažnio dedamoji per 0.5 sekundės). 5, 7, 9 ir 11 pav. juodai apvesta nuo žemesnio dažnio priklausanti dalis (nuslopsta žemesnio dažnio dedamoji per 10 sekundžių). Vertinant žemagrindžio autobuso apkrovimą (tuščias, pusiau pakrautas, pilnai pakrautas) matosi, kad masė pasikeičia 40 %, t.y. padidėja pusiau pakrauto autobuso masė vertinant su tuščiu autobusu; vertinant tuščią su pilnai pakrautu autobusu masės padidėjimas lygus 85 %; vertinant pusiau pakrautą su pilnai pakrautu autobusu masės padidėjimas lygus 31 %.

2 lentelė

Skaitinės poslinkio reikšmės gautos modeliavimo metu (iš 5, 7, 9 ir 11 pav.)

Naujas amortizatorius			
Galinė pakaba (5 pav.)	Poslinkio reikšmės prie įvairių autobuso pakrovimo būklių (mm)		
	tuščias	pusiau pakrautas	pilnai pakrautas
Raudona dalis	2,050	1,027	0,201
Juoda dalis	0,943	1,262	1,496
Naujas amortizatorius			
Priekinė pakaba (7 pav.)	Poslinkio reikšmės prie įvairių autobuso pakrovimo būklių (mm)		
	tuščias	pusiau pakrautas	pilnai pakrautas
Raudona dalis	0,214	-0,714	-1,361
Juoda dalis	2,931	3,099	3,262
Panaudotas amortizatorius			
Galinė pakaba (9 pav.)	Poslinkio reikšmės prie įvairių autobuso pakrovimo būklių (mm)		
	tuščias	pusiau pakrautas	pilnai pakrautas
Raudona dalis	2,173	1,191	0,388
Juoda dalis	0,838	1,123	1,340
Panaudotas amortizatorius			
Priekinė pakaba (11 pav.)	Poslinkio reikšmės prie įvairių autobuso pakrovimo būklių (mm)		
	tuščias	pusiau pakrautas	pilnai pakrautas
Raudona dalis	0,503	-0,464	-1,166
Juoda dalis	2,813	2,986	3,110

Pateikti duomenys 2 lentelėje rodo, kad vertinant galinės pakabos virpesius atsižvelgiant į žemagrindžio autobuso apkrovą (tuščias, pusiau pakrautas, pilnai pakrautas) gauti tokie rezultatai: 1.1) kai naudojamas naujas amortizatorius (vertinama juodai apvesta dalis 5 pav., ši dalis parodo neamortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 5 kartus lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 10 kartų lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 2 kartus lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu; 1.2) kai naudojamas naujas amortizatorius (vertinama raudonai apvesta dalis 5 pav., ši dalis parodo amortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 34 % lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 59 % lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 19 % lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu; 2.1) kai naudojamas panaudotas amortizatorius (vertinama juodai apvesta dalis 9 pav., ši dalis parodo neamortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 3 kartus lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 5,6 karto lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 82 % lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu; 2.2) kai naudojamas panaudotas amortizatorius (vertinama raudonai apvesta dalis 9 pav., ši dalis parodo amortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 34 % lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 60 % lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 19 % lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu. Vertinant priekinės pakabos virpesius atsižvelgiant į žemagrindžio autobuso apkrovą (tuščias, pusiau pakrautas, pilnai pakrautas) gauti tokie rezultatai: 3.1) kai naudojamas naujas amortizatorius (vertinama juodai apvesta dalis 7 pav., ši dalis parodo neamortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 90 % lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 7,4 karto lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 4,4 karto lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu; 3.2) kai naudojamas naujas amortizatorius (vertinama raudonai apvesta dalis 7 pav., ši dalis parodo amortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 5,7 % lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 5,1 % lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 11 % lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu; 4.1) kai naudojamas panaudotas amortizatorius (vertinama juodai apvesta dalis 11 pav., ši dalis parodo neamortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 2,5 karto lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 3,3 karto lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 90 % lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu; 4.2) kai naudojamas panaudotas amortizatorius (vertinama raudonai apvesta dalis 11 pav., ši dalis parodo amortizuojamos masės poveikį) poslinkio amplitudė padidėja 6,3 % lyginant tuščią autobusą su pusiau pakrautu, 4,1 % lyginant tuščią autobusą su pilnai pakrautu ir 10,6 % lyginant pusiau pakrautą autobusą su pilnai pakrautu. Vertinant amortizuojamos masės poveikį poslinkio

amplitudžių pokytis sumažėja nuo 11,6 iki 12,5 %, kai vertinami galinės pakabos naujas su panaudotu amorizatoriai. Vertinant amortizuojamos masės poveikį poslinkio amplitudžių pokytis sumažėja nuo 3,8 iki 4,9 %, kai vertinami priekinės pakabos naujas su panaudotu amorizatoriai. Vertinant neamortizuojamos masės poveikį poslinkio amplitudžių pokytis sumažėja 6, 16 ir 93 % (atitinkamai tuščias, pusiau pakrautas ir pilnai pakrautas autobusas), kai vertinami galinės pakabos naują su panaudotu amorizatoriai. Vertinant neamortizuojamos masės poveikį poslinkio amplitudžių pokytis sumažėja 2,35 karto, 54 ir 17 % (atitinkamai tuščias, pusiau pakrautas ir pilnai pakrautas autobusas), kai vertinami priekinės pakabos naujas su panaudotu amorizatoriai.

Išvados

Atlikti tyrimai parodo, kad vertinant amortizuojamos masės poveikį poslinkio amplitudžių pokytis sumažėja nuo 11,6 iki 12,5 %, kai vertinami galinės pakabos naujas su panaudotu amorizatoriai. Vertinant amortizuojamos masės poveikį poslinkio amplitudžių pokytis sumažėja nuo 3,8 iki 4,9 %, kai vertinami priekinės pakabos naujas su panaudotu amorizatoriai. Vertinant neamortizuojamos masės poveikį poslinkio amplitudžių pokytis sumažėja 6, 16 ir 93 % (atitinkamai tuščias, pusiau pakrautas ir pilnai pakrautas autobusas), kai vertinami galinės pakabos naujas su panaudotu amorizatoriai. Vertinant neamortizuojamos masės poveikį poslinkio amplitudžių pokytis sumažėja 2,35 karto, 54 ir 17 % (atitinkamai tuščias, pusiau pakrautas ir pilnai pakrautas autobusas), kai vertinami priekinės pakabos naujas su panaudotu amorizatoriai.

Literatūra

1. Minka, N. S. and Ayo, J. O (2007) Effects of loading behavior and road transport stress in traumatic injuries in cattle transported by road during the hot-dry season. *Livestock Science*. 107: 91 -95.
2. Olorunshola K. V., Achie, L. N. and Ogunwole, E. (2011) Effect of Road Transport Stress on the cardiopulmonary parameters of Young Adult Nigerians during the Harmattan Season. *Asian J. of Med. Sci.* 3(4): 164 – 169.
3. Lin, Wen Kan et al., "Dynamic wheel/pavement force sensitivity to variations in heavy vehicle parameters, speed and road roughness", *Heavy Vehicle Systems, Int. J. of vehicle design*, 1(2), 1994, ppl39-155.
4. Kilikevičienė, Kristina; Skeivalas Jonas; Kilikevičius, Artūras; Pečeliūnas, Robertas; Bureika, Gintautas. The analysis of bus air spring condition influence upon the vibration signals at bus frame. *Maintenance and reliability*. Warsaw : Polish Maintenance Society. ISSN 1507-2711. Vol. 17, iss. 3 (2015), p. 463-469.
5. Jurevičius, Mindaugas; Turla, Vytautas; Bureika, Gintautas; Kilikevičius, Artūras. Effect of external excitation on dynamic characteristics of vibration isolating table. *Maintenance and reliability*. Warsaw : Polish Maintenance Society. ISSN 1507-2711. Vol. 17, iss. 2 (2015), p. 260-265.

THE DYNAMIC ANALYTICAL RESEARCH OF BUS

Summary

The aim of research is to analyse the dynamic characteristics of the low-floor bus through the vibration equation. To achieve the first was made up ¼ of the bus system dynamic model and performed simulation system wakeup actual amplitude values. Second, the simulations carried out the shock absorber. Made in the bus system dynamic model allows the analysis of the characteristic and dangerous bus dynamic oscillations.

Keywords: road transport, buses, dynamic researches.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Kilikevičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros magistrantė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Kaikaris.

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros vedėjas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 676 16303, p.kaikaris@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jurijus Zaranka.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Arturas Kilikevičius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department associated professor.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: +370 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Author name, surname: Kristina Kilikevičienė

Science degree and name: doctoral student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department doctoral student.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: +370 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Petras Kaikaris.

Science degree and name: lector.

Workplace and position: Vilnius College of Technology and Design, Technic faculty Head of Automobile Transport department.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 676 16303, p.kaikaris@vtdko.lt

Author name, surname: Jurijus Zaranka.

Science degree and name: doctor, lector.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: +370 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

AUTOMOBILIO „BMW 318i“ EKOLOGINIŲ IR ENERGETINIŲ PARAMETRŲ POKYČIO TYRIMAS NAUDOJANT SUSLĖGTAS GAMTINES DUJAS IR PRITAIKIUS TURBOKOMPRESORIŲ

Alfredas Rimkus, Jevgenij Kibickij, Mindaugas Melaika
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnyje tiriami „BMW 318i N42B20“ variklio dinaminių, energetinių ir ekologinių rodiklių pokyčiai, benzina pakeitus suslėgtomis gamtinėmis dujomis (SGD) bei įdiegus priverstinį oro pripūtimą. Suslėgtų gamtinių dujų ir turbokompresoriaus panaudojimo vidaus degimo variklyje efektyvumas analizuojamas naudojant skaitinę modeliavimo programą „AVL Boost“. Gauti skaičiavimų rezultatai rodo, kad modifikuotam varikliui veikiant SGD degalais išauga jo galia, sumažėja lyginamosios degalų sąnaudos ir azoto oksidų (NO_x) bei angliavandenilių (CH) koncentracija deginiuose.

Reikšminiai žodžiai: vidaus degimo variklis, suslėgtos gamtinės dujos, variklio galia, sukimo momentas, teršalų emisija.

Įvadas

Pastaraisiais metais pasaulyje vis dažniau keliama automobilių ekologiškumo problema (Baltoji knyga, 2011). Griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai priverčia automobilių gamintojus ieškoti naujų sprendimų ir būdų, mažinančių išmetamųjų dujų emisiją į aplinką. Pamažu į rinką skverbiasi elektromobiliai, tačiau ribotas nuvažiuojamas atstumas, didelė elektromobilių kaina bei nepakankamai išvystyta infrastruktūra stabdo šių transporto priemonių paklausą. Todėl vidaus degimo variklius varomi automobiliai vis dar išlieka perkamiausiais naujų ir naudotų automobilių rinkoje.

Sprendžiant išmetamųjų dujų emisijos problemą, automobilių gamintojai, projektuodami vidaus degimo variklius, vis dažniau panaudoja turbokompresorius. Šio sprendimo priežastis – naudojant turbokompresorius pagerėja cilindro pripildymas, kas pagerina degimo procesą, padidina variklio galią bei sumažina teršalų kiekį, išmetamą į aplinką (Hartman, 2007). Taip pat turbokompresorius suteikia galimybę sumažinti variklio darbinį tūrį, sumažinant vidinius mechaninius nuostolius bei tuo pačiu degalų sąnaudas, neprarandant variklio išvystomos galios (Bosh, 2009).

Dar vienas išmetamųjų teršalų emisijos mažinimo sprendimas – suslėgtų gamtinių dujų panaudojimas. Sudegus šioms dujoms, į aplinką yra išmetama mažesnė kemsingų medžiagų emisija. Taip pat šios dujos turi didesnį oktaninį skaičių nei benzinas ir tai leidžia padidinti suslėgimo pabaigos parametrus (slėgį ir temperatūrą) išvengiant detonacijos. Šiuo atveju didėja variklio galia (Heywood, 1988). Tačiau mokslininkai pastebi, kad naudojant gamtines dujas vietoje benzino būtina anksti uždegimo paskubos kampą bent keliais laipsniais. Taip pat nustatyta, kad naudojant gamtines dujas lyginamosios degalų sąnaudos sumažėja (Evans *et al.* 1997). Aslam *et al.* eksperimentiniu būdu nustatė, kad anglies monoksido (CO), anglies dvideginio (CO_2) ir CH teršalų emisija sumažėjo, naudojant gamtinių dujų degalus. Tačiau palyginus su benzinu pastebėtas NO_x padidėjimas.

Šio darbo tikslas – išanalizuoti „BMW 318i N42B20“ vidaus degimo variklio energetinių ir ekologinių rodiklių pokytį, pakeitus benzina į SGD bei panaudojus turbopripūtimą.

Degalų savybės

Gamtinės dujos visame pasaulyje yra pigesnės negu naftos produktai. Naudojant gamtines dujas, išlaidos degalams sumažinamos 20 – 40 % (Tonkonogij, 2012). Todėl tai yra puiki alternatyva benzininiams ir dyzeliniams degalams. Taip pat gamtinių dujų šilumingumas yra ženkliai didesnis, negu kitų degalų rūšių, SGD sudėtyje mažesnis C/H santykis (1 lentelė). Gamtinių dujų telkinių kiekis Žemėje ženkliai viršija naftos atsargas (Tonkonogij, 2012).

1 lentelė

Įvairių degalų savybių šilumingumo palyginimas

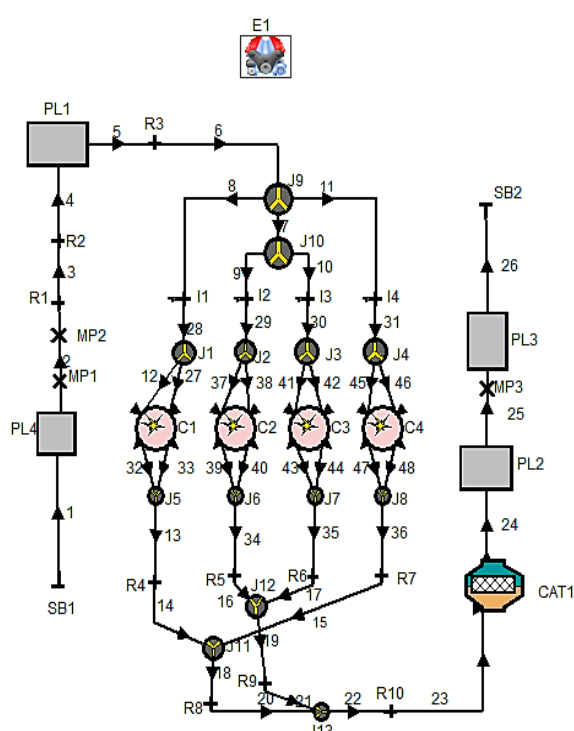
Eil. Nr.	Savybės Degalai	Degalų sudėties pagrindiniai elementai	Žemutinis šilumingumas H_u , MJ/kg
1	Suslėgtos gamtinės dujos (97 % CH_4)	76 C, 24 H	47,7
2	Benzinas	85 C, 15 H	43,5
3	Dyzelinas	86 C, 14 H	42,5
4	Suskystintos naftos dujos	82 C, 18 H	46,1

Šaltinis: Katinas *et al.*, 2012; Bosch, R. 2000

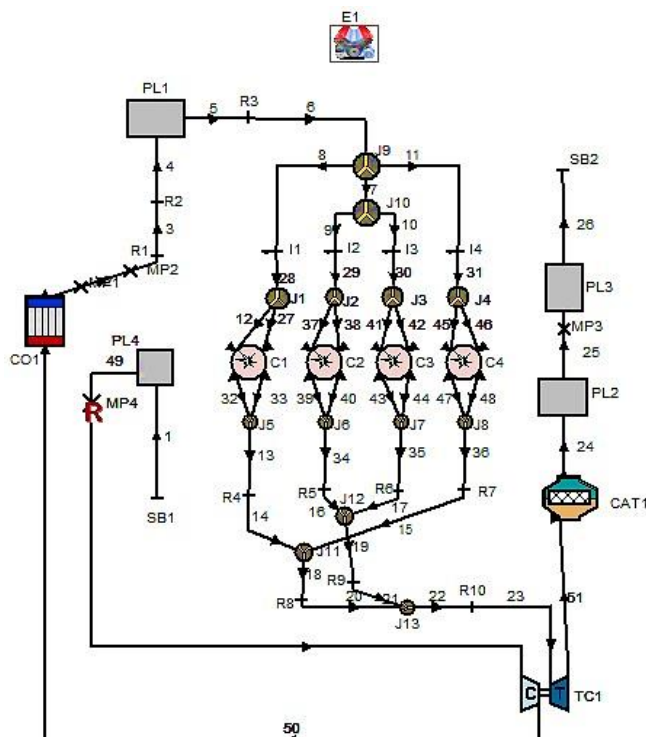
Variklio rodiklių tyrimas „AVL Boost“ programa

„AVL Boost“ – tai kompiuterinė vidaus degimo variklių modeliavimo programa, leidianti sukurti tiriamo variklio skaitinį modelį, keisti jo parametrus bei atlikti darbo ciklų simuliacijas panaudojant skirtingas degalų rūšis. Tiriant variklius šios skaitinio modeliavimo programos pagalba yra sutaupoma daug pinigų bei laiko, nes projektavimas vyksta virtualiai, o simuliacijos rezultatai gaunami labai greitai.

„AVL Boost“ kompiuterinėje programoje sukuriamas variklio prototipo modelis (1 pav.). Į programą suvedus reikiamus tyrinėjamo variklio parametrus atliekama prototipo simuliacija.



1 pav. „AVL Boost“ programa sumodeliuotas prototipas – BMW 318i N42B20 variklis



2 pav. „AVL Boost“ programa sumodeliuotas modifikuotas variklis

Skaičiai nuo 1 iki 48 – vamzdiniai sujungimai; „PL1“ ir „PL4“ – įsiurbiamo oro tūrinės talpos; „PL2“ ir „PL3“ – išmetamų deginių talpos; „J1 – J13“ – sujungimai; „CAT1“ – deginių neutralizatorius; „MP1“ – „MP3“ – matavimo taškai; „I1“ – „I4“ – degalų purkštuvai; „R1“ – „R10“ – srauto apribojimai, įvertinantys vamzdžių skersmens pasikeitimus; „C1“ – „C4“ – cilindrai; „E1“ – vidaus degimo variklio sistema; „SB1“ – sistemos pradžia; „SB2“ – sistemos pabaiga; „CO1“ – tarpinis oro aušintuvas; „TC1“ – turbokompresorius.

Šaltinis: sudaryta autorių

Šio darbo prototipas – „BMW E46 318i“ automobilis, gamintas nuo 2001 iki 2006 metų. Variklis – benzininis „N42B20“, 4-ių cilindrų, turintis $V_H = 1995 \text{ cm}^3$ darbinį tūrį, $P_e = 105 \text{ kW}$ galią (esant variklio sukimosi greičiui $n = 6000 \text{ min}^{-1}$) ir $M_e = 200 \text{ Nm}$ sukimo momentą (esant 3750 min^{-1}). Dujų skirstymo mechanizmas sudarytas iš 2-iejų paskirstymo velenų, kurių darbą reguliuoja „Double VANOS“ sistema. Vožtuvų skaičius, tenkantis cilindrui – 4. Dujų skirstymo mechanizmo pavara – grandininė (Двухвальный N42, 2013). „AVL Boost“ programoje įvedus pariebintą benzino oro degųjų mišinį (oro pertekliaus koeficientas $\lambda = 0,96$) apskaičiuoti variklio dinaminiai rodikliai sutampa su gamintojo pateiktomis charakteristikomis.

„AVL Boost“ kompiuterine programa sukurtas skaitinis prototipo modelis (2 lentelė) yra patobulinamas ir gaunamas modifikuotas simuliuojamas variklis (2 pav.). Modifikuoto variklio modelyje papildomai montuojamas turbokompresorius, kurio pagalba sukuriamas 1,2 bar pripučiamo oro slėgis. Turbokompresoriaus efektyvumo koeficientas – 0,65. Įrengiamas 10 l talpos tarpinis oro aušintuvas. Vidaus degimo variklio naudojami degalai yra pakeičiami iš benzino į suslėgtas gamtines dujas (CH_4).

