

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, 2017

Vyriausioji redaktorė Doc. Dr. Marija Jotautienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vykdančioji redaktorė Doc. Dr. Giedrė Adomavičienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Mokslinė sekretorė Doc. Dr. Esmeralda Štyps <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Redaktorių kolegija/Editorial Board:	
Prof. Habil. Dr. Algirdas Vaclovas Valiulis <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas/Vilnius Gediminas Technical University (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Elmar Heinemann <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University Of Applied Sciences Schmalkalden (DE)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Habil. Dr. Gál József <i>Šegedo universitetas/ University of Szeged, Hungary (HUN)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Mgr. Dominika Trębacz <i>Automobilių pramonės institutas, mokslinio žurnalo „The Archives of Automotive Engineering“ vykdančioji redaktorė/Automobile Industry Institute, Executive editor of scientific journal „The Archives of