2 lentelė

Pagrindiniai variklio parametrai, suvesti į „AVL Boost“, programą sudarant skaitinį modelį

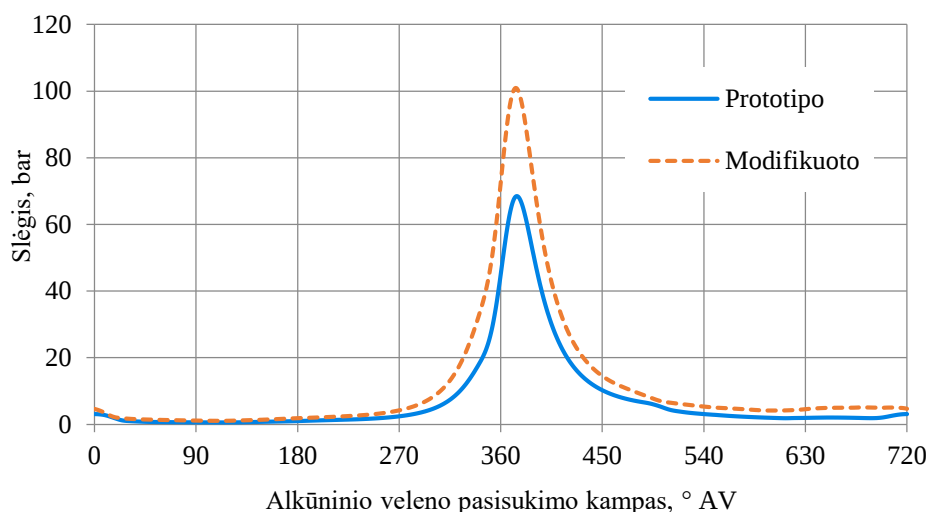
Parametras	Matavimo vienetai	Reikšmė
Suslėgimo laipsnis		10
Įsiurbimo vožtuvų skersmuo	mm	32

Parametras	Matavimo vienetai	Reikšmė	
Išmetimo vožtuvų skersmuo	mm	29	
Švaistiklio ilgis	mm	146	
Cilindro skersmuo	mm	84	
Stūmoklio paviršiaus plotas	mm ²	5542	
Degimo kameros paviršiaus plotas	mm ²	6096	
Stūmoklio eiga	mm	90	
Išsiurbimo kolektoriaus vamzdžių skersmenys	mm	40	
Uždegimo paskubos kampas	° AV (alkūninio veleno)	-20	
Degimo proceso trukmė	° AV	55°	
		Išsiurbimo vožtuvai	Išmetimo vožtuvai
Vožtuvų atidarymas	° AV	4 (prieš VRT)	74 (prieš ART)
Vožtuvų uždarymas	° AV	66 (po ART)	4 (po VRT)
Vožtuvų atidarymo trukmė	° AV	250	258
Vožtuvų eiga	mm	9,7	9,7

Šaltinis: *Двухтактный N42, 2013*

Skaičiavimų rezultatai ir jų analizė

Analizuojant skaičiavimų rezultatus matyti, jog įdiegus variklyje pripūtimą ir pagerinus cilindro pripildymą, ~48 % padidėjo maksimalus degimo slėgis (3 pav.). Padidėjęs slėgis sukelia alkūninio mechanizmo papildomas apkrovas, todėl svarbu, kad detalės būtų atsparios padidėjusioms mechaninėms apkrovoms. Taip pat modifikavus variklį, ~32 % padidėjo slėgio prieaugis, tačiau jis neviršija 4 bar/°AV (toks ir didesnis prieaugis būdingas detonaciniam degimui). Gamtinės dujos turi aukštesnį oktanių skaičių, todėl išaugęs slėgis neturėtų sukelti degalų mišinio detonacijos (Evans *et al.* 1997). Svarbu tai, jog įdiegus automobilyje suslėgtų gamtinių dujų įrangą ~8 % sumažėjo maksimali degimo temperatūra, todėl detalių terminė apkrova neišauga. Degimo temperatūra mažėja, nes modifikuotame variklyje degusis mišinys yra paliesintas ($\lambda = 1,21$), todėl tikėtina, jog degimo procesas vyksta ilgiau. Degimo proceso skaičiavimų rezultatai pateikti 3 lentelėje.



3 pav. Slėgio cilindre kitimo kreivės

Šaltinis: sudaryta autorių

3 lentelė

Prototipo ir modifikuoto variklių degimo proceso, dinaminių ir energetinių rodiklių skaičiavimo „AVL Boost“ programa rezultatai

Rodikliai	Variklis	Prototipas	Modifikuotas
Maksimalus degimo slėgis p_z , bar		68,8	101,9
Alkūninio veleno pasisukimo kampas prie maksimalaus degimo slėgio ϕ_{pz} , °AV		14,2	13,2
Slėgio prieaugis Δp , bar/°AV		2,52	3,32
Maksimali degimo temperatūra T_z , K		2634	2424
Alkūninio veleno pasisukimo kampas prie maksimalios degimo temperatūros ϕ_{Tz} , °AV		22,9	22,5

Rodikliai	Variklis	Prototipas	Modifikuotas
Vidutinis efektyvusis slėgis p_e , bar		9,87	11,91
Lyginamosios efektyvios degalų sąnaudos b_e , g/kWh		293,7	254,7
Indikatorinis efektyvumo koeficientas η_e		0,36	0,35
Oro pertekliaus koeficientas λ		0,96	1,21
Indikatorinis sukimo momentas M_i , Nm		213,8	248,6
Indikatorinė galia P_i , kW		134,4	156,2
Trinties momentas M_{tr} , Nm		45,9	45,9
Efektyvusis sukimo momentas M_e , Nm		167,9	202,7
Efektyvioji galia P_e , kW		105,5	127,3

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš variklio rodiklių skaičiavimų rezultatų (3 lentelė) matyti, jog ~13 % sumažėjo lyginamosios efektyvios degalų sąnaudos. Taip pat ~3 % sumažėjo indikatorinis efektyvumo koeficientas. Šiems rodikliams didžiausią įtaką turi dujinių degalų žemutinis šilumingumas: benzino žemutinis šilumingumas $H_z = 43,5$ MJ/kg, o gamtinių dujų $H_z = 47,7$ MJ/kg (~10 % didesnis). Taip pat matyti, jog modifikavus variklį padidėjo variklio sukimo momentas (~21 %) ir galia (~21 %). Tai įvyko dėl geresnio cilindų pripildymo ir išaugusio maksimalaus degimo slėgio.

4 lentelė

Variklio išmetamųjų dujų taršos emisijos skaičiavimų rezultatai

Rodikliai	Variklis	Prototipas	Modifikuotas
Azoto oksidai NO_x , g/kWh		10,11	6,83
Anglies monoksidas CO , g/kWh		8,58	9,64
Angliavandeniliai CH , g/kWh		1,23	0,36

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš išmetamųjų dujų taršos emisijos skaičiavimų rezultatų matyti, jog ~32 % sumažėjo azoto oksidų ir ~71 % angliavandenilių emisija. NO_x emisija mažėja dėl žemesnės degimo temperatūros, o CH – dėl trumpesnės degalų angliavandenilių grandinės ir mažesnio C/H santykio dujose (Sendžikiene, 2015). Remiantis šiais duomenimis galima teigti, jog ekologiškumo atžvilgiu suslėgtos gamtinės dujos yra geresnės už benzininius degalus. Tačiau anglies monoksido emisija nors ir santykinai nedaug (~12 %), bet dėl mažesnio degimo intensyvumo (paliesintas mišinys) išaugo.

Įvertinus apskaičiuotus modifikuoto variklio energetinius ir ekologinius rodiklius galima daryti išvadą jog variklio modifikavimas benzina pakeičiant SGD ir pritaikant turbokompresorinį oro pripūtimą yra tikslingas. Tikėtina, kad variklio energetinius ir ekologinius rodiklius galima papildomai gerinti ankstinant uždegimo paskubos kampą, tačiau tam reikalingi papildomi teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai.

Išvados

Atliktas „BMW 318i“ variklio veikimo rodiklių tyrimas skaitinio modeliavimo „AVL Boost“ programa leidžia suformuluoti apibendrintas SGD dujų panaudojimo, pritaikius turbokompresorių, įtakos variklio dinaminiams, energetiniams ir ekologiniams rodikliams išvadas:

1. Modernizuotame variklyje dėl geresnio cilindų pripildymo ~48 % pakyla maksimalus degimo slėgis, dėl kurio ~21 % išauga variklio maksimalus sukimo momentas ir variklio galia, bet tuo pačiu išauga ir variklio detalių mechaninė apkrova. Esant paliesintam degiajam mišiniui ~8 % sumažėja maksimali degimo temperatūra ir terminė detalių apkrova.

2. Dėl didesnio gamtinių dujų žemutinio šilumingumo ~13 % sumažėja lyginamosios degalų sąnaudos, variklio efektyvusis naudingumo koeficientas mažai kinta.

3. ~32 % sumažėja azoto oksidų ir ~71 % angliavandenilių teršalų emisija, o anglies monoksido kiekis kinta mažai. Azoto oksidų emisija mažėja dėl žemesnės degimo temperatūros, o angliavandenilių – dėl trumpesnės angliavandenilių grandinės ir mažesnio C/H santykio dujiniuose degaluose.

Literatūra

1. Aslam, M.U., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Abdesselam, H., Mahlia, T.M.I., Amalina, M.A. An experimental investigation of CNG as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle. *Fuel* 85 (2006) 717-724.
2. *Apie suslėgtas gamtines dujas*. 2011 [interaktyvus] [žiūrėtas 2015 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sgdujos.lt/suslegtos-gamtines-dujos-ekologiskas-kuras-automobiliams/>>.
3. „AVL Boost“. 2011. *Users Guide*.

4. Bosh, R. 2009. *Benzininių variklių valdymo sistemos*. Kaunas: „Smaltijos“ leidykla. 128 p.
5. Europos Komisija. Baltoji knyga. 2011. *Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas*. Briuselis.
6. Evans, R.L., Blaszczyk, J. 1997. A comparative study of the performance and exhaust emissions of a spark ignition engine fuelled by natural gas and gasoline. *Proc Instn Mech Engrs* 211 Part D (1997) 39-47.
7. Heywood, J. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw Hill Series. ISBN 0-07-028637-X.
8. Hartman, J. 2007. *Turbocharging Performance Handbook*. USA, Menasha: Motorbooks/Quarto Publishing Group. 272 p.
9. Katinas, V., Savickas, J. 2012. *Dujinių degalų vartojimo transporto plėtros analizė*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 151 p.
10. Sendzikiene, E., Rimkus A., Melaika M., Makareviciene V., Pukalskas S. 2015. Impact of biomethane gas on energy and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with a stoichiometric mixture at various ignition advance angles. *Fuel* 162 (2015) 194–201.
11. Tonkonogij, J. 2012. *Gamtinių dujų parametrų pokyčio analizė ir tinkamų vartotojams verčių nustatymas AB „Lietuvos dujos“ perdavimo sistemoje. Galutinė ataskaita*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 16 p.
12. Bosch, R. 2000. *Автомобильный справочник*. Москва: Зарулем, 895 p.
13. *Двигатель BMW N42 - характеристики - описание - фото*. 2012 [interaktyvus] [žiūrėtas 2015 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.bimmerfest.ru/dvigatel-bmw-n42/>>.
14. *Двигатель N42*. 2013 [interaktyvus] [žiūrėtas 2015 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <<http://bmw-engines.ru/engines/seria-n42>>.

Padėka

Straipsnyje atlikti tyrimo rezultatai gauti naudojant AVL BOOST vidaus degimo variklių modeliavimo programą, įsigytą pasirašius bendradarbiavimo sutartį tarp AVL Advanced Simulation Technologies ir VGTU Transporto inžinerijos fakulteto.

IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL AND EFFICIENT PARAMETERS OF THE CAR „BMW 318i“ ENGINE USING COMPRESSED NATURAL GAS AND TURBOCHARGER

Summary

Paper presents research of the “BMW 318i N42B20” engine dynamic, efficient and ecological indicators change when the compressed natural gas (CNG) is used instead of gasoline fuel and the turbocharger is being adopted. Numerical simulation software AVL BOOST was used to investigate the efficiency of the turbocharged engine running on compressed natural gas. Obtained results show that modified engine running on CNG has increased power and lower specific fuel consumptions, also nitrous oxide and hydrocarbons concentration in exhaust gases decreased.

Key words: internal combustion engine, compressed natural gas, engine power, torque, exhaust emissions.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jevgenij Kibickij.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Transporto inžinerijos vadybos katedros magistrantas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: alternatyvieji degalai, suslėgtos gamtinės dujos, vidaus degimo varikliai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 862512973, zennkaz4@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Mindaugas Melaika.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių transporto katedros asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: mindaugas.melaika@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname: Jevgenij Kibickij.

Science degree and name: master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department master student.

Author's research interests: alternative fuels, compressed natural gas, internal combustion engines.

Telephone and e-mail address: +370 62512973, zennkaz4@gmail.com

Author name, surname: Mindaugas Melaika.

Science degree and name: Master degree.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department, assistant.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: mindaugas.melaika@vgtu.lt

SUNKIASVORIO TRANSPORTO AVARINGUMO PRIEŽASTYS IR PASEKMĖS

Tokmaš Ratkevič, Kristina Čižiūnienė, Jonas Matijošius
Vilniaus Gedimino technikos universitetas Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija

Sunkiasvorio transporto avaringumas labai opi problema besivystančiam Lietuvos ūkiui. Straipsnyje palyginam Lietuvos ir užsienio šalių sunkiasvorio transporto avaringumas. Todėl yra labai svarbu išsiaiškinti jos priežastis ir lemiančius veiksnius.

Reikšminiai žodžiai: kelių transportas, avaringumas, eismo saugumas.

Įvadas

Pasaulyje kiekvienais metais eismo įvykiuose žūsta 1,3 mln. žmonių, daugiau nei 50 mln. yra sužalojami, taip pat sugadinamos transporto priemonės, kelių infrastruktūra, padaroma žala aplinkai. Vairuotojų, o ypač kurie važinėja sunkiasvoriu transportu įvairiais pasaulio keliais, specialybė nėra pati saugiausia pasaulyje, bet didžiulėje transporto priemonėje yra daug saugiau nei lengvojoje transporto priemonėje.

Transportas pasiekė tokį išsivystymo lygį, kad su kiekviena diena trumpinamas vežimų laikas, o atstumai lieka nepasikeitę, bet rizikos laipsnis Lietuvoje keliuose ir gatvėse pakliūti į eismo įvykį yra 3 ar 4 kartus didesnis nei kitose šalyse. Taip pat didėja automobilių skaičius, o kartu ir avaringumo padidėjimo tikimybė šalies keliuose, todėl eismo avaringumo problema Lietuvoje yra dar aktualesnė.

Straipsnio **tikslas** – teoriniu aspektu įvertinti sunkiasvorio transporto avaringumo priežastis ir pasekmes.

Tiksliui pasiekti iškelti šie **uždaviniai**:

1. Nustatyti sunkiasvorio transporto avaringumą įtakojančius elementus.
2. Suskirstyti sunkiasvorio transporto avaringumo klasifikaciją.
3. Identifikuoti sunkiasvorio transporto avaringumą lemiančias priežastis.

Metodika:

- Mokslinės literatūros šaltinių analizė, apibendrinimas ir sintezė.

Avaringumo regionai

Aukštas avaringumo lygis nesukliudė Lietuvai įstoti į ES, tačiau Lietuva negali nesiimti jokių veiksmų, nes per paskutiniuosius 10 metų Lietuvos keliuose užregistruota apie 62 tūkst. eismo įvykių, kurių metu buvo sužalota apie 75 tūkst. žmonių ir apie 7 tūkst. žuvo. Pagal S. Dainausko ir I. Bražukienės straipsnį, Lietuvoje išryškėja du probleminiai regionai, kuriuose fiksuojamas pats didžiausias avaringumas:

- Regionas šalies vakarinėje dalyje apimantis: Klaipėdos, Kretingos, Šilutės, Neringos ir Pagėgių savivaldybės;
- Didelio avaringumo regionas, kuris apima: Vilkaviškio, Šakių, Kauno, Birštono, Marijampolės, Alytaus ir Kauno miestų savivaldybes.

Šiuose regionuose fiksuojamas pats didžiausias avaringumas Lietuvoje. Autorių manymu, didelį eismo įvykių skaičių lėmė tankus magistralinių ir krašto kelių tinklas. Taip pat didelį avaringumą Vakarų Lietuvoje lėmė ir vasaros metu išaugęs poilsiautojų skaičius. Jei kalbant apie Pietryčių ir Vidurio Lietuvoje esantį didelį avaringumą, tai lemia geografinė padėtis, kur kertasi pagrindiniai magistraliniai ir krašto keliai. Keliai, kuriuose srautas yra labai didelis, akivaizdžiai matosi Kauno, Marijampolės ir Alytaus savivaldybėse. (*Eismo informacijos...*2015)

Analizuojant „Juodąsias dėmes“ Lietuvos keliuose, paaiškėja, kad daugiausiai jų susiformavo Lietuvos didžiųjų miestų prieigose bei magistraliniuose keliuose, pav. Kaunas–Zarasai–Daugpilis, „Via Baltica“ kelio ruožas ties Marijampole. Taip pat jų esama magistralinio kelio Vilnius–Panevėžys–Šiauliai–Palanga–Klaipėda kelio ruožuose tarp Šiaulių miesto ir Radviliškio rajono ir prie Plungės miesto, krašto kelio Alytus–Serijai–Lazdijai ruožuose ties Alytaus miesto savivaldybe. Pažymėtina, kad eismo intensyvumas ir automobilių srautai – tai tik dalis priežasčių, lemiančių didelį avaringumą, nes didelės įtakos turi ir kelio aplinka (siauras kelias po vieną eismo juostą ar miškais apaugusios pakelės ir kt.) (Dainauskas, Bražukienė, 2013).

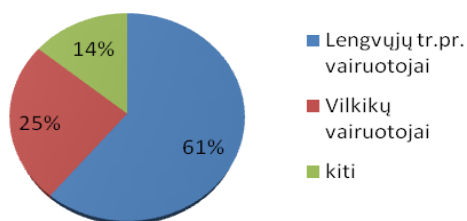
Tokio pobūdžio analizė, leidžia teigti, kad ir visame pasaulyje, intensyvėjantys eismo srautai, sukelia aibę problemų. Todėl šio klausimo nagrinėjimas aktualus yra pasauliniu mastu.

Sunkiasvorio transporto eismo įvykių palyginimas Europoje ir JAV

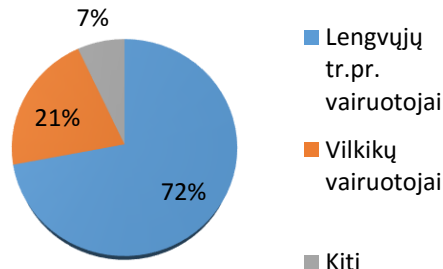
Europoje transporto priemonės susidūrimas su vilkiku dažnai baigiasi sunkiomis vairuotojų traumomis ar net mirtimi. Dažniausiai kaltininkas dėl eismo įvykio lieka lengvosios transporto priemonės vairuotojas. Daugumoje straipsnių pabrėžiama, kad tikimybė susidurti su vilkiku yra daug mažesnė nei su kita transporto priemone. Tikimybė su vilkiku patekti į avariją yra 3 kartus mažesnė nei su lengvuju automobiliu. Mažas tokių avarijų skaičius yra aiškinamas tuo, kad vilkikai dažniausiai eksploatuojami greitkeluose ar kituose keliuose, kuriuose sąlyginis avarijų skaičius yra gerokai mažesnis, bet tokio tipo avarijose be sunkių sužalojimų ar mirtinų atvejų neapsieinama.

Naujausioje „Volvo Trucks“ eismo saugumo ir eismo įvykių Europos keliuose ataskaitoje nurodoma, kad devyni iš dešimties eismo įvykių, kuriuose atsiduria krovininis transportas, įvyksta dėl žmogiškųjų veiksnių. Pasak Carlos Johanas Almqvistas, 90 % visų eismo įvykių, kuriuose dalyvauja sunkvežimiai, visiškai arba iš dalies įvyksta dėl žmogiškųjų veiksnių (neįvertinta kelio trajektorija, nuovargis, neatidumas ir kt.). Daugelyje eismo įvykių, kuriuose nukenčia krovininio transporto vairuotojai, kitos transporto priemonės nedalyvauja. Dažniausiai sunkvežimis nuvažiuoja nuo kelio. Viena iš aktualiausių sunkiasvorio transporto problemų – vairuotojai neužsisėga saugos diržų, t. y. jų neužsisėga daugiau nei pusė Europos keliais važiuojančių sunkvežimių vairuotojų. Susidūrus vilkikams su lengvaisiais automobiliais, 36 % lengvųjų automobilių vairuotojų pažeidė ne mažiau kaip du eismo taisyklių reikalavimus. Tarp vilkikų vairuotojų tik 11 % padarė keletą nusižengimų vienu metu. „VOLVO Trucks“ 2013 metų ataskaitoje taip pat buvo paminėta, kad vairavimas išgėrus nėra viena iš pagrindinių eismo įvykių priežasčių (kuriuose dalyvavo sunkiasvorio transporto vairuotojai). Tik 0,5 % sunkvežimių vairuotojų, patekusių į rimtą eismo įvykį, buvo apsvaigę nuo alkoholio ar kitų psichotropinių medžiagų. Tačiau į rimtą eismo įvykį patekusių apsvaigusių lengvųjų automobilių vairuotojų buvo net 15–20 %. Taigi, galima pastebėti, kad skirtumas įvykių tarp sunkiasvorio transporto ir lengvųjų automobilių vairuotojų, kurie vartojo alkoholį, tikrai yra nemažas. Visuomenėje susidariusią nepagrįstą nuomonę, kad vilkikų vairuotojai vartoja alkoholį, galima atmesti. (Detailed Star Rating..2014)

Preliminariai sudaryti dažniausių eismo įvykių kaltininkų grafikai. Palyginame esamą situaciją Europoje ir JAV. Iš visų eismo įvykių, kuriuose dalyvavo bent vienas krovininis automobilis, kaltininkai pasiskirsto taip:



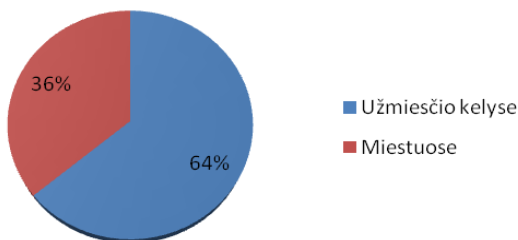
1 pav. Eismo įvykių kaltininkų analizė JAV



2 pav. Eismo įvykių kaltininkų analizė Europoje

Tiek Europoje, tiek JAV statistika rodo, kad nuo 61 % iki 72 % eismo įvykių kaltininkų yra lengvųjų transporto priemonių vairuotojai. Statistikos duomenys yra labai panašūs. Vilkikų vairuotojai kalti būna dėl 23 % visų eismo įvykių. Kitos avarijos priežastys – tai automobilių techniniai gedimai, oro sąlygos ar kelio paviršiaus defektai.

Statistika rodo, kad pasaulyje daugiausia eismo įvykių būna miestuose, bet įvykiai, kuriuose miršta žmonės pasiskirsto taip:



3 pav. Mirtimi pasibaigusių eismo įvykių pasiskirstymas pagal vietovę

Europos Sąjungos šalyse taip pat kaip ir Lietuvoje daugiausia eismo įvykiuose žmonės miršta užmiesčiuose. Kadangi už miesto ribų transporto priemonių greitis būna žymiai didesnis, todėl ir avarių pasekmės būna liūdnės. 64 % mirčių įvyksta užmiesčio keliuose, 36 % – miestuose. Lyginant visus eismo įvykius, kuriuose žūsta žmonės, aiškėja sekantis pasiskirstymas.

1 lentelė

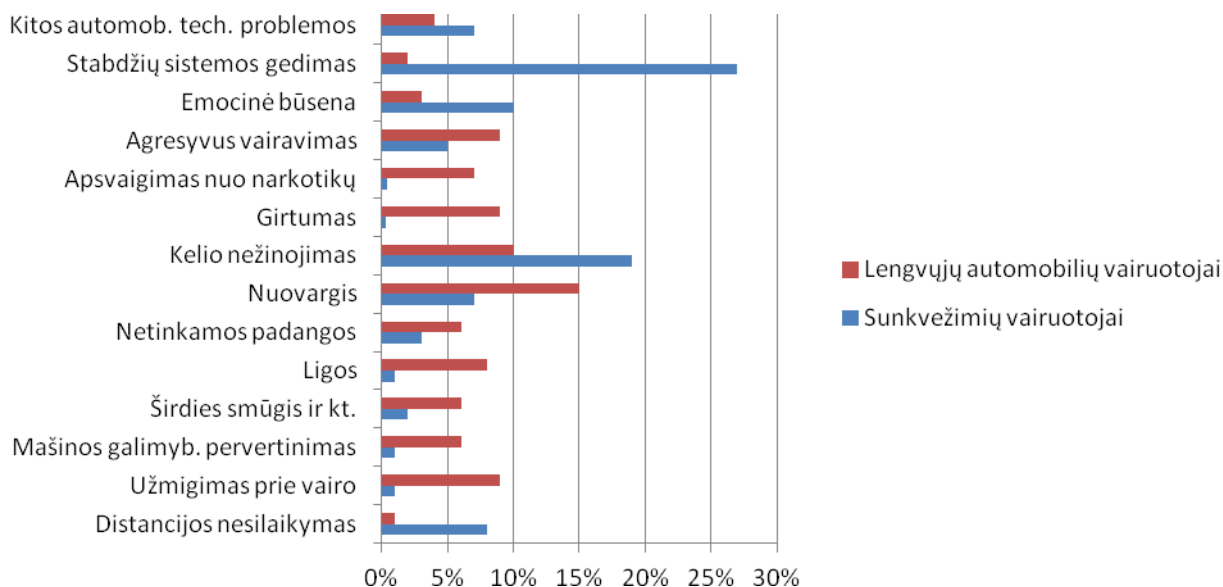
Žuvusių žmonių eismo įvykiuose pasiskirstymas		
Eismo dalyviai	JAV	Europa
Lengvųjų automobilių vairuotojai ir keleiviai	76 %	54 %
Dviratininkai, motociklininkai ir pėstieji	9 %	40 %
Vilkikų vairuotojai	15 %	6 %

Amerikoje 76 % žuvusių susidūrus su vilkiku sudaro lengvųjų automobilių vairuotojai ir keleiviai. Tuo tarpu Europoje šis skaičius yra mažesnis – 54 %. JAV teritorijoje pasitaiko tik 9 % atvejų iš visų eismo įvykių, kuriuose žūsta žmonės, važiuojantys dviračiais, motociklais. Europoje šis skaičius siekia net 40 %. Kodėl? Manoma, kad už vandenyno yra platesni keliai, nuo senų laikų labai populiarūs „čioperiai“, ir todėl žmonės yra pripratę. Paskutinis aspektas – tai vilkikų vairuotojai, JAV teritorijoje jie miršta 15 % atvejų iš visų eismo įvykių susidūrus su vilkiku, tuo tarpu Europoje – 6 %. Šie skaičiai gali būti netikslūs, kadangi po kai kurių avarių išgyvendavo tik vienas vairuotojas ir jo istorija galėjo būti netikslė. (*Ministry of Transport and Communicat...2014*)

Mičigano universiteto duomenimis, išanalizavus 8 309 eismo įvykius, kuriuose dalyvavo vilkikai, lengvųjų automobilių vairuotojai būna kalti dėl 89 % priešpriešinių susidūrimų, dėl 88 % šoninių susidūrimų su priešpriešiais važiuojančiu vilkiku, dėl 80 % atsitrenkimų į vilkiko galą ir dėl 72 % šoninių susidūrimų abiem transporto priemonėms judant ta pačia kryptimi.

Amerikos nacionalinė greitkelių eismo saugumo administracija, išanalizavusi 10 092 avarijas, pateikia panašius skaičius. Jų duomenimis 91 % priešpriešinių tiesioginių ar šoninių susidūrimų sukėlė lengvųjų automobilių vairuotojai. Jie taip pat atsakingi dėl 71 % susidūrimų važiuojant ta pačia kryptimi ir dėl 77 % avarių susidūrus šonais.

Taip pat tyrimais nustatytos dažniausios priežastys, dėl ko įvyksta avarijos:

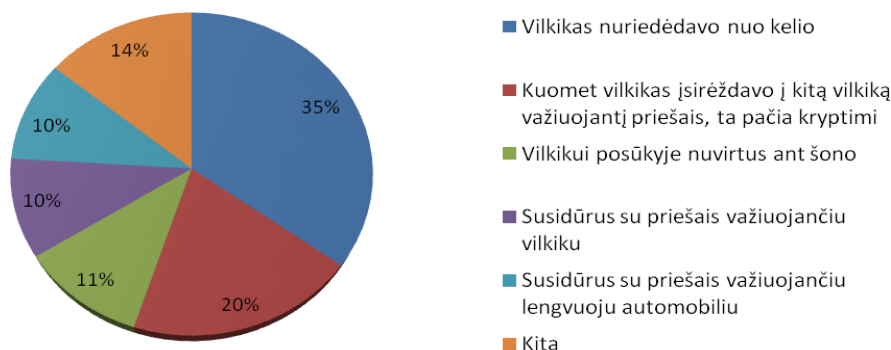


4 pav. Eismo įvykių priežastys

Dažniausia priežastis, dėl kurios įvyksta eismo įvykis kroviniam transportui, dėl stabdžių sistemos gedimo (27 %). Šis skaičius yra per didelis. Analizuojant kitų autorių tyrimus, nebuvo aptikta duomenų, kurie patvirtintų, kad daugiausia eismo įvykių kyla dėl stabdžių gedimo. Tuo tarpu lengvųjų automobilių vairuotojai dažniausiai papuola į eismo įvykius dėl nuovargio (15 %). Nuovargio sąvoka sunku apibrėžti, nes kiekvienas žmogus gali subjektyviai vertinti ar jis yra pavargęs ar ne. Dažniausiai žmogus pats pajaučia, kad jam trūksta miego ar poilsio. Kitas aspektas – tai kelio nežinojimas (19 %). Tiek sunkiajame transporte, tiek lengvajame šis skaičius yra pakankamai didelis. Kiekvienas esame patyrę šį jausmą, kai nežinodami kur važiuoti susiduriame su stresu, tuo momentu neatsakingai elgdamiesi sukuriame avarinę situaciją, ko

pasekoje pasekmės gali būti liūdnos. Kiti faktoriai dėl kurių įvyksta eismo įvykiai tai užmigimas prie vairo, distancijos nesilaikymas, netinkamos padangos ir kt. (Novikovienė 2009).

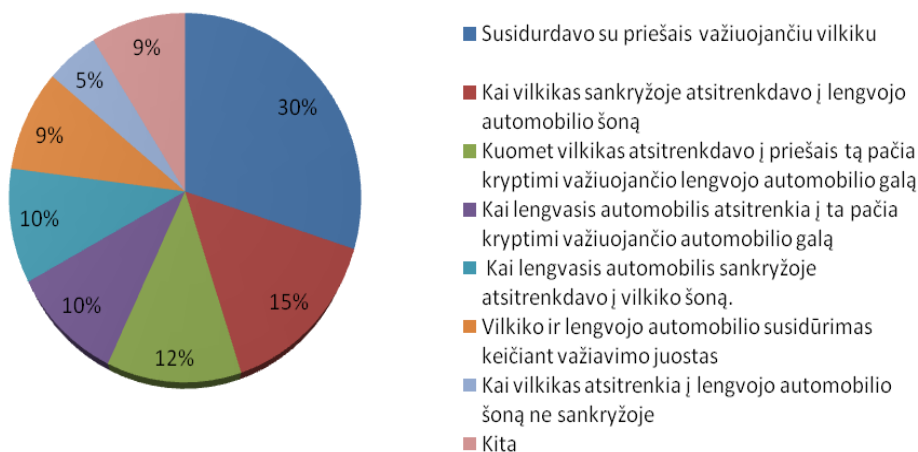
Dauguma tyrimų patvirtina, kad dažniausiai vilkikų vairuotojai susižalodavo ar žūdavo tokiose situacijose:



5 pav. Eismo įvykiai

Nustatyta, kad didžiausia dalis eismo įvykių, kai vilkikas nuriedėdavo nuo kelio (35 %). Šio faktoriaus priežasčių yra labai daug, vieni iš jų – tai slidi kelio danga ar nuovargis. Taip pat gali būti dėl kelio įdubimų, kurie galėjo išderinti tolygų sąstato judėjimą, ar kitos priežastys. Kita labai dažnai pasitaikanti situacija – tai vilkiko įvažiavimas į kitą vilkiką, važiuojantį priešais – ta pačia kryptimi (sudaro net 20 %). Taip pat nemažai įvykių, kai vairuotojai neįvertina kelio trajektorijos ir vilkikas posūkyje apvirsta (11 %). Po 10 % dalijasi tokios eismo situacijos, kai vilkikas susiduria su priešais važiuojančiu vilkiku ar kita transporto priemone. Visos apibūdintos situacijos – tokios po kurių išgyventi vilkikų vairuotojui yra beveik neįmanoma. (Kleinauskas 2013)

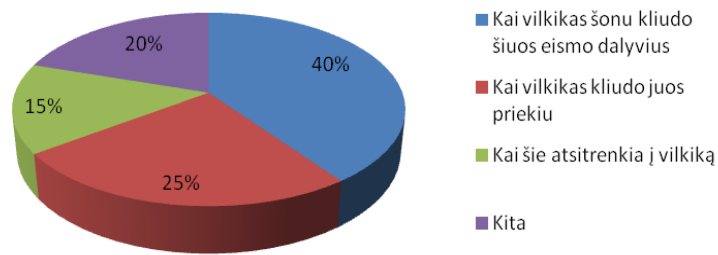
Iš visų su vilkikais susidūrusių lengvųjų automobilių vairuotojų ar keleivių, kurie patirdavo sunkias traumas arba žūdavo:



6 pav. Eismo įvykių situacijos (susidūrimas su lengvuju automobiliu)

Nustatyta, kad maža tikimybė išgyventi ar nepatirti jokių sužalojimų, kai lengvoji transporto priemonė susiduria su vilkiku (tokių situacijų pasitaiko net iki 30 %). Didesnė tikimybė nenukentėti, kai vilkikas atsitrenkia į lengvąjį automobilį sankryžoje. Galbūt dėl to, kad greitis prie sankryžų yra daug mažesnis. Labas dažnai pasitaiko tokių situacijų, kai vilkikas atsitrenkdavo į priešais ta pačia kryptimi važiuojančią transporto priemonę ar lengvasis automobilis sankryžoje atsitrenkdavo į vilkiko šoną. Vairuotojai ar keleiviai susižalodavo dar tokiose situacijose, kai transporto priemonės susidurdavo keisdamos važiavimo juostas (9 %). (Kleinauskas 2013)

Likusi sužeistųjų ir žuvusiųjų dalis – tai motociklininkai, dviratininkai ir pėstieji. Jei šie patenka į eismo įvykius, kuriuose patiria stiprias traumas, tada tai įvyksta:



7 pav. Eismo įvykių situacijos (susidūrimas su motociklininku.,dviratininku)

Dažniausiai likti nesužeistam, kai vilkikas šonu kliudo motociklininką ar dviratininką, yra beveik nebeįmanoma. Tokie eismo įvykiai sudaro net 40 % visų eismo įvykių. Gana daug įvykių pasitaiko, kai vairuotojas kliudo dviratininkus ar pėsčiuosius vilkiko priekiu. Keista, bet net 15 % pasitaiko, kai patys dviratininkai ar motociklininkai įvažiuoja – susiduria su vilkiku. Kitų autorių tyrimuose apie tokį didelį procentą informacijos neradau, bet, matyt, pasitaiko tokių atvejų, kai dėl didelio greičio važiuojantis motociklas per neatidumą įvažiuoja į sunkiąją transporto priemonę.

Apibendrinant galima teigti, kad tikimybė patekti į eismo įvykį su vilkiku yra daug mažesnė nei su kita transporto priemone (tikimybė patekti į eismo įvykį yra 3 kartus mažesnė nei su lengvuju automobiliu). Reikia paneigti nuomonę, kad vilkikų vairuotojai smarkiai vartoja alkoholį. Tyrimais nustatyta, kad tik 0,5 %, kuriuose dalyvavo nors vienas vilkikas, vairuotojai buvo apsvaigę nuo alkoholio, o tarp lengvųjų automobilių vairuotojų šis skaičius yra 17,5 %. Kalbant apie eismo įvykių pasiskirstymą, tai užmiesčio keliuose daugiau žūsta žmonių nei miestuose. Kadangi užmiesčio keliuose greitis yra daug didesnis nei mieste. Dažniausios priežastys, dėl ko įvyksta eismo įvykiai yra labai įvairios. Pradedant transporto priemonės gedimu ir baigiant nuovargiu ar kelio nežinojimu. Dažnas atvejis, kai vairuotojas užmigo prie vairo ar nesilaikė distancijos. Dažniausiai pasitaikantys tarp vilkikų eismo įvykiai – vilkiko nuriedėjimas nuo kelio (35 %). Labai dažnai pasitaiko ir tokių įvykių, kai vilkikas įvažiuoja į kitą vilkiką, važiuojantį priešais ir kt. (Kleinauskas 2013)

Išvados

1. Išanalizavus avaringumo sampratą mokslinėje literatūroje, pastebima, kad pagrindinis jos elementas – transporto priemonė. Tačiau nepamirština, kad eismo įvykio dalyvis gali būti dviratininkas ar net pėsčiasis. Taigi kalbamą apie asmenis, kurių veiksmai eismo įvykio metu gali turėti tiesioginę ar netiesioginę reikšmę.

2. Eismo įvykiai pagal jų atsiradimo priežastis skirstomi į: įvykusius dėl žmonių kaltės, gamtos jėgos ir atsitiktinio aplinkybių susiklostymo. Vairuotojų klaidos, vairuojant transporto priemonę – pagrindinė daugumos eismo įvykių priežastis.

3. Atlikta mokslinės literatūros analizė, kuri parodė esamą situaciją sunkiasvorio transporto avaringumo sektoriuje ir atskleidė problemines puses tiek Lietuvoje, tiek užsienyje. Prieita prie išvadų, kad dažniausi eismo įvykio kaltininkai – patys vairuotojai. Kalbant apie sunkiasvorio transporto avaringumo situaciją, tai jinai lėtai, bet gerėja, nors keliuose vis daugiau diegiama eismo saugumo gerinimo priemonių, bet Lietuva avaringumo prasme užima vieną iš paskutinių vietų Europoje.

Literatūra

1. Dainauskas S. Bražukienė I. 2013, *Lietuvos automobilių kelių avaringumo teritorinė analizė*, Vilnius
2. *Detailed Star Rating methodology* [interaktyvus], prieiga per internetą: <http://www.irap.net/en/about-irap-3/methodology>
3. *Eismo informacijos sistema Lietuvoje 2015*, [interaktyvus], prieiga per internetą: <http://www.lakd.lt/lt.php/naujienos/12>
4. Ministry of Transport and Communications. Towards Accessible Transport. [interaktyvus], prieiga per internetą: http://www.transportresearch.info/web/programmes/programme_details.cfm?ID=4972
5. Morkūnas E. 2011. *Analysis and evaluation of methodology of collecting traffic accident data in Lithuania based on practise of European Countries*.
6. Novikoviėnė L. 2009 *Eismo įvykių kriminalistinė charakteristika ir jos reikšmė eismo įvykių prevencijai*.
7. Kleinauskas V. 2012 *Vilkikų avarijos: kokiais atvejais dažniausiai nepavyksta išvengti mirties ar sužalojimų* [interaktyvus], prieiga per internetą: <http://www.cargonews.lt/autotransportas/vilkiku-avarijos-kokiais-atvejais-dazniausiai-nepavyksta-ivsengti-mirties-ar-suzalojimu/>
8. Kleinauskas V. 2013 *Vilkikas keliuose ir žudikas ir saugumo garantas* [interaktyvus], prieiga per internetą: <http://www.cargonews.lt/analitika/vilkikas>

CAUSES AND CONSEQUENCES OF HEAVY TRANSPORT ACCIDENT RATE

Summary

Heavy vehicle accidents is a very sensitive issue for the developing Lithuanian economy. The article comparable Lithuanian and foreign heavy vehicle accidents. It is therefore very important to find out the causes and determinants.

Keywords: road transport, accident, road safety.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, lektorė

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorė. VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Logistikos ir transporto vadybos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Avaringumas, eismo saugumas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 653 62824, kristina.ciziuniene@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tomaš Ratkevič.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ VGTU studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Avaringumas, eismo saugumas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 655 54896, tomas.ratkevic@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius. VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Avaringumas, eismo saugumas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Čižiūnienė.

Science degree and name: doctor, lector.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector. Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Logistics and Transport Management department associated professor.

Author's research interests: Accident, road safety.

Telephone and e-mail address: +370 653 62824, kristina.ciziuniene@vgtu.lt

Author name, surname: Tomaš Ratkevič.

Science degree and name: master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University student.

Author's research interests: Accident, road safety.

Telephone and e-mail address: +370 655 54896, tomas.ratkevic@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector. Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Accident, road safety.

Telephone and e-mail address: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

STUDENTIŠKOS FORMULĖS VARIKLIO DINAMINIŲ PARAMETRŲ PRIKLAUSOMYBĖS NUO DEGIOJO MIŠINIO SUDĖTIES IR UŽDEGIMO PASKUBOS KAMPO TYRIMAS

Tadas Vipartas¹, Tadas Ragauskas¹, Mindaugas Melaika¹, Jonas Matijošius^{1,2}, Alfredas Rimkus^{1,2}
¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ²Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnyje pristatomas Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje vykdomas *studentiškos formulės (FS)* projektas. Remiantis tarptautinėmis "FSAE" taisyklėmis *formulės* projektavimo metu susiduriama su įvairiais apribojimais. Vienas jų – įsiurbimo kolektoriaus skersmens ribojimas (20 mm skersmens restriktoriaus montavimas), kuris įtakoja variklio dinaminį parametrus. Šio tyrimo tikslas nustatyti, kokią įtaką turės įsiurbiamo oro ribotuvas *studentiškos formulės* variklio dinaminėms savybėms bei jų gerinimo galimybes reguliuojant degiojo mišinio sudėtį ir uždegimo paskubos kampą.

Reikšminiai žodžiai: *studentiška formulė*, cilindro pripildymas, variklio dinaminiai parametrai, uždegimo paskubos kampas, oro pertekliaus koeficientas.

Ivadas

Studentiškos formulės (angl. k. *FS – Formula Student*) varžybos pradėtos rengti dar 1978 metais Jungtinėse Amerikos Valstijose. Tačiau tuomet jos buvo vadinamos "SAE Mini Indy". Šiuolaikinės *studentiškos formulės* varžybos rengiamos visame pasaulyje. Šis projektas apima daug sričių: mokslinių tyrimų, projektavimo, gamybos, bandymų, kūrybos, verslo organizavimo ir vadybos.

Studentiškos formulės projekto misija yra sudominti ir paskatinti jaunos žmonijos siekti karjeros inžinerijos srityje. Šis projektas sukuria idealią galimybę studentams pademonstruoti savo žinias ir kompetencijas, sukuriant realų produktą, kuris gali būti pritaikomas ir profesionaliame automobilių sporte (Formula SAE – Students, 2015).

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje *studentiškos formulės* projektas pradėtas vykdyti 2012 m. Projektuojant įvairius *FS* mazgus, laikantis oficialių „FSAE“ taisyklių yra susiduriama su įvairiais apribojimais. Vienas jų – įsiurbimo kolektoriaus skersmens ribojimas (montuojamas 20 mm ribotuvas – restriktorius), kuris įtakoja variklio dinaminį parametrus dėl sumažėjusio įsiurbiamo oro kiekio.

Tyrimo tikslas – nustatyti, variklio dinaminį parametrų kitimą, oro įsiurbimo sistemoje sumontuotus ribotuvas.

Tyrimo uždaviniai:

1. Trumpai apžvelgti vidaus degimo variklio cilindro pripildymą šviežiu degiuoju mišiniu priklausomybę nuo įvairių faktorių, galimus technologinius sprendimus, gerinančius jų pripildymą.
2. Eksperimentiniu būdu įvertinti variklio „Suzuki GSXR-600 K3“ dinaminį parametrus, apribojant įsiurbiamo oro kiekį. Gautus duomenis palyginti su pradiniais variklio duomenimis.
3. Stendiniais tyrimais nustatyti *FS* variklio dinaminį parametrus, keičiant uždegimo paskubos kampą bei degiojo mišinio sudėtį ir atlikti rezultatų analizę.

Cilindro pripildymas oru

Vidaus degimo variklio cilindro pripildymą šviežiu degiuoju mišiniu galima padalinti į 3 dalis: 1 – parengiamoji, išmetimo vožtuvas dar visiškai neuždarytas, deginiai ne visi išėję iš cilindro, siurbimo vožtuvas vos pradeda atsiverti. Į cilindrą šviežias degusis mišinys dar neteka. 2 – dalis, kai stūmoklis juda žemyn – degusis mišinys teka į cilindrą, vyksta siurbimas. 3 – papildomas pripildymas – degusis mišinys teka į cilindrą iš inercijos, nors stūmoklis slenka į viršutinį galinį tašką (VRT). Papildoma pripildymo fazė priklauso nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio ir siurbimo vamzdžių hidraulinės varžos (Butkus, 2007).

Pripildymo metu tikrasis degiojo mišinio kiekis $G_{tik.}$ (kg), įtekėjęs į cilindrą, yra lygus: mišinio kiekiui G_{180° , velenui pasisukus 180° (stūmokliui judant iš VRT į ART) ir papildomam mišinio kiekiui $G_{papild.}$ velenui pasisukus dar $20 - 60^\circ$, stūmokliui vėl slenkant į VRT (Butkus, 2007):

$$G_{tik.} = G_{180^\circ} + G_{papild.} \quad (1)$$

Santykis $G_{tik.}/G_{180^\circ}$ parodo, kiek cilindras papildomai pripildytas, sukantis velenui daugiau kaip 180° . Šis santykis vadinamas papildomojo pripildymo koeficientu v (Butkus, 2007).

Pripildymo metu susidaro slėgio nuostoliai, kurie lygūs:

$$\Delta p_a = (0,01 - 0,2) p_a ; \quad (2)$$

čia p_a – atmosferinis slėgis.

Tekėdamas į cilindrą degusis mišinys nuo šiltų vamzdžių išyla, todėl cilindre šviežio mišinio tankis visada bus mažesnis negu aplinkos oro (Butkus, 2007).

Prieš uždegant degalų porciją cilindre, reikia, kad būtų reikiamas oro ir degalų santykis ir kiekis degimo cheminei reakcijai vykti. Visi degiojo mišinio tiekimo nuostoliai įvertinami cilindro pripildymo koeficientu (Bosch, 2009; Butkus, 2007):

$$\eta_v = \frac{G_{tik.}}{G_{aps.}} ; \quad (3)$$

čia $G_{aps.}$ – apskaičiuotas (teorinis) cilindre galimas mišinio kiekis.

Šis koeficientas nusako cilindro pripildymo proceso tobulumą. Variklių be pripūtimo maksimalus cilindro pripildymo koeficientas siekia 0,6 – 0,9. Šis dydis priklauso nuo įsiurbimo vamzdžio sandaros, degimo kameros formos, angų, kurias atidaro vožtuvai, skerspločio ir dujų skirstymo fazių (Bosch, 2009).

Oro ir degalų tekėjimą įsiurbimo kolektoriuje įtakoja daugybė faktorių: pulsuojantis tekėjimas į cilindrą, skirtingos geometrijos tekėjimo kanalai, skystų degalų atomizacija ir garavimas, išmetamųjų deginių recirkuliacija (EGR) ir pan. (Heywood, 1988).

Projektuojant įsiurbimo kolektorių svarbu užtikrinti: mažą oro tekėjimo pasipriešinimą, gerą oro ir degalų pasiskirstymą tarp cilindro, pakankamą (bet ne per didelį) oro pašildymą tam, kad užtikrinti tinkamą degalų garavimą. Kolektoriaus tekėjimo kanalai turi būti pakankamo dydžio, kad oro tekėjimo pagreitis nebūtų per mažas pernešant degalų lašus (Formula SAE – Students, 2015).

Homogeniniu mišiniu, kurio oro pertekliaus koeficientas $\lambda \leq 1$, veikiančio variklio sukuriama sukimo momentas tiesiogiai priklauso nuo cilindro užpildančio degiojo mišinio kiekio. Todėl sukimo momentą ir galią galima padidinti suslegiant orą, prieš jam patenkant į cilindrą, t.y. panaudojant turbokompresorių (Bosch, 2009).

Didelę įtaką variklio dinamiškumui turi degalų degimo greitis nuo kurio taip pat priklauso uždegimo momentas. Yra nustatyta, kad 98 oktaninio skaičiaus degalai, kurie taip pat naudojami FS sportinio automobilio variklyje, esant degalų ir deguonies masių santykiui 12,1:1 – 13,5:1 dega 2 – 2,2 m/s greičiu. Toliau liesinant mišinį degimo greitis lėtėja. Taip pat degalų degimo greitis priklauso ir nuo temperatūros. Įkaitęs mišinys dega greičiau negu šaltas. Visi minėti faktoriai įtakoja uždegimo momento nustatymus. Kuo lėčiau degs mišinys, tuo anksčiau reikės uždegti degų mišinį ir atvirkščiai, kuo greičiau degs – tuo vėliau reikės uždegti mišinį. Taip pat reikia įvertinti ir variklio alkūninio veleno sukimosi dažnį. Didėjant sūkiams uždegimo momentą taip pat reikia ankstinti. Įvertinus visus faktorius eksperimentiniu būdu nustatomas uždegimo momentas. Teoriškai nustatyta, kad didžiausias variklio sukimo momentas gaunamas maksimaliam slėgiui cilindre esant 12 – 15° po VGT (Superhonda, 2015).

Siekiant užtikrinti optimalų variklio darbą, pakeitus jo darbinės charakteristikas, tenka atlikti būtinus reguliavimo darbus. Jie leidžia įvertinti ir pagerinti variklio parametrus, kurie tiesiogiai įtakoja jo ekonominius, ekologinius bei energetinius rodiklius. Vienas iš svarbiausių variklio optimizavimo parametrų yra uždegimo paskubos kampo reguliavimas. Tiriant skirtingo oktaninio skaičiaus degalus (91 RON, 93 RON, 95 RON, 97 RON, 98 RON) nustatyta, kad paankstinus uždegimo momentą, didžiausias efektyvumas ir mažiausios lyginamosios degalų sąnaudos gautos su 97 RON ir 98 RON degalais (Sayin, 2012). Ankstyvesnis uždegimas ne tik padidino slėgį cilindre, bet ir sumažino CO ir CH emisiją, nes buvo pasiekta aukštesnė degimo temperatūra. Ekologiniu aspektu uždegimo paskubos kampo reguliavimas yra akcentuotas jungtinės ASU ir VGTU mokslininkų komandos (Sendzikiene *et al.* 2015), kurie tirdami biometano ir benzino mišinius kaitaliojo ir uždegimo kampą. Mokslininkai nustatė, kad reguliuojant uždegimo paskubos kampą ir esant stochiometriniam mišiniui (kai $\lambda = 1$) gaunamas ekologinis efektas (mažėjo NO_x ir CH koncentracijos). Pažymėtina, kad didžiausias degimo greitis degimo kameroje yra pasiekiamas esant paribintai degiojo mišinio kompozicijai (oro pertekliaus koeficientas turi būti mažesnis už vienetą). Tada tenka pakoreguoti ir uždegimo kampą, siekiant pritaikyti jį optimaliai oro pertekliaus koeficiento reikšmei.

Mokslininkai Topgul *et al.* 2006 nustatė, kad naudojant etanolio ir benzino mišinius uždegimo paskubos kampo reguliavimas yra būtinas. Etanolio ir benzino mišinys leido paankstinti uždegimo paskubos kampą, nesukeliant detonacijos reiškinio. Kampo reguliavimas turėjo įtakos tiek variklio pasiekiamam maksimaliam sukimo momentui, tiek lyginamosioms degalų sąnaudoms.

Uždegimo kampo reguliavimo įtaką mini ir Zaragoza (Ispanija) universiteto mokslininkai (Arroyo *et al.* 2015) nagrinėdami eksperimentiniu bandymu su turbokompresoriniu benzininiu varikliu dirbančiu sintetinėmis dujomis, išgautomis iš biodujų. Pastebėta, kad keičiant uždegimo kampą ne tik keitėsi slėgio ir

temperatūros cilindre reikšmės, bet ir išsiskiriančios degimo metu šilumos kiekis. Minėti mokslininkai pastebėjo, kad naudojant degalus, turinčius sudėtyje mažą vandenilio kiekį, reikalinga ankstinti uždegimo paskubos kampą.

Tyrimo metodai

Studentiškos formulės projektui pasirinktas „FSAE“ taisyklės atitinkantis vidaus degimo variklis „Suzuki GSXR-600 K3“, kurio techniniai parametrai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

FS variklio „Suzuki GSXR-600 K3“ techniniai rodikliai

Rodiklis	Žymėjimas	Matavimo vienetai	Reikšmės	
Nominali variklio galia	P_e	kW	85,4	
Nominalūs variklio sūkliai	n	min ⁻¹	13600	
Cilindro diametras	D	mm	67	
Stūmoklio eiga	S	mm	42,5	
Suspaudimo laipsnis	ε	kartai	12,2	
Cilindrų skaičius	z	vnt.	4	
Variklio litražas	V_H	dm ³	0,6	
			Išsiurbimo vožtuvas	Išmetimo vožtuvas
Vožtuvo atsidarymas	ϕ_1	° AV	33 (prieš VGT)	53 (prieš AGT)
Vožtuvo užsidarymas	ϕ_2	° AV	68 (po AGT)	30 (po VGT)
Atidaryto vožtuvo trukmė	ϕ_{1-2}	° AV	281	263
Vožtuvo skersmuo	d	mm	27,2	22
Vožtuvo atidarymo aukštis	h	mm	8,6	7,3
Vožtuvų persidengimas	ϕ_{4-1}	° AV	63	

Šaltinis: Suzuki [interaktyvus] Oficialus Suzuki atstovas. Prieiga per internetą <http://www.suzukicycles.com>

Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje, Automobilių diagnostikos laboratorijoje. Siekiant nustatyti FS maksimalios galios ir sukimo momento reikšmes, esant originaliam įsiurbimo kolektoriui bei sumontavus restriktorių ir esant skirtingiems uždegimo paskubos kampams bei degiojo mišinio sudėčiai, naudotas kompiuterizuotas lengvųjų automobilių traukos stendas CARTEC LPS 2510. Traukos stendas turi galimybę testuoti automobilius bet kuria pavara su bet kokia pasirinkta apkrova ar apskaičiuota važiavimo pasipriešinimo varža. Automobiliui apkrovą sukuria sūkurinių srovių elektromagnetinis stabdys, kuris ratams perduodama mechaninę variklio energiją paverčia šilumine energija ir išspinduliuoja ją į aplinką. Traukos stendo pagrindiniai techniniai duomenys pateikti 2 lentelėje. Atliekant bandymus traukos stendo programinėje įrangoje nustatomi tokie automobilio parametrai kaip automobilio oro aptakumo koeficientas, frontalaus paviršiaus plotas, automobilio svoris.

2 lentelė

Automobilių traukos stendo techniniai duomenys

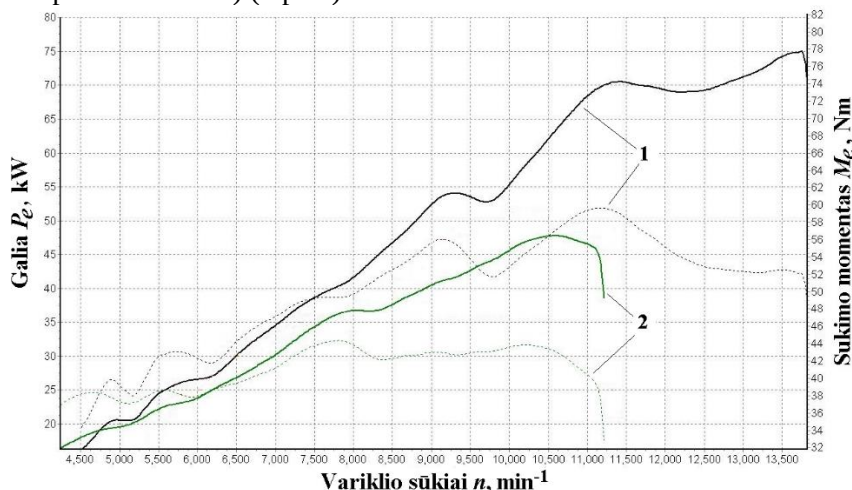
Parametras	Įrenginys	Automobilio traukos stendas CARTEC LPS 2510
Apkrovos įrenginys		Elektromagnetinis sūkurinių srovių stabdys
Didžiausias leistinas automobilio svoris, t		3,5
Didžiausia stendo matavimo galia, kW		400
Didžiausia stendo stabdymo galia, kW		360
Matavimo paklaida, %		± 2

Šaltinis: Snap-on Equipment GmbH, CARTEC Chassis dynamometers LPS for cars. Germany

Eksperimentiniai bandymai parodė, kad pakeitus įsiurbimo kolektoriaus konstrukciją ir sumontavus 20 mm skersmens restriktorių, „Suzuki GSXR-600 K3“ variklio dinaminiai parametrai pablogėjo. Gamyklinis elektroninio valdymo blokas nėra pritaikytas atlikti variklio valdymo programos koregavimą, todėl buvo sumontuotas naujas programuojamas „Motec M84“ valdymas blokas, kurio pagalba galima reguliuoti ypač svarbius variklio parametrus: uždegimo paskubos kampą, degiojo mišinio sudėtį, įpurškimo momentą. Kompiuteris „Motec M84“ turi galimybę valdyti 4 cilindrų kibirkštinio uždegimo variklį. Nustatant variklio parametrus ir siekiant tolygaus bei efektyvaus variklio darbo būtina sekti pagrindinius duomenis: alkūninio veleno bei dujų skirstymo velenėlio padėtį, slėgį įsiurbimo kolektoriuje, droselinės sklendės padėtį, deguonies koncentraciją išmetimo sistemoje, įsiurbiamo oro temperatūrą, variklio aušinimo skysčio temperatūrą. Ši informacija perduodama į elektroninį valdymo bloką „Motec M84“ variklio jutiklių signalais.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

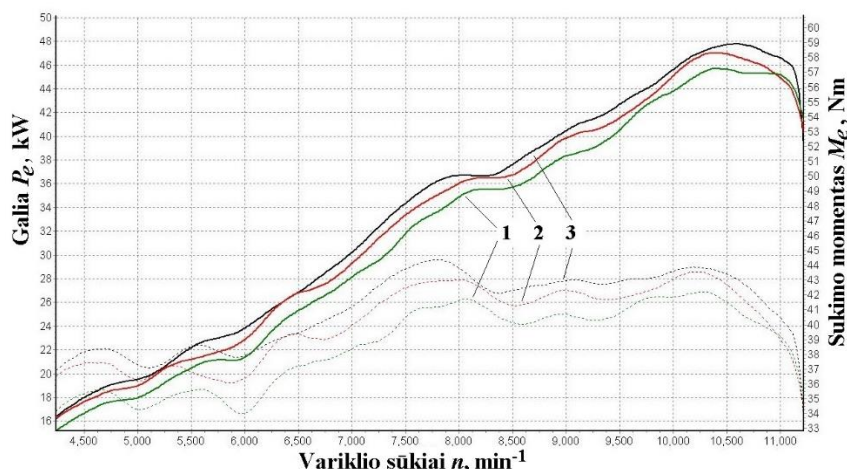
Eksperimentiniu būdu, automobilio traukos stendo CARTEC LPS 2510 pagalba, variklio „Suzuki GSXR-600 K3“ dinaminiai parametrai buvo vertinami dviem etapais. Pirmasis – nustatant variklio galią ir sukimo momentą priklausomai nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio su originaliu oro įsiurbimo kolektoriumi bei elektroniniu valdymo bloku. Antrasis – modifikavus įsiurbimo kolektoriaus konstrukciją ir sumontavus 20 mm skersmens ribotuva, naudojant programuojamą variklio elektroniniu valdymo bloku „Motec M84“. Apribojus įsiurbiamo oro kiekį variklio maksimali galia ir sukimo momentas sumažėjo atitinkamai 35,4 % ir 26,7 % (nuo 75,1 kW prie 13741 min⁻¹ ir 60 Nm prie 11126 min⁻¹ iki 47,8 kW prie 10601 min⁻¹ ir 44 Nm prie 7805 min⁻¹) (1 pav.).



1 pav. Variklio galios ir sukimo momento priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio:
1 – variklio galia ir sukimo momentas su standartiniu oro įsiurbimo kolektoriumi; 2 – variklio galia ir sukimo momentas su modifikuotu oro įsiurbimo kolektoriumi

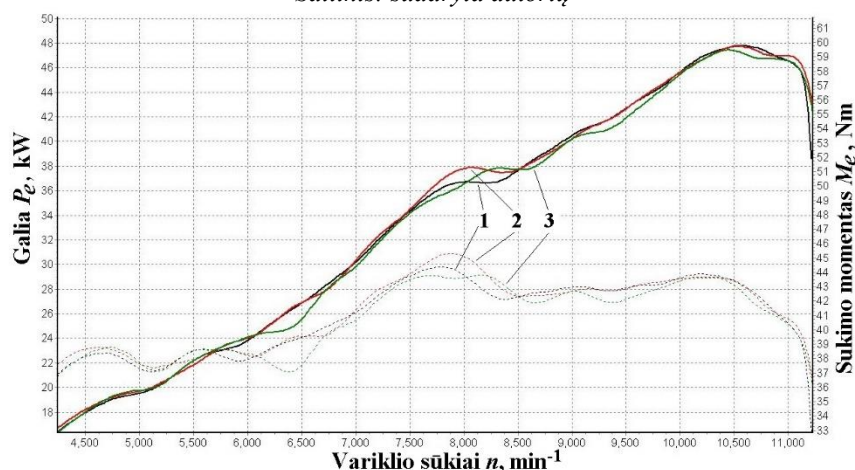
Šaltinis: sudaryta autorių

Tolimesniame bandymų etape variklio elektroninio valdymo bloko „Motec M84“ programoje buvo keičiamas uždegimo paskubos kampas ir tiriamas variklio galios ir sukimo momento pokytis. Bandymai buvo vykdomi keliais etapais. Pirmiausiai uždegimo momentas buvo ankstinamas palaipsniui nuo 32° ir artėjama iki 43° prieš VRT. Geriausi rezultatai gauti su ankstyvu uždegimo momento kampu (45,6 kW prie 10371 min⁻¹ sūkių). Vėliau siekiant išgauti geriausią variklio charakteristiką uždegimo momentas paankstintas dar kelis kartus po 2° ir pasiekti 47° prieš VRT (2 pav.). Iš paveiksle pateiktų kreivių matyti, kad didinant uždegimo paskubos kampą nuo 43° iki 47° prieš VRT variklio galingumas ir sukimo momentas beveik visame alkūninio veleno sukimosi dažnio diapazone didėja. Esant 47° uždegimo paskubos kampui ir palyginus su vėlesniu 43° uždegimo momentu galios prieaugis yra 4,6 % (nuo 45,6 kW prie 10371 min⁻¹ iki 47,8 kW prie 10601 min⁻¹ sukimo momento – 4,5 % (nuo 42 Nm prie 10278 min⁻¹ iki 44 Nm prie 7805 min⁻¹)).



2 pav. Variklio galios ir sukimo momento priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio keičiant uždegimo paskubos kampą: 1 – uždegimo paskubos kampas 43°; 2 – uždegimo paskubos kampas 45°; 3 – uždegimo paskubos kampas 47°

Šaltinis: sudaryta autorių



3 pav. Variklio galios ir sukimo momento priklausomybė nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio keičiant degiojo mišinio sudėtį: 1 – $\lambda = 0,875$; 2 – $\lambda = 0,85$; 3 – $\lambda = 0,81$

Šaltinis: sudaryta autorių

Variklio elektroninio valdymo bloko programoje taip pat buvo keičiama ir degiojo mišinio sudėtis. Bandymų metu buvo atliekami trys skirtingi matavimai keičiant oro pertekliaus koeficiento reikšmes, pirmu atveju $\lambda = 0,875$, antru $\lambda = 0,85$, trečiu $\lambda = 0,81$. Atitinkamai kito oro ir degalų masių santykis: 12,8:1; 12,5:1; 11,8:1. Iš 3 paveiksle pateiktų kreivių matyti, kad degųjų mišinį riebinant žymaus variklio galios ir sukimo momento pokyčio nėra.

Išvados

1. Remiantis Lietuvos ir užsienio autorių paskelbtomis publikacijomis bei moksliniais straipsniais atlikta vidaus degimo variklio cilindų pripildymo šviežiu degiuoju mišiniu priklausomybės nuo įvairių faktorių analizė, apžvelgti technologiniai sprendimai, gerinantys cilindų pripildymą ir variklio dinaminis rodiklius.

2. Eksperimentiniu būdu buvo įvertinti *studentų formulėje* sumontuoto variklio „Suzuki GSXR-600 K3“ dinaminiai parametrai, modifikavus įsiurbimo kolektoriaus konstrukciją ir sumontavus 20 mm skersmens ribotuvą. Apribojus įsiurbiamo oro kiekį variklio maksimali galia ir sukimo momentas sumažėjo atitinkamai 35,4 % ir 26,7 %.

3. Stendiniais tyrimais nustatyta, kad padidinus uždegimo paskubos kampą 4° variklio galingumas ir sukimo momentas visame alkūninio veleno sukimosi dažnio diapazone padidėjo atitinkamai 4,6 % ir 4,5 %.

4. Keičiant degiojo mišinio sudėtį (riebinant nuo $\lambda = 0,875$ iki $\lambda = 0,81$) žymus variklio galios ir sukimo momento kitimas nenustatytas.

Literatūra

- Arroyo, J., Moreno, F., Munoz, M., Monne, C. 2015. *Experimental study of ignition timing and supercharging effects on a gasoline engine fueled with synthetic gases extracted from biogas*. Energy Conversion and Management. Volume 97, pages 196-211.
- Bosch, R. 2009. *Benzininių variklių valdymo sistemos*. Smaltijos leidykla. ISBN 978-9955-707-69-1: 336 p.
- Butkus, A. 2007. *Vidaus degimo varikliai*. Vilnius: Technika.
- Heywood, J. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw Hill Series. ISBN 0-07-028637-X: 930 p.
- Formula SAE – Students [interaktyvus] SAE International [žiūrėta 2015 m. lapkričio 3d.]. Prieiga per internetą <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/about.htm>
- Sayin, C. 2012. *The impact of varying spark timing at different octane numbers on the performance and emission characteristics in a gasoline engine*. Fuel. Volume 97, pages 856-861.
- Sendzikiene, E., Rimkus, A., Melaika M., Makareviciene, V., Pukalskas, S. 2015. *Impact of biomethane gas on energy and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with a stoichiometric mixture at various ignition advance angles*. Fuel. Volume 162, pages 194–201.
- Suzuki [interaktyvus] Oficialus Suzuki atstovas [žiūrėta 2015 m. lapkričio 3d.]. Prieiga per internetą <http://www.suzukicycles.com/Product%20Lines/Cycles/Products/GSX-R600/2013/GSXR600.aspx#Features>
- Superhonda [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. lapkričio 3d.]. <http://www.superhonda.com/forum/f55/one-best-ignition-timing-writeups-i-have-ever-come-across-268106/>
- Snap-on Equipment GmbH, CARTEC Chassis dynamometers LPS for cars. Germany

11. Topgul, T., Yucesu, H. S., Cinar, C., Koca, A. 2006. *The effects of ethanol – unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions*. Renewable Energy. Volume 31, pages 2534-2542.

RESEARCH OF FORMULA STUDENT ENGINE DYNAMIC PARAMETERS' DEPENDANCE ON SPARK TIMING AND COMBUSTIBLE MIXTURE COMPOSITION

Summary

Paper presents Formula Student project which is held in Vilnius College of Technologies and Design. While designing and assembling a sports car according international FSAE rules there is being confronted with various restrictions. One of these is air intake manifold diameter restriction which has influence on the engine dynamic parameters. This research aim is to determine how big impact air restrictor for engine dynamic parameters and what kind of influence combustible mixture composition and spark timing will have.

Key words: formula student, volumetric efficiency, engine dynamic parameters, spark timing, air excess coefficient.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tadas Vipartas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus Technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Studentiška formulė, naujosios technologijos transporte.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 674 13254, t.vipartas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tadas Ragauskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus Automechanikos ir verslo mokyklos mokytojas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Studentiška formulė, naujosios technologijos transporte.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 629 60905, tad.ragauskas@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus Technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius..

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, ekologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Mindaugas Melaika.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus Technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, ekologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 611 13757, m.melaika@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus Technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, ekologija..

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 615 71161, a.rimkus@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tadas Vipartas.

Science degree and name: master of science, lector.

Workplace and position: Vilnius College of Technology and Design, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Student formula, new technologies in transport

Telephone and e-mail address: +370 674 13254, t.vipartas@vtdko.lt

Author name, surname: Tadas Ragauskas.

Science degree and name: -

Workplace and position: Vilnius School of Car mechanics and Buiseness, teacher.

Author's research interests: Student formula, new technologies in transport

Telephone and e-mail address: +370 629 60905, tad.ragauskas@gmail.com

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position Vilnius College of Technology and Design, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Internal combustion engines, ecology.

Telephone and e-mail address: +370 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Mindaugas Melaika.

Science degree and name: master student.

Workplace and position: Vilnius College of Technology and Design, Technical faculty Automobile Transport department lector.

Author's research interests: Internal combustion engines, ecology.

Telephone and e-mail address: +370 611 13757, m.melaika@vtdko.lt

Author name, surname: Stasys Švagždys.

Science degree and name: master student.

Workplace and position: Vilnius College of Technology and Design, Technical faculty Automobile Transport department Associated Professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, ecology.

Telephone and e-mail address: +370 615 71161, a.rimkus@vtdko.lt

DVIRAČIŲ RĖMŲ NUOVARGIO BANDYMAI

Remigijus Juknevičius

Šiaulių valstybinė kolegija

Anotacija

Minant dviratį minančiojo sunaudojama energija priklauso nuo dviračio masės, kurią galima sumažinti parenkant optimalią mazgų konstrukciją bei gamyboje naudojant lengvuosius metalus, plastmases ir kompozitus. Šiame straipsnyje nagrinėjama dviračių rėmų stiprumo priklausomybė nuo konstrukcijos tipo. Bandymai atlikti Šiaulių universiteto Technologinių bandymų centre.

Raktiniai žodžiai: *dviračių rėmai, dviračių rėmų bandymas, rėmų nuovargio bandymas.*

Įvadas

Dviratis – tai dviratė, bemotorė, žmogaus kojų raumenų jėga varoma transporto priemonė. Kasmet pasaulyje pagaminami keli milijonai naujų dviračių, o bendras jų skaičius viršija vieną milijardą. Taigi, populiarumu jis lenkia visas kitas transporto priemones. Dviračio populiarumą nulemia santykinai žema kaina, mažai gabaritai, konstrukcijos paprastumas ir patikimumas, saugumas, geras greičio ir sunaudojamos energijos santykis (efektyvumas). Šiuo metu dažnai akcentuojama dar viena labai svarbi dviračio savybė – ekologiškumas (Ryžovas, 2011: 6).

Renkantis dviratį reikėtų atkreipti dėmesį į rėmą, kad šis būtų standus ir tvirtas. Standus rėmas labai svarbu, nes antraip dviratis tampa nestabilus, nesaugu bei minant naudojama daugiau energijos.

Dviračių masė mažinama parenkant optimalią mazgų konstrukciją bei gamyboje naudojant lengvuosius metalus, plastmases ir kompozitus (Ramonas ir kt., 2003: 337). Tačiau lengvinant dviračių konstrukcijas svarbu, kad nenukentėtų dviračio patikimumas, bei jis atitiktų galiojančius standartus.

Dviratis bei atskiri jo mazgai turi atitikti reikalavimus (saugumo ir kt.), nurodomus standartuose. Standartai rekomenduoja gamintojui atlikti ne tik viso gaminio, bet ir atskirų jo elementų (rėmo, vairo ir pan.) tyrimus. Bandymų atlikimo tvarka sudaroma taip, kad būtų garantuojamas tiek atskirų dalių, tiek ir viso dviračio stiprumas ir ilgaamžiškumas, siekiama aukštos kokybės ir laikomasi saugumo reikalavimų nuo projektavimo iki gaminio eksploatavimo pabaigos. Bandymų rezultatai yra teigiami, jei po atliktų bandymų nėra lūžių, įtrūkimų ar nenustatomi leistinus dydžius viršijantys konstrukcijos formos pokyčiai (Ruseckas ir kt., 2009: 102).

ES direktyvų ar nacionalinių teisės aktų, kuriose būtų nustatyti saugos reikalavimai dviračiams, nėra. 2005 m. atsižvelgdamas į tai, Europos standartizacijos komitetas patvirtino saugos standartus kalnų dviračiams, miesto ir turistiniams dviračiams, lenktyniniams bei vaikiškiems dviračiams. Šios serijos (EN 1476_) standartus parengė Techninis komitetas ESK/TC 333 „Dviračiai“, jie įsigaliojo 2006 m. Tais pačiais metais jiems buvo suteikti nacionalinių standartų statusai. Visi nacionaliniai standartai, reglamentuojantys dviračių saugą tais pačiais metais buvo anuluoti (Ryžovas, 2011: 9).

Tyrimo objektas – dviračių rėmų dinaminiai bandymai.

Tikslas – atlikti dviračių rėmų tvirtumo priklausomybės nuo konstrukcijos tipo tyrimus.

Tikslui pasiekti keliama **uždaviniai**:

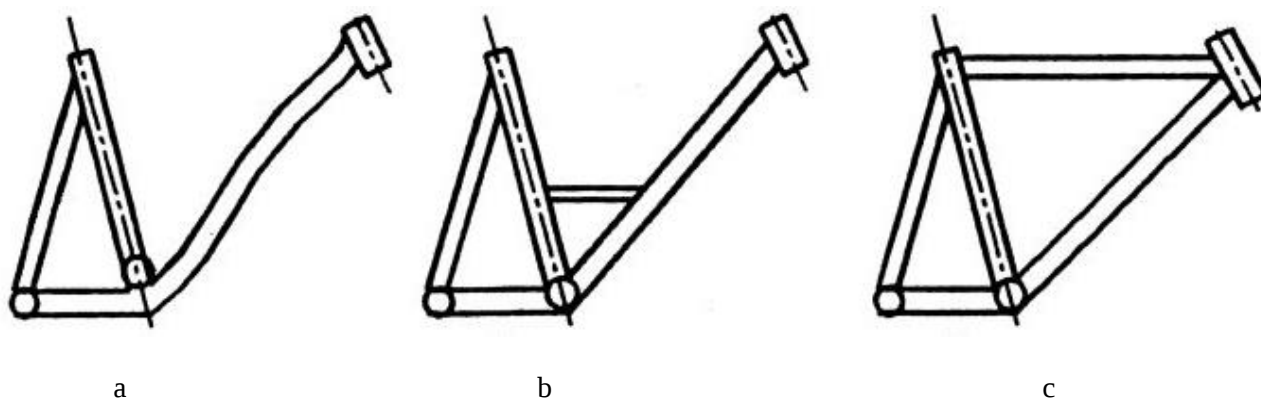
- parinkti dviračių rėmų dinaminių bandymų metodiką;
- nustatyti rėmų tvirtumo priklausomybę nuo konstrukcijos tipo.

Dviračių rėmų nuovargio bandymai

Bandomų rėmų konstrukcijos labai įvairios (1 pav.), tačiau sąlyginai juos galima skirti į tris tipus – atviri, pusiau uždari ir uždari.

Dviratis bei jo mazgai, dalys turi atitikti standartų reikalavimus (LST EN 14764:2006; LST EN 14765:2006; LST EN 14766:2006). Išbandyti rėmą galima keliais būdais: smūginiai rėmo ir priekinės šakės bandymai, nuovargio bandymai, naudojant pedalų minamąją jėgą arba naudojant horizontaliąją jėgą.

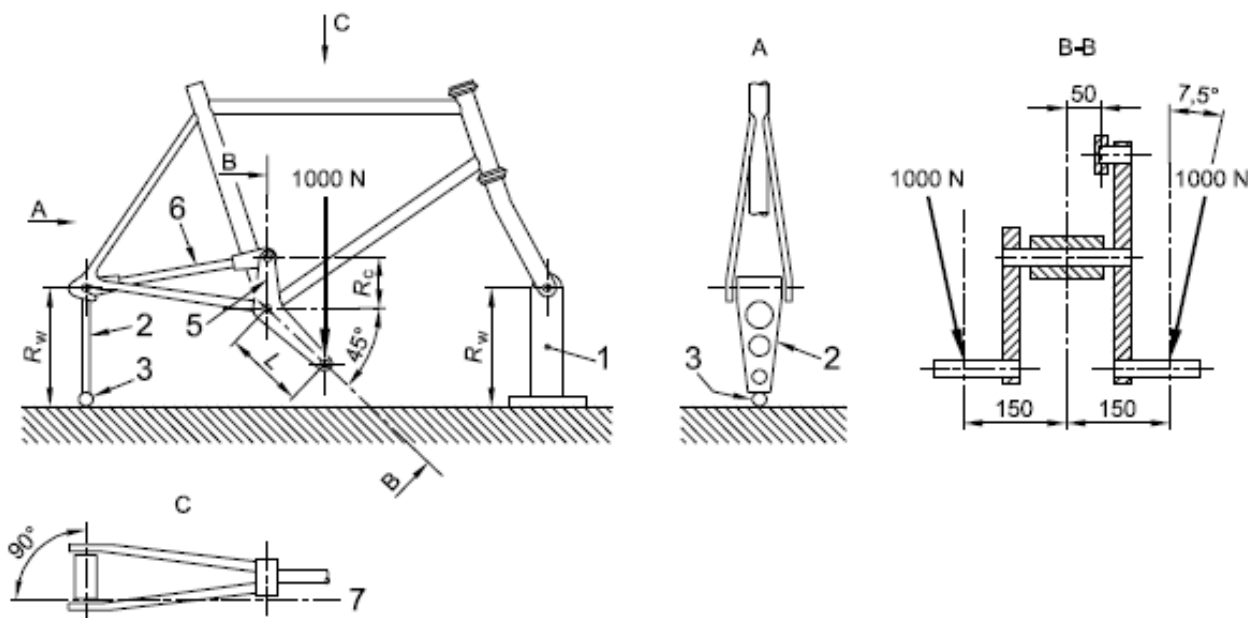
Nuovargio bandymas, naudojant pedalų minamąją jėgą. Bandymams naudojamas naujas rėmas, o priekinė originali šakė pakeičiama priekinės šakės adapteriu. Rėmas tvirtinamas taip, kad stebulė laisvai suktųsi ant ašies. Užpakaliniai išsikišimai įtvirtinami prie vertikalaus šarnyro tame pačiame aukštyje kaip ir priekinė dalis, o viršutinė šarnyro dalis gali laisvai suktis apie veleno ašį. Kiekviena pedalo ašis apkraunama 1000 N jėga (2 pav.). Apkrovimo ciklų skaičius — 100 000.



1 pav. Dviračių rėmų tipai: a) atviras; b) pusiau uždaras; c) uždaras.

Šaltinis: sudaryta Ramonas ir kt., 2003:338

Atlikus bandymą aprašytu metodu, ant rėmo dalies negali būti matomų įtrūkimų ar lūžių, jokia pakabos sistemos dalis neturi atsiskirti. Naudojant anglies pluošto rėmus, didžiausi nuokrypiai taškuose, į kuriuos veikiama bandomąja jėga, negali padidėti daugiau kaip 20% pradinio tikrinamojo dydžio.



2 pav. Rėmo bandymo, naudojant pedalų minamąją jėgą schema: R - tvirtinimo aukštis; L - alkūninio svarto pakaitalo ilgis; 1 - pagrindas; 2 - vertikalus lankstas; 3 - rutulinis lankstas; 5 - vertikalus svertas; 6 - jungiamoji trauklė; 7 - centrinė jungiamosios traukies linija

Šaltinis: sudaryta LST EN 14764:2006

Bandymai atlikti Šiaulių universitete Technologinių bandymų centre 2006 – 2008 metais. Daugiausiai bandymų (virš 90 proc.) buvo atlikta AB „Baltik Vairas“ užsakymu. Bandymams naudotas „Bike machinery halley“ kompiuterizuotas dviračių rėmų bandymų stendas (3 pav.), leidžiantis atlikti ciklinius rėmo statinius, dinامينius ir rėmo lūžimo bandymus.

Tyrimų duomenys vizualizuojami tiesiogiai iš video pateikties ir spausdinami suvestinių lentelių pavidale. Bandymų stendas automatiškai sustoja dviračio rėmo lūžio atveju. Rėmą veikianti apkrova nustatoma tiesiogiai.

Bandymų metu galima fiksuoti duomenis trijuose taškuose:

- vertikalios judant rėmui;
- šoninėje apatinėje kronšteino pozicijoje;
- šakės išlinkimo vietoje.



3 pav. Dviračių rėmų bandymų stendas

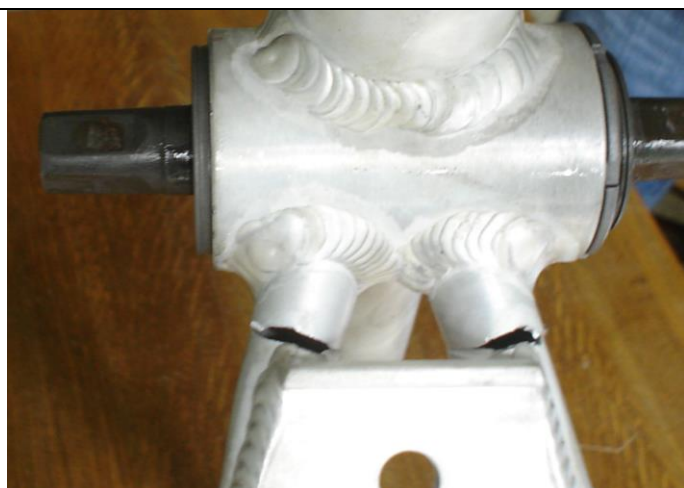
Šaltinis: <http://www.bikemachinery.it/prodotti/halley.html>

Bandymų rezultatai

Iš viso atlikti 124 dinaminiai bandymai. Tipiniai rėmų lūžiai pavaizduoti 3 ir 4 paveiksluose. Dažniausiai atviro tipo rėmai lūždavo suvirinimo vietoje prie myniklio, o uždaro ir pusiau uždaro tipo rėmams bandymo neišlaikydavo užpakalinės šakės plunksnos šalia tiltelio.



3 pav. Atviro tipo rėmo lūžis



4 pav. Tipinis pusiau uždaro ir uždaro tipo rėmo lūžis

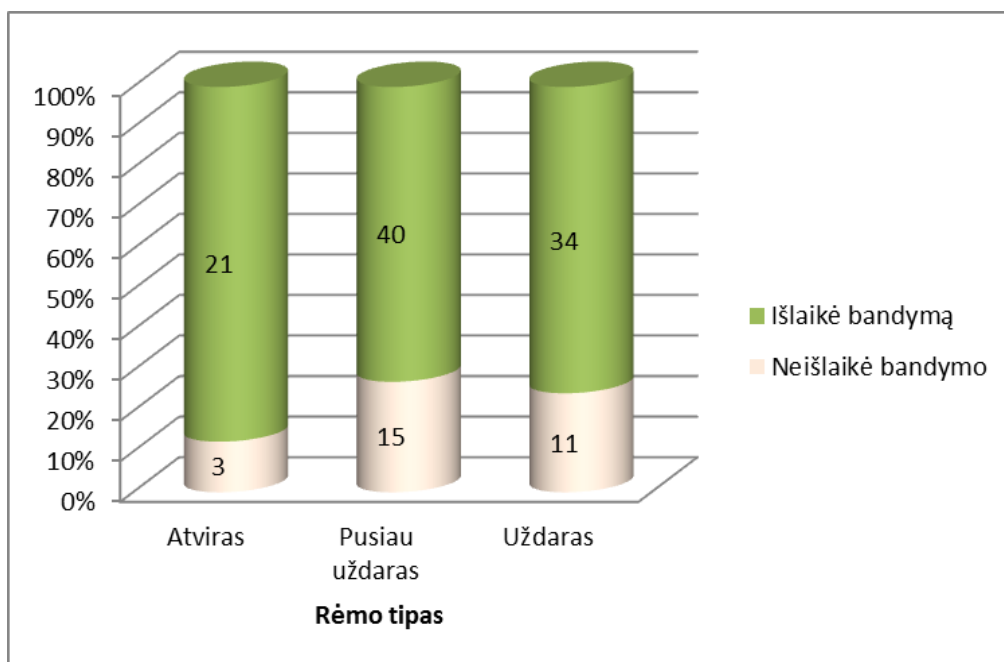
Tyrimo rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Rėmų dinaminių bandymų rezultatai

Rėmo tipas	Dinaminis bandymas		
	Išlaikė, vnt.	Neišlaikė, vnt.	Neišlaikė, proc.
Atviras	21	3	12,50
Pusiau uždaras	40	15	27,27
Uždaras	34	11	24,44
Viso:	95	29	23,39

Dviračio rėmų statinių bandymų rezultatai pateikti 5 pav. Beveik ketvirtadalis visų bandytų dviračių rėmų neatitiko standartų reikalavimų. Dinamines apkrovas geriausiai atlaiko atviro tipo rėmai.



5 pav. Dviračio rėmų dinaminio bandymo rezultatai

Kokybės užtikrinimo sąnaudos ir nuostoliai dėl netinkamos kokybės vertinami procentiškai nuo visų įmonės gamybos sąnaudų. Kadangi įmonė „Baltik vairas“ surenka galutinį gaminį, o visos reikiamos detalės perkamos iš gamintojų, kokybė užtikrinama priėmimo kontrole, kad brokuotos ar netinkamos detalės nepatektų į surinkimo procesą. Paskui atliekami dviračių detalių, jų atskirų mazgų bei surinkto dviračio bandymai, siekiant išsiaiškinti, ar visos gautos detalės yra kokybiškos, kurios detalės neatitinka standartuose nurodytų reikalavimų. Taip užtikrinama, kad surinktas gaminys bus maksimaliai kokybiškas ir netinkami gaminiai nepateks galutiniam vartotojui (Čikotienė ir kt., 2010: 39-40).

Išvados

1. Atliekant dviračių rėmų dinaminis bandymus tinkamiausia metodika yra nuovargio bandymai, naudojant pedalų minamąją jėgą.
2. Geriausiai dinamines apkrovas atlaiko atviro tipo rėmai. Šių rėmų rezultatas beveik dukart geresnis nei uždaro ir pusiau uždaro tipo rėmų.
3. Pavojingiausia vieta uždaro ir pusiau uždaro tipo rėmuose yra užpakalinės šakės plunksnos šalia tiltelio, o atviro tipo rėmuose - myniklio zona.

Literatūra

1. Čikotienė D., Zwick D., Ramonas Z., 2010, Kokybės užtikrinimas dviračių gamybos įmonėje. Šiaulių universitetas. ISSN 1648-8776 Jaunųjų mokslininkų darbai. Nr.2 (27). p. 39-44.
2. Ramonas Z., Petronis V., 2004, Lengvųjų metalų panaudojimas dviračių gamyboje // Mechanika-2004: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. Kauno technologijos universitetas,. ISBN 9955-09- 630-6. P. 337–340.
3. Ryžovas V., 2011, Dviejų laisvės laipsnių modeliu idealizuoto dviračio judėjimo nelygumais dinamikos tyrimas. Magistro darbas. Šiaulių universitetas
4. Ruseckas A., Šniuolis R., Ščiukaitė J., 2009, Dviračio rėmo stiprumo analizė. Šiaulių universitetas. ISSN 1648-8776 Jaunųjų mokslininkų darbai. Nr.3 (24). p. 102-106.
5. LST EN 14764:2006. Miesto ir turistiniai dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai.
6. LST EN 14765:2006+A1:2008. Vaikiški dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai.
7. LST EN 14766:2006. Kalnų dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai.
8. Dviračių bandymų standų gamintoja Bike Machinery. Prieiga per internetą [2015-05-10]: <http://www.bikemachinery.it>

BICYCLE FRAMES FATIGUE TESTS

Summary

Using the bicycle, the energy which was used by the wheeling person depends on the bicycle's weight. The weight can be eased down by choosing optimal components of the construction and using lightweight metals, plastics and composites in the engineering and the manufacturing. In this article it is analysing the dependence between the strength of bicycle frames and the type of constructions. The experimentation has been carried out in the Technological Testing Centre of Šiauliai University.

Keywords: bicycle frame, testing of frame, frame-fatigue test.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS (*Pavyzdys*)

Autoriaus vardas, pavardė: Remigijus Juknevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: mechanikos inžinerijos magistras

Darbo vietą ir poziciją: Šiaulių valstybinės kolegijos Transporto inžinerijos katedros vedėjas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologiniai bandymai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068406740, r.juknevicius@svako.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Remigijus Juknevičius

Science degree and name: Master of Mechanical Engineering.

Workplace and position: Šiauliai State College, Head of Transport Engineering Department

Author's research interests: technological tests.

Telephone and e-mail address: +37068406740, r.juknevicius@svako.lt

ELEKTRONINIŲ SISTEMŲ PATIKROS STENDAI EDUKACIJOJE

Saulius Niauronis

Šiaulių valstybinė kolegija

Anotacija

Nepaisant to, kad visos elektroninės sistemos prieš patekdamos į rinką yra testuojamos, būsimi elektronikos inžinerijos ir gretutinių sričių specialistai studijų metu nėra tinkamai supažindinami su elektroninių gaminių patikros technologijomis. Šiame straipsnyje yra apžvelgiamos taikomos elektroninių sistemų testavimo technologijos, patikros stendų funkcijos, tipai bei jiems keliami reikalavimai. Aptariamas esamas ir galimas elektronikos gaminių testavimo technologijų panaudojimas edukacijoje.

Reikšminiai žodžiai: patikros stendai, elektroninių sistemų patikra, testavimo technologijos.

Įvadas

Įvairios elektroninės sistemos užima vis svarbesnį vaidmenį daugumoje technologinių procesų, kurie naudojami buityje, transporte, versle, pramonėje. Galimybė procesus valdyti itin tiksliai lemia didesnę naudą, kuri skatina elektronines sistemas diegti vis sudėtingesnes bei vis plačiau tiek įvairovės tiek ir kiekybės atžvilgiais. Deja, naujų technologijų patikimumas itin priklauso nuo technologijos vystymui skirtą laiką ir kitų resursų. Ekonomiškai naudingesni yra naujų technologijų pagrindu sukurti produktai, tačiau tokių produktų vystymo resursai tiek globaliu, tiek ir gamintojo mastu negali būti dideli, tad kartu ir šių produktų patikimumas yra ribotas. Todėl natūralu, kad elektronikos gaminiai turi būti testuojami tiek prieš patekdami į rinką, tiek vykdant jų garantinį ir po garantinį aptarnavimą. Kaip ir produkcijos gamyba, taip ir testavimas yra ekonomiškė priemonė pasitelkiant technologines priemones. Todėl elektroninių sistemų patikros stendai yra neatsiejama elektronikos gaminių masinės gamybos linijų bei produktų palaikymo padalinių įranga. Projektuojant patikros stendus yra naudojamos specializuotos testavimo technologijos, o būsimų specialistų supažindinimas su jomis tiesiog nėra įtrauktas į Lietuvos aukštųjų mokyklų Elektronikos inžinerijos ar su elektronikos inžinerija susijusių studijų programas.

Kolegijų siūlomų studijų programų, kurių tikslas yra orientuotas į elektroninių sistemų diagnostiką (pvz. Autotransporto elektronika), studentai rengdami baigiamuosius projektus turi labai ribotas galimybes įrodyti savo žinias ir gebėjimus diagnostikos srityje tiesiogiai atlikdami praktinį diagnostinį darbą. Todėl yra suprantamas dažnas dėstytojų ir studentų sprendimas šias besimokančiojo žinias ir gebėjimus įrodyti projektuojant įvairius elektroninių sistemų patikros stendus. Deja, dėl menko universitetuose suteikiamo parengimo šioje srityje, dažnas dėstytojas pats ne visiškai supranta tokių stendų paskirtį, įvairovę ir jiems keliamus reikalavimus. Šio straipsnio tikslas ir yra apžvelgti taikomas elektroninių sistemų testavimo technologijas, patikros stendų funkcijas, tipus bei jiems keliamus reikalavimus. O taip pat pateikti apibendrintus pastebėjimus, kurie atsirado dirbant automatikos sistemų kelių lygmenų patikros stendų projektuotoju ir programuotoju. Apžvalgai atlikti naudojami kokybinės analizės metodai. Teorinio tyrimo uždaviniai, kurie atitinka straipsnio struktūrą yra šie: Išanalizuoti elektroninių gaminių testavimo technologijas bei jų naudojamą techninę įrangą; palyginti šias technologijas; įvertinti šių technologijų taikymą edukacijoje.

Elektroninių sistemų testavimo technologijos

Yra keletas elektroninių sistemų testavimo technologijų, kurios skiriasi naudojamomis priemonėmis, tikrinimo objektais bei yra skirtos skirtingiems gaminiams (komponentams, spausdinto montažo plokštėms, galutiniam gaminiui ar sistemai) testuoti. Automatinės testavimo technologijos leidžia naudojant specializuotą techninę ir programinę įrangą patikrinti elektronines sistemas žymiai greičiau, paprasčiau ir patikimiau nei tikrinant rankiniu būdu. Skirtinga automatinio testavimo įranga (ATE – angl. *Automatic Test Equipment*) pasižymi skirtingais pranašumais bei trūkumais ir gali suteikti didžiausią naudą tik gerai parinkus jos tipą (Bornemann ir kt., 2015; Poole, 2015). Paprastai konkrečios ATE yra skirtos gaminio testavimui konkrečiame jo produkcijos etape (Saad, 1996: 212). Toliau apžvelgsime plačiausiai naudojamas ATE technologijas:

Apžiūros sistemos

Istoriškai tai seniausias patikros metodas (neautomatinis), kuris, atliekant patikrą rankiniu būdu (MVI – angl. *Manual Visual Inspection*), negali būti nei nuoseklus nei visapusiškas dėl to, kad dalyvauja specialistas. Kita vertus, tai yra pirminė ir esminė patikros technologija, todėl net ir dėl savo automatizavimo sudėtingumo, yra plačiai taikoma. Nesant galimybei taikyti automatinės optinės patikros (AOI – angl. *Automated Optical Inspection*), yra taikoma neautomatizuota ar dalinai automatizuota (pagalbinės priemonės

specialistui) apžiūra. Ypač tais atvejais, kai spausdinto montažo plokštės (PCB – angl. *Printed Circuit Board*) komponentai yra išdėstyti naudojant automatinio komponentų išdėstymo įrangą (Poole, 2015).

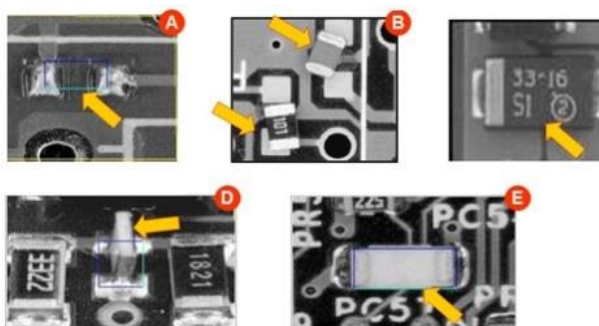
Diagnostikos ir remonto atveju tokia patikra taip pat yra pirminė ir dažnai pakankama. Dėl diagnozuojamų gaminių įvairovės diagnostikos atveju AOI taikyti beveik neįmanoma, todėl atliekama MVI (t. y. specialistas tiesiog vizualiai apžiūri gaminį).

AOI dažniausiai atliekama gaminant PCB iš karto po litavimo. Tokiu būdu aptinkamos ne tik komponentų pozicionavimo, bet ir pagrindinės litavimo problemos. Taip pat yra stebimas jų pasikartojimas ir esant reikalui koreguojama gamyba. Tokiu būdu užtikrinama, kad gaminių su defektais būtų pagaminama kuo mažiau (Poole, 2015). AOI yra tinkama ir mechaninių pažeidimų aptikimui (Chen, 2011). AOI yra itin sparti, tačiau dėl ilgo derinimo laiko naudinga gaminant tik didelius gaminių kiekius. Tokios patikros sistemos yra brangios, o ypač jų programinė įranga.

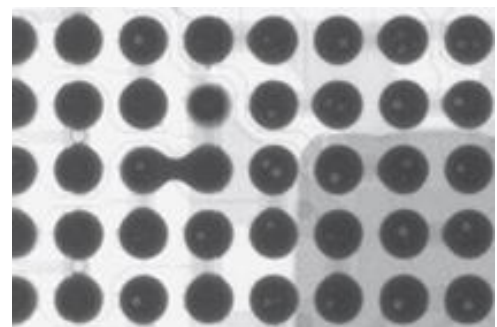
Naudojant integrinius grandynus BGA (angl. *Ball Grid Array*) korpusuose, yra svarbu, tačiau neįmanoma įvertinti lydviečių vizualiniu būdu (t. y. naudojant foto ar video priemones), todėl kai kuriais atvejais pasitelkiamos rentgeno spindulių technologijos, kas leidžia gauti komponentais uždengtų PCB vietų vaizdus (Poole, 2015). Automatinė apžiūra naudojant rentgeno vizualizaciją (AXI – angl. *Automated X-ray Inspection*), kaip ir AOI yra ilgai derinama ir skirta masinės gamybos kontrolei, tačiau rentgeno spindulių vizualizavimo įranga, nors ir brangi, bet gali būti taikoma ir diagnostikoje (Turk 2015: 26-31). Tokiu atveju tai yra pagalbinė MVI priemonė – vaizdai pateikiami specialistui, kuris atlieka ekspertinį įvertinimą. Konvejerinės AOI + AXI sistemos įrangos pavyzdys pateiktas 1 pav. AOI sistemos rezultato vaizdai pateikti 2 pav., o vaizdas, gautas AXI sistema pateiktas 3 pav.



1 pav. AOI ir AXI linija
Šaltinis: Matrix technologies Inc.



2 pav. AOI patikros rezultatas: a – trūksta komponento, b – pasukti komponentai, c – blogas poliariškumas, d – pavirtęs komponentas, e – apvirtęs komponentas
Šaltinis: M.I.S. Electronics Inc.



3 pav. AXI patikra: lydmetalu užtrumpinti kontaktai po BGA grandynu
Šaltinis: Viscom Europe

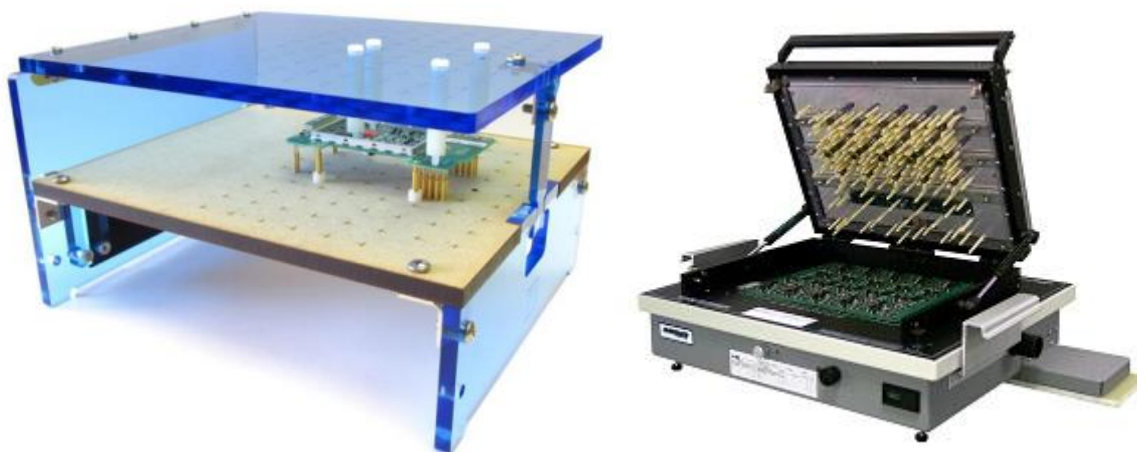
Komponentų ir grandinių testavimas

Komponentų ir grandinių testavimas (ICT – angl. *In Circuit Test*) – itin efektyvi PCB patikros technologija, kuri leidžia ne tik užtikrinti kokybišką komponentų montavimą, tačiau ir patikrinti jų veikimą. Naudojant automatinį ICT, kartu patikrinamas integrinių grandynų veikimo korektiškumas (Poole, 2015). Žinoma yra naudojamos ir ribotos ICT sistemos, kuomet testuojamas tik grandinių vientisumas ir atskyrimas. Tokios bazinės ICT sistemos yra vadinamos gamybos defektų analizatoriais (MDA – angl. *Manufacturing Defect Analyser*) ir yra pigesnės, nes naudojama žymiai paprastesnė programinė bei analizavimo techninė įranga (Albee, 2013: 3-5).

ICT sistemos naudoja universalius arba specializuotus (t. y. konkrečiam gaminiui testuoti sukurtus) įtaisus (patikros standus) (Moreira, 2010: 5) (4 pav.), kurie sudaryti iš (Poole, 2015):

- spyruoklinių kontaktų (5 pav.), išdėstytų taip, kad prisijungtų prie gaminio testavimo taškų, rinkinio;
- matavimo grandinių, kurios kaip ir visi matavimo įtaisai privalo neiškreipti matuojamų signalų;
- matavimo grandinių komutavimo įtaisų (tai leidžia atpiginti sistemą, tačiau prailgina patikros ir stendo programavimo laiką);
- sąsajų prijungimui prie kompiuterio, kuris naudojamas ICT proceso valdymui ir stebėjimui. Kai ICT sistema yra universali, kai kuriais atvejais kompiuterio programinė įranga gali atlikti matavimų analizę ir gaminio tinkamumo įvertinimą;
- programuojamo valdiklio, kurio programinė įranga atlieka testus ir pateikia jų rezultatus;

Norint atlikti ICT, projektuojant patį gaminį būtina numatyti, kad jis bus testuojamas ICT būdu: turi būti pasirinktos grandinės, kurios bus tikrinamos, suprojektuoti ar numatyti pakankamo dydžio testavimo taškai, o taip pat valdymo grandinės, kurias turės valdyti stendas turi būti suprojektuotos taip, kad jas būtų galima paveikti išoriniu ICT stendo signalu.



4 pav. ICT stendai

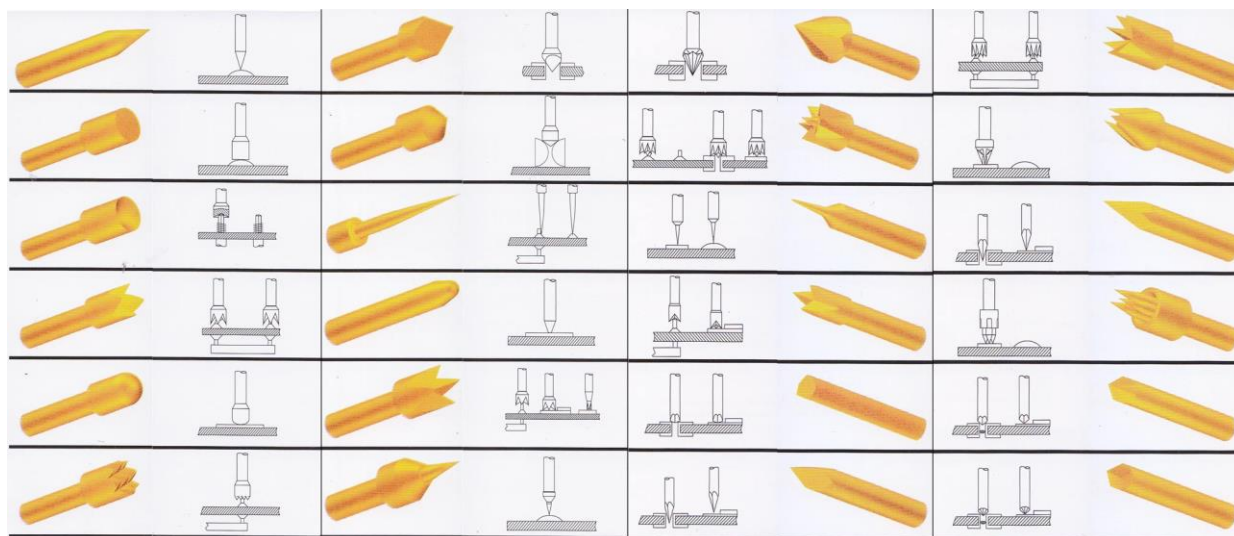
Šaltiniai: Merifix Electronics Inc. ir Circuit Check Inc.



5 pav. ICT spyruokliniai adatiniai kontaktai

Šaltinis: Merifix Electronics Inc.

Kad PCB esantys testavimo taškai atitiktų spyruoklines adatas, būtina gaminyje numatyti bent 2-3 pozicionavimo kiaurymės. Šios kiaurymės turi gaminio įdėjimo orientaciją. Projektuojant testavimo taškus iš karto numatomi testavimo adatų tipai (pav. 6.) (Albee, 2013: 2; Holtzer, 2015: 68-71).



6 pav. ICT spyruoklinių adatinių kontaktų tipai
Šaltinis: www.dangerousprototypes.com

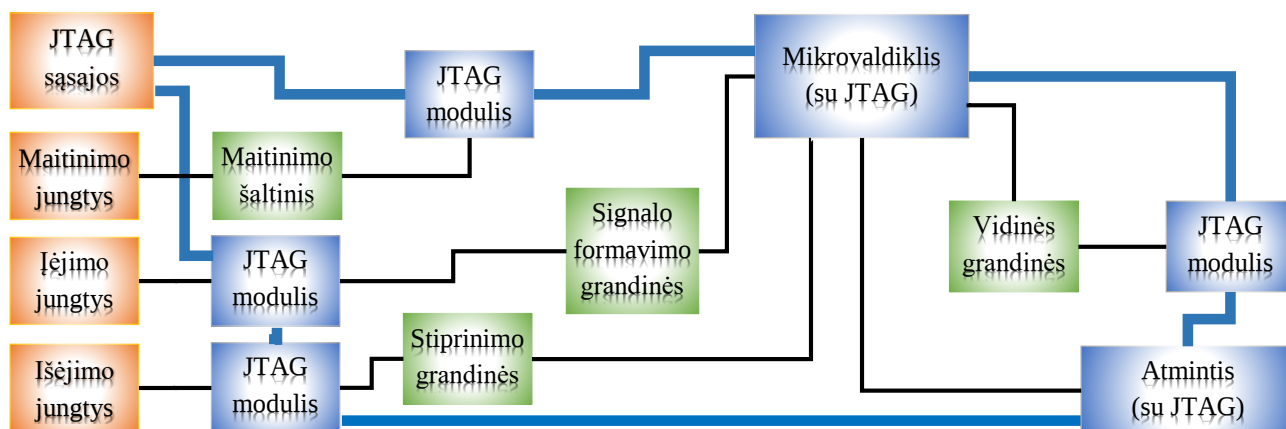
Spyruoklinių kontaktų rinkinys kai kuriose sistemose yra pakeičiamas kompiuterio valdoma pozicionavimo sistema, kuri prijungia testavimo adatą reikiamoje vietoje. Tokie patikros stendai yra universalūs, lengviau pritaikomi modifikavus tikrinamą sistemą, gali tiksliau pozicionuoti testavimo kontaktą (pvz. pataikyti į integrinio grandymo išvadą) (Thompson, 2015: 20). Tačiau patikra yra žymiai lėtesnė ir kai kurie testai yra neįmanomi dėl riboto kontaktinių testavimo taškų skaičiaus.

ICT, nors ir labai dažnai naudojama iki šiol, po truputį yra pakeičiama kitų testavimo technologijų. Pagrindinė to priežastis yra didėjantis integracijos lygis. Stengiamasi pagaminti vis mažesnius gaminius, todėl testavimo kontaktams vietos lieka vis mažiau (Poole, 2015). Jei naudojamas ribotas testavimo taškų kiekis, ši sistema netenka savo prasmės, tuo tarpu jei ribojamas testavimo taškų dydis (arba testavimo adatiniai kontaktai jungiami prie takelių ar lydviečių) – didėja netikrų klaidų aptikimo dažnumas (t. y. spyruokliniam adatiniam kontaktui nepataikius į reikiamą vietą ICT įskaito defektą). Turint omenyje, kad reikalavimai gaminio dydžiui lemia tai, jog ištisos elektroninės sistemos vis dažniau integruojamos į vieną integrinį grandyną, testavimo kontaktų prijungimas tampa tiesiog neįmanomas. Taip pat ICT dažnai nepatikrina PCB esančių jungčių (Poole, 2015). Jei ICT yra taikoma mikroprocesorinėms sistemos tikrinti, dažniausiai stende numatomi ir spyruokliniai adatiniai kontaktai sistemos programavimui.

Ribinio skenavimo testavimas

Ribinio skenavimo testavimas (angl. *Boundary Scan Testing*) dar yra žinomas kaip JTAG (angl. *Joint Test Action Group*) arba šios grupės parengto standarto nomenklatūra IEEE 1149.1. Pastaruoju metu šios automatinės patikros technologijos yra vis plačiau naudojamos pramonėje. Pagrindinė šios technologijos priemonė yra JTAG registrų sistema papildyti integriniai grandynai (Maunder, 1990). Prisijungus prie tokios sistemos per JTAG sąsają galima stebėti ir valdyti signalus patenkančius į integrinio grandyno išvadus. Sistema yra valdoma standartizuota testavimo kalba BSDL (angl. *Boundary Scan Definition Language*). JTAG testavimas gali pakeisti arba papildyti kitas patikros technologijas. Pavyzdžiui: mikroprocesorinėms sistemoms tikrinti ICT būdu gali būti ženkliai sumažinamas (galimai net iki nulio vnt.) spyruoklinių kontaktų kiekis, kas lemia žymiai paprastesnį ir lengviau modifikuojamą patikros stendą. Vietoje to, prijungiama tik JTAG sąsaja ir PCB įėjimo bei išėjimo jungtys (Johnson, 2009: 10; Balangue, 2009). Naudojant JTAG sąsają, mikrovaldiklio išėjimuose pagal testavimo algoritmą yra suformuojami išėjimo signalai ir išmatuojami elektroninės sistemos signalų pokyčiai išėjimo jungtyse. Tokiu būdu yra įvertinama ar tikrinama išėjimo grandinė veikia korektiškai (Texas Instruments, 1997). Taip pat, išoriškai pakeitus elektroninės sistemos signalą įėjimo jungtyje, prie JTAG sistemos prijungto įėjimo būseną turi pakisti. Tokiu būdu patikrinamos įėjimų grandinės (Balzer 2001: 3-6). Naudojant keletą integrinių grandynų su JTAG funkcija, galima visiškai atsisakyti poreikio jungti kitus nei JTAG sąsajos kontaktus (Balzer, 2001: 6). Maža to, viena JTAG sąsaja gali būti sujungta taip, kad vienu kabeliu būtų valdomi visi JTAG grandynai (Oshana, 2002).

Esant poreikiui, projektuojant PCB gali būti įterpiami integriniai grandynai, kurie atlieka tik JTAG funkcijas (matuoja ar imituoja signalus bet kurioje grandinės vietoje, pavyzdžiui, netoli PCB įėjimo ir išėjimo jungčių) (Thompson, 2015: 22). Programuojamų įtaisų gaminyje programavimas irgi gali būti atliekamas per JTAG sąsają, tad tokiu būdu nebelieka poreikio gaminti ICT patikros standų su sunkiai reguliuojamais adatiniais spyruokliniais kontaktais (Thompson, 2015: 22). Tokio gaminio struktūrinė schema pateikta 7 pav.



7 pav. Sistemos pavyzdys, kurios programavimui ir testavimui reikalinga tik JTAG sąsaja. Siauros linijos vaizduoja gaminio įprastinio darbo signalus, o platesnės linijos – testavimo ir programavimo signalus.

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Funkcinis testavimas

Visos anksčiau minėtos technologijos yra labiau skirtos PCB kokybės ir komponentų joje patikrai. Dažniausiai gaminyje tikrinimo metu dirba testavimo režimu (kai kuriais atvejais net be maitinimo įtampos). Tuo tarpu funkcinio automatinio testavimo sistemos (FATE – angl. *Functional Automatic Test Equipment*) tikrinamam gaminiui sudaro panašias į realias darbinės sąlygas. Dažniausiai yra pateikiami suplanuoti įėjimo signalai ir tikrinama ar tikrinamo gaminio išėjimo signalai atitinka signalus, kurių tikėtasi. Patikrai yra reikalingas didelis kiekis įėjimo ir išėjimo testavimo signalų komplektų (Poole, 2015), o jei gaminio logika tikrinimo metu veikia normaliu režimu, kartu ir testavimo laikas gali būti ilgas. Todėl pramoninės FATE sistemos dažnai turi gaminių dėklus, kuriuose vienu metu tikrinami keli ar net keli šimtai egzempliorių. Kadangi gaminių jungimas prijungiant jungtis kaip ir ICT atveju reikalauja nemažai testuotojo laiko, tai dažnai yra naudojami spyruoklinių adatinių kontaktų masyvai (National Instruments, 2009). Tokios sistemos gali generuoti ir surinkti signalus labai greitai, nes naudoja bendrus matavimo ir analizės prietaisus, kurių nereikia kaskart inicijuoti ar keisti jų parametrų prieš kiekvieną skirtingą matavimą, o taip pat tokių prietaisų reikia mažiau, tad galima įsigyti greitesnius. Tačiau bendra testavimo trukmė priklauso nuo gaminio logikos (Moreira, 2010: 170). FATE sistemos yra brangios ir kartais negali būti naudojamos dėl nemažo pačios testavimo sistemos kabelių talpumo (Moreira, 2010: 223). Šios sistemos gali būti valdomos standartizuotais protokolais (pvz. GPIB/IEEE488, VMI, PXI ir kt.), tad programinė įranga gali būti nesunkiai atnaujinama ar pakeičiama (Hemalatha, 2014: 104-106; National Instruments, 2009).

FATE testavimas yra tinkamas galutinio produkto patikrai, kuomet PCB jau yra patikrinta kitais būdais ir reikia patikrinti jau sumontuotą bendrą sistemą. Tokiu būdu patikrinami vidiniai gaminio dalių sujungimai bei sudedamosios dalys, kurių patikra atlikta gerokai ankstesniuose gamybos etapuose ir galimi nauji defektai atsiradę dėl transportavimo, sandėliavimo ar montavimo. Kartu gaminyje gali būti sukonfigūruojamas pagal kliento poreikius, įkeliami pagal juos ir pagal bendrą sistemos struktūrą priderinta konfigūracija, nustatoma data bei laikas ir kt. (Poole, 2015).

Elektroninių sistemų testavimo technologijų palyginimas

Tiesiogiai palyginti apžvelgtas patikros ir testavimo technologijas yra itin sudėtinga dėl to, kad dauguma technologijų pasižymi dideliu lankstumu ir pasirinktos patikros sistemos savybės varijuoja priklausomai nuo poreikių (Albee, 2013: 5). Įprastinių (tiksliausiai atitinkančių bendrą technologijos apibūdinimą) patikros ir testavimo technologijų palyginimas pateiktas 1 lentelėje. Galimybė patikros sistemą pritaikyti po garantiniam remontui yra įvertinta tiems atvejams, kai gamintojas nepateikia techninės ir programinės patikros įrangos ir pateikia ribotą informaciją apie sistemos funkcijas ir veikimo principus, o taip pat yra planuojamas ne vienietinis po garantinis aptarnavimas.

1 lentelė

Elektroninių sistemų patikros technologijų palyginimas

MVI	0	0	Maksimalus	Greitas	Pozicionavimo, litavimo, dalis sugedusių komponentų	Žemiausias	Minimalus	Lengva	Testuotojai
AOI	Vidutinė	Maksimali	Maksimalus	Lėtas	Pozicionavimo, litavimo,	Nedidelis	Maksimalus	Labai sudėtinga	Programinė įranga
AXI	Didelė	L. didelė	Maksimalus	Lėtas	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos	Aukštas	Maksimalus	Kaip priedas prie MVI	Techninė ir programinė įranga
Rank. MDA	Minimali	0	Maksimalus	Greitas	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos	Žemas	Minimalus	Lengva	Testuotojai
MDA	Nedidelė	Vidutinė	Ribotas	Vidutinis	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos	Aukštas	Maksimalus	Sudėtinga	Techninė ir programinė įranga
Rank. ICT	Minimali	0	Maksimalus	Greitas	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos, nekokybiški ir sugedę komponentai, jungtys	Žemas	Minimalus	Lengva	Testuotojai
ICT	Vidutinė	Didelė	Ribotas	Lėtas	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos, nekokybiški ir sugedę komponentai, jungtys (ribotai)	Aukštas	Maksimalus	Sudėtinga	Techninė ir programinė įranga, PCB padidėjimas
JTAG	Minimali	Vidutinė	Neaktualus (maksimalus)	Lėtas	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos, nekokybiški ir sugedę komponentai	Aukštas	Maksimalus	Vidutiniškai sudėtinga jei gamintojas tai leidžia	Programinė įranga, papildomi komponentai gaminyje
ICT + JTAG	Minimali	Vidutinė	Ribotas	Lėtas	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos, nekokybiški ir sugedę komponentai, jungtys (ribotai)	Aukštas	Maksimalus	Sudėtinga	Techninė ir programinė įranga
Rank. JTAG	Minimali	0	Maksimalus	Lėtas	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos, nekokybiški ir sugedę komponentai	Vidutinis	Minimalus	Lengva jei gamintojas tai leidžia	Testuotojai
FATE	Didelė	Didelė	Didelis	Vidutinis	Pozicionavimo, litavimo, PCB gamybos, nekokybiški ir sugedę komponentai, jungtys (ribotai)	Aukštas	Įvairus	Vidutiniškai sudėtinga	Techninė ir programinė įranga
Visos sistemos FATE	Didelė	Didelė	Didelis	Lėtas	Visos PCB problemos, sistemos dalys, sistemos jungtys, kabeliai, montuotojų klaidos	Vidutinis pakankamas	Žemas	Įvairiai sudėt. (priklauso nuo funkcionalumo)	Techninė ir programinė įranga

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Nepriklausomai nuo ATE technologijos ar jų derinio, yra žinomi keli pagrindiniai reikalavimai patikros sistemoms: Kuo didesnis patikros patikimumas;

- Minimali testuotojo įtaka patikros patikimumui;
- Kuo mažesnė testavimo trukmė;
- Kuo didesnis vienu metu vieno testuotojo tikrinamų gaminių kiekis;
- Maksimalus patikros standų ilgaamžiškumas;
- Kuo didesnis aptiktinų gaminio defektų skaičius;
- Minimali įtaka gaminio matmenims ir savikainai;
- Kuo greitesnis ir pigesnis testavimo įrangos adaptavimas gaminio modifikacijoms ir naujiems panašiams gaminiams;

Patikros ir testavimo technologijų taikymas edukacijoje

Studentų baigiamuosiuose projektuose, kurių tikslas yra įrodyti studento diagnostikos vykdymo gebėjimus, dažniausiai yra projektuojami FATE stendai, nes jie yra įmanomi beveik visoms sistemoms ir yra nesudėtingi kai tikrinama sistema nesudėtinga (pvz. jutikliai ar pavaros). Kitos ATE gali būti panaudotos ribotai dėl JTAG sąsajos ar testavimo taškų nebuvimo bei ribotų žinių (jei gamintojas jų nepateikia) apie vidinio sistemos veikimo principus. Rankinės patikros technologijos gali ir yra naudojamos diagnostikoje, kai tikrinamų gaminių kiekis nedidelis. Tuo tarpu studijų darbai, kuriuose studentai turi įrodyti projektavimo gebėjimus, galėtų apžvelgti ar taikyti žymiai platesnę ATE technologijų gamą. Taip pat platesnės studentų žinios apie įvairias testavimo technologijas galėtų būti bendrųjų žinių apie diagnostikos procesus dalis.

Išvados

Atlikus palyginamąją patikros ir testavimo technologijų apžvalgą matome, kad yra žymiai daugiau elektroninių gaminių patikros ir testavimo technologijų nei naudojama studentų baigiamuosiuose projektuose. Nors ir ne visos jos vienodai pritaikomos visiems gaminiams tikrinti, o ypač ne gamykloje, tačiau žinios apie patikros ir testavimo technologijų įvairovę neabejotinai būtų naudingos tiek elektroninių sistemų projektuotojams tiek diagnostikos specialistams.

Literatūra

1. Albee, A. J. (2000). Boundary-Scan and In-Circuit Test Combined: Strategy and Benefits.
2. Albee, A. J. (2013). The Evolution of ICT: What's Driving Today's Innovations? *Surface Mount Technology*, 28(9), p30.
3. Balague, J. (2009). Overcoming Limited Access with Cover-Extend Technology at In-Circuit Test. *Case Study by Agilent Technologies*.
4. Balzer, R. J. (2001). Electrical in-circuit test methods for limited access boards. *EtroniX*. February 27, 2001, p1-9.
5. Bornemann, G., Matties B. (2015). Inspection – the last line of defence. *Engineering Solutions For PCB Manufacturing*. June 2015. Test and Inspection. p40-48.
6. Chen, Y. C.; Yu, J. H.; Xie, M. C.; Shiou, F. J. (2011). Automated optical inspection system for analogical resistance type touch panel. *International Journal of the Physical Sciences*. 6(22), p5141-5152.
7. Hemalatha, S. (2014). Automatic Test Generation For Digital Circuits. *International Journal Of Scientific & Technology Research* 3(2).
8. Holtzer, M. (2015). In-Circuit Pin Testing: An excellent Potential Source of Value Creation. *Engineering Solutions For PCB Manufacturing*. June 2015. Test and Inspection. p68-71.
9. Johnson, R.; Christie, S. (2009). JTAG 101—IEEE 1149.x and Software Debug. Intel Corporation.
10. Maunder, C.M.; Tulloss, R.E. (1990). The test access port and boundary scan architecture. *IEEE Computer Society Press Tutorial. Institute of Electrical and Electronics Engineers*. p1-394.
11. Moreira, J.; Werkmann, H. (2010). An Engineer's Guide to Automated Testing of High-Speed Interfaces. *Artech House*. p1-561.
12. National Instruments (2009). Designing Automated Test Systems. A Practical Guide to Software Defined Test Engineering.
13. Oshana, R. (2002). **Introduction to JTAG**. *Embedded Systems Design*.
14. Poole, I. (2015). Electronics Test and Measurement - summaries, information, & tutorials about electronics test and measurement equipment & techniques. *Radio-Electronics*.
15. Saad, E. M.; Talkhan, I. E.; Sayed, I. M. (1996). A proposed ATE for digital systems. *Radio Science*. Thirteenth National, 19(21), p209 – 220.
16. Texas Instruments (1997). IEEE Std 1149.1 (JTAG) Testability Primer. p1-130.
17. Thompson, R. (2015). Test Match – Partnering specialist Boundary-scan with ICT. *Engineering Solutions For PCB Manufacturing*. June 2015. Test and Inspection. p18-24.
18. Turk, A. (2015). In-line Solder Penetration Testing with 3D X-ray Inspection. *Engineering Solutions For PCB Manufacturing*. June 2015. Test and Inspection. p26-31.
19. Turk, A. (2015). In-line Solder Penetration Testing with 3D X-ray Inspection. *Engineering Solutions For PCB Manufacturing*. June 2015. Test and Inspection. p26-31.

ELECTRONIC SYSTEMS VERIFICATION STANDS IN EDUCATION

Summary

Despite of fact, that all electronic systems are being tested before release, students of electronic engineering and adjacent fields are not properly introduced to system testing technologies. This article reviews commonly applied technologies for testing electronic systems, test fixtures used by these technologies and requirements raised for them. Current and possible educational uses of knowledge about testing technologies is also discussed.

Key words: verification stands, electronic systems for verification, testing technology.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Niauronis.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Šiaulių valstybinė kolegija, Verslo ir technologijų fakulteto, Transporto inž. kat. lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: elektronika, elektronikos testavimo technologijos, valdymo technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 682 94990, s.niauronis@svako.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Saulius Niauronis.

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences.

Workplace and position: Siauliai state college, Business and technology faculty, lector of Transport engineering dept.

Author's research interests: electronics, control technologies, technology of electronic system testing.

Telephone and e-mail address: +370 682 94990, s.niauronis@svako.lt

SPORTINIO AUTOMOBILIO GALINIO SPARNO EFEKTYVUMO TYRIMAS

Dalius Kalisinskas
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Sportinių automobilių stabilumas važiuojant dideliu greičiu ir manevrų metu priklauso nuo galinio sparno prispaudimo jėgos. Naudojant prispaudimo sparnus automobilio masė praktiškai nepakinta ir stabdymo ar posūkių metu inercinių jėgų dydžiui jokios įtakos neturi. Tačiau prispaudimo sparnų generuojama jėga prispaudžia automobilį prie kelio ir užtikrina geresnį ratų kontaktą su keliu. Sportinio automobilio galinio prispaudžiamą sparno aerodinaminės charakteristikos ištirtos kompiuterine programa VISUAL FOIL. Pagal gautus prispaudimo ir pasipriešinimo koeficientus parenkama prispaudžiamą sparno padėtis, kuri užtikrintų optimalią prispaudimo ir mažiausią pasipriešinimo jėgą.

Reikšminiai žodžiai: aerodinamika, sparnas, sportiniai automobiliai.

Įvadas

Automobilių lenktynės prasidėjo XXa. pradžioje, kai pirmą kartą du automobiliai važiuojo šalia vienas kito (Katz, 2006). Tai davė pirmą žingsnį automobilių sportui. Automobiliai darėsi vis greitesni ir kai automobilių greitis peržengė 100 km/h greičio ribą, didelę įtaką automobilio greičiui darė aerodinamika.

Aerodinamika užima svarbią vietą nustatant sportinio automobilio greitį ir pagreitį. Nustatant automobilio pasipriešinimo koeficientą buvo naudojami aerodinaminiai vamzdžiai. Šiuolaikiniai metodai taikant kompiuterines programas leidžia skaitiniu būdu nustatyti automobilio pasipriešinimo koeficientą. Taip pat taikant programas galima nustatyti prispaudžiamą sparno aerodinamines charakteristikas.

Sportiniai automobiliai turi išlaikyti kuo didesnę sukibimą su kelio danga (Djavareshkian, 2011). Automobilio galinė dalis yra lengvesnė, todėl įveikiant posūkius galimas slydimas. Kad būtų užtikrintas geresnis automobilio sukibimas su kelio danga, gale yra montuojamas sparnas, kuris nuo oro srauto greičio spausdų automobilį žemyn.

Sportinio automobilio sparno efektyvumą lemia jo profilis, dažniausiai lašo formos. Sparno viršuje, dėl profilio formos oras nukeliauja trumpesnę atstumą, nei sparno apatinėje dalyje. Čia pasitvirtina mokslininko Danielio Bernullio paskelbta teorija – oras aptekdamas kliūtį teka greičiau ir praranda slėgį. Oras viršutinėje sparno dalyje teka normaliai, o apatinėje apteka kliūtį ir taip mažėja jo slegiamosios savybės. Sparno viršuje susidaro didesnis slėgis nei jo apačioje ir taip atsiranda spaudimo jėga žemyn (Roskam 1999).

Tyrimo problematika sportinio automobilio galinės dalies stabilumo nepakankamumas įveikiant posūkius.

Darbo tikslas – ištirti sportinio automobilio galinio sparno efektyvumo priklausomybes nuo atakos ir užsparnio atlenkimo kampo.

Tiksliui pasiekti keliama **uždaviniai** yra:

1. Apžvelgti aerodinaminius elementus;
2. Ištirti galinio sparno efektyvumą.

Aerodinaminių elementų ir jų charakteristikų apžvalga

Pagrindinis elementas, kuris užtikrina didžiausią stabilumą važiuojant itin dideliu greičiu ir manevrų metu yra galinis prispaudimo sparnas.

Prispaudimo sparnas duoda itin didelį efektą. Pridėjus prispaudimo sparną, automobilio masė praktiškai nepakinta ir stabdymo ar posūkio metu inercinių jėgų dydžiui jokios įtakos neturi, tačiau prispaudimo sparno generuojama jėga prispaudžia automobilį prie kelio ir užtikrina geresnį ratų kontaktą su keliu. Jau važiuojant apie 200 km/h ratų vertikaliosios reakcijos dydis padidėja daugiau nei dvigubai. Taigi sparnas generuodamas prispaudimo jėgą leidžia didesniu greičiu įveikti posūkius bei užtikrina stabilesnį automobilio elgesį stabdymo metu kuomet dėl masės centrą veikiančios inercijos jėgos persiskirsto priekinių ir galinių ratų vertikalios reakcijos.

Prispaudimo sparnas daugiau ar mažiau išsprendžia automobilio stabilumą posūkio metu ir taip pat stabdant, tačiau automobiliui važiuojant tiesiąja didelės prispaudimo jėgos nereikia. Važiuojant tiesiąja idealu būtų prispaudimo sparno atakos kampą kiek galima sumažinti, kadangi šis sparnas be vertikalios prispaudimo jėgos generuoja ir aerodinaminę pasipriešinimo automobilio judėjimui jėgą, kuri tuo didesnė kuo didesnis prispaudimo sparno atakos kampas.

Tiek prispaudimo tiek ir pasipriešinimo judėjimui jėgų dydis yra proporcingas automobilio judėjimo greičio kvadratui. Šiuo atveju susiduriama su problema kaip sumažinti pasipriešinimo judėjimui jėgą, kuri šiuo atveju praktiškai nenaudinga.

Kad galinis sparnas generuotų kuo didesnę prispaudžiamąją jėgą reikia tolygesnio srauto, tuo tikslu galinis sparnas iškeliamas virš galinio bagažinės dangčio. Šiuo atveju sparno efektyvumas padidėja, tačiau tokioje konstrukcijoje atsiranda dar vienas momentas kuris perskirsto ratų vertikalias reakcijas. Taip atsitinka dėl atstumo tarp galinio rato ašies ir galinio sparno montavimo taško vertikalios ašies atžvilgiu

Slėgis bus mažesnis tuose vietose, kuriuose srauto judėjimo greitis yra didesnis. Pagal Bernulio lygtį, kuri išreiškia oro srauto mechaninės energijos tvermės dėsnį: išilgai su srovės linija srauto pilnutinė energija išlieka pastovi (Vyčius 2008).

$$p + \frac{\rho V^2}{2} = p_0 = \text{const.} \quad (1)$$

Oro srautas priekinėje dalyje yra išskiriamas į dvi dalis. Taškas kuriame srautas išskiriamas vadinamas sąstingio tašku. Šią lygtį galime taikyti srovės linijai, kuri eina į sąstingio tašką. Sąstingio taške srauto greitis lygus nuliui, todėl statinis slėgis lygus visuminiam slėgiui (Vyčius 2008).

Aptekantis profilį srautas būna laminarinis ir turbulencinis. Dėl oro klampumo ir aptekamo kūno paviršiaus šiurkštumo oro srauto greitis aptekamo kūno paviršiaus lygus nuliui. Tolstant nuo kūno paviršiaus, srauto greitis didėja ir pasiekia nesuardyto srauto, arba judančio kūno greitį V_∞ . Aptekamą kūną supantis aplinkos sluoksnis, kuriame srauto greitis kinta nuo $V=0$ iki V_∞ , yra vadinamas pasienio sluoksniu (Lasauskas 2002).

Laminarinis, sluoksnis, kai srauto sluoksniai išsidėsto dėsningai ir tarpusavyje nesimaišo. Toks srauto judėjimas būdingas esant nedideliams greičiams.

Turbulencinis – kai srauto sluoksniai judėdami maišosi, esant pulsacinei greičio dedamajai.

Laminarinio ir turbulencinio srauto tekėjimą įvertina Reinoldso skaičius Re .

Oro srauto aptekamo kūno paviršių veikiančių jėgų atstojamoji, veikianti išilgai srauto judėjimo, tačiau priešingos krypties, vadinama pasipriešinimo jėga F_x . Pasipriešinimo jėga susideda iš trinties pasipriešinimas F_t , profilio pasipriešinimas F_p , induktyvinis pasipriešinimas F_i .

$$F_x = F_t + F_p + F_i \quad (2)$$

Trinties įtempimai proporcingi srauto greičiui, tenkančiam tarp srauto esančių sluoksnių atstumo vienetui.

$$\tau = \mu \left(\frac{dv}{dn} \right) \quad (3)$$

Nagrinėjamas plonas mažo kreivumo automobilio sparno profilis. Aptekant srautui ploną mažo kreivumo profilį, kurio atakos kampas yra nedidelis, srautas šalia profilio laikomas silpnai suardytu. Profilyje išskiriame elementaraus ploto elementą ds . Šį ploto elementą lygiagrečiai su profilio paviršiumi veikia trinties jėga P_t ir jėga statmena profilio paviršiui statmenai profilio paviršiui veikianti jėga atsiranda dėl slėgio skirtumo, kuris priklauso nuo greičio, kuriuo srautas apteka viršutinę ir apatinę profilio dalį.

Srautui atitrūkus staigiai sumažėja spaudžiamoji jėga ir staigiai padidėja pasipriešinimo jėga.

Aptekantis srautas sparno profilį slėgis yra nevienodas, viršutinėje profilio dalyje (kurios kontūro ilgis yra didesnis už apatinės dalies kontūro ilgį) slėgis p_v bus mažesnis už p_∞ , o apatinėje dalyje slėgis p_a bus didesnis už p_∞ (Lasauskas 2008).

$$C_x = \frac{Y}{\frac{\rho V^2}{2} s} \quad (4)$$

$$C_x = \frac{C_y^2}{\pi \lambda} \quad (5)$$

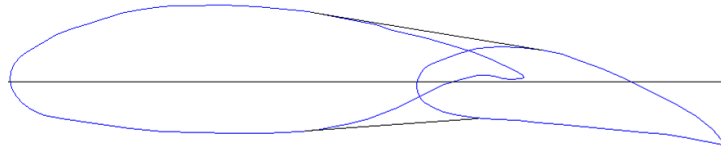
$$\lambda = \frac{l^2}{S} \quad (6)$$

čia Y – vertikaloji dedamoji, S – plotas; V – greitis; ρ – tankis; l – ilgis.

Galinio sparno efektyvumo tyrimas

Tiriamo profilio geometrija, pagal kurią kompiuterinės programos duomenų bazėje ieškojome panašių profilių ir pagal juos atlikome aerodinaminių charakteristikų analizę.

Įvairių formų sparnų prispaudimo ir kėlimo koeficientai buvo gauti skaičiuojant su Visual Foil kompiuterine programa.



1 pav. Tiriamas sparno profilis

Prispaudžiamojo sparno užsparnio ir atakos kampų reguliavimo galimybės. Norint sureguliuoti geriausiu variantu sportinio automobilio sparną, buvo atliktas skaitinis modeliavimas keičiant sparno atakos kampą ir užsparnio atlenkimo kampą.

1 lentelė

Sparno padėtys			
	$\alpha 1=0^0$	$\alpha 1=2^0$	$\alpha 1=4^0$
$\alpha 2=0^0$			
$\alpha 2=10^0$			
$\alpha 2=20^0$			
$\alpha 2=25^0$			
$\alpha 2=30^0$			

$\alpha 1$ - sparno atakos kampas; $\alpha 2$ - užsparnio atlenkimo kampas

Optimalios svarbių aerodinaminių charakteristikų reikšmės gautos kai: $\alpha 1=0^0$ ir $\alpha 2=30^0$. Esant tokiam nustatymui gaunamas ilgiausias laminarinio tekėjimo sluoksnis, kuris siekia 64% profilio ilgio. Toliau didinant užsparnio atlenkimo kampą $\alpha 2$ trumpėja laminarinio sluoksnio ilgis ir padidėja turbulentinio sluoksnio ilgis dėl ko koeficientas C_L pradeda mažėti, o C_D didėti

Didinant atakos kampą iki 4^0 , laminarinio sluoksnio ilgis ant sparno profilio trumpėja ko pasiekoje koeficientas C_L sumažėja (kai $\alpha 1=0^0$, tai $C_L=3,325$, o kai $\alpha 1=4^0$, tai $C_L=2,2$). Pasipriešinimo koeficientas C_D

šiuo atveju padidėja (kai $\alpha_1=0^0$, tai $C_D=0,043$, o kai $\alpha_1=4^0$, tai $C_D=0,057$). Tai visiškai nenaudinga automobilio judėjimui, todėl atakos kampas daugiau nedidindamas.

Pagal gautus duomenis apskaičiuojama sparno prispaudimo ir pasipriešinimo jėgos. Skaičiavimai atlikti kai sparno atakos kampas lygus 0^0 ir užsparnio atlenkimo kampas 30^0 .

$$X = C_x \cdot q \cdot S \quad (7)$$

čia X - prispaudimo jėga, N, C_x - prispaudimo koeficientas, S - oro srauto veikiamas plotas, m^2 ;

$$q = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (8)$$

čia q – greičio dinaminis slėgis, Pa, ρ – oro tankis, kg/m^3 , V – oro srauto greitis, m/s;

Pradiniai skaičiavimo duomenys imami, kai prispaudimo koeficientas 3,235, oro srauto veikiamas plotas $0,276 m^2$, oro tankis $1,225 kg/m^3$. Automobilio važiavimo greičius imsime skirtingus nuo 27,7 iki 38,9 m/s. Atitinkamai prie skirtingų greičių gauta prispaudimo jėga nuo 420 iki 827 N. Automobilis su kelio danga sukibs geriau, kadangi bus papildomai panaudota prispaudimo jėga, kuri gaunama naudojant prispaudimo sparną.

Prispaudimo sparnas turi neigiamą efektą, t.y pasipriešinimo jėgą automobiliui judant.

$$Y = C_y \cdot q \cdot S \quad (9)$$

čia Y – pasipriešinimo jėga, N, C_y - pasipriešinimo koeficientas, S - oro srauto veikiamas plotas, m^2 .

$$q = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (10)$$

čia q – greičio dinaminis slėgis, Pa, ρ – oro tankis, kg/m^3 , V – oro srauto greitis, m/s;

Pradiniai skaičiavimo duomenys imami, kai pasipriešinimo koeficientas 0,043, oro srauto veikiamas plotas $0,276 m^2$, oro tankis $1,225 kg/m^3$. Automobilio važiavimo greičius imsime skirtingus nuo 27,7 iki 38,9 m/s. Atitinkamai prie skirtingų greičių gauta pasipriešinimo jėga nuo 25 iki 49 N.

Išvados

1. Sportinio automobilio galinės dalies stabilumo padidinimui naudojamas galinis prispaudžiamasis sparnas.
2. Geriausias galinio sparno efektyvumas gaunamas, kai sparno atakos kampas 0^0 ir užsparnio atlenkimo kampas 30^0 .
3. Sparno generuojama prispaudimo jėga 16 kartų didesnė, nei pasipriešinimo jėga.

Literatūra

1. Djavareshkian, M.H Esmali, A. "Optimization of Smart Spoiler for Race Car". International Conference on Fluid Dynamics and Thermodynamics, Dubai, January 25-27,2011
2. Goto, K. and Sakurai, H. "Numerical Study for the Optimal Flap Chord Length of a Two-Element Airfoil," SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems, pp. 1-3643, 2006.
3. Katz, J. "Aerodynamics of Race Cars" Department of Aerospace Engineering, San Diego State University, San Diego, California 92182; Annu. Rev. Fluid 2006. 38:27–63
4. Lasauskas E. Sparno profilių aerodinamika. Laboratorinių darbų metodikos nurodymai. Vilnius: Technika, 2002. 72 p.
5. Roskam J. Airplane design. Part I: Preliminary sizing of airplanes. Cansas: DAR Corporation, 1990.
6. Vyčius J. Hidraulika. Mokomoji knyga. Kaunas: Ardiva 2008, 85p .
7. Lasauskas E. Skrydžio principai. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika 2008, 182p.

SPORTS CAR REAR WING EFFICIENCY RESEARCH

Summary

Car racing began at the beginning of the 20th century when the first two cars drove side by side. This was the first step of motorsport. Cars became faster and faster and when a car exceeded 100 km/h speed limit, a significant impact on the car speed was made by aerodynamics.

Clamping wing brings enormous effect. With the clamping wing vehicle weight remains unchanged and it has almost no effect to inertia forces during stopping and cornering. The force generated by clamping wing presses the vehicle to the road surface and ensures better traction. When a vehicle goes at 200 km/h the wheel vertical reaction value increases more than twice. Therefore, clamping wing that generates pressure force allows achieving higher speed while cornering and ensures vehicle stability while braking when front and rear wheel vertical reaction redistributes because of inertia force that affects weight center.

Clamping wing solves the vehicle stability while cornering more or less as well as while braking but when a vehicle moves straight high pressing force is not required. Driving straight it would be ideal to reduce the clamping wing angle attack as much as possible. Clamping wing generates vertical pressure force and at the same time it generates aerodynamic drag force. The higher the drag force the higher the clamping wing attack angle.

Aerodynamic characteristics of a sports car rear clamping wing were analyzed with VISUAL FOIL software. According to the obtained pressure and resistance coefficient, the clamping wing position is chosen which ensures optimum pressure and minimum drag force.

Key words: Aerodynamics, wing sports cars.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dalius, Kalisinskas

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno technikos kolegijos Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inžinerinių tyrimų metodologija

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68177017, dalius.kalisinskas@ktk.edu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Dalius Kalisinskas.

Science degree and name: master

Workplace and position: Kaunas Technical College, Lecturer of Electronics and Electrical Engineering Field Study Programme Department.

Author's research interests: methodology of engineering sciences

Telephone and e-mail address: +370 68177017, dalius.kalisinskas@ktk.edu.lt

ISSN 2029-9303

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2016 Nr. 1

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**

Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Meninė redaktorė **Lolita Dalbokaitė**

Techninis redaktorius **Valdas Paulauskas**

Tiražas 100 egz. 123 psl. Parengimo spaudai data 2016 – 06 - 23

Išleido Kauno technikos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.ktk.lt

El.p. ktk@ktk.lt

Spausdino UAB “Dakra”, Jonavos g. 260, LT-44131 Kaunas

www.dakra.lt

El.p. info@dakra.lt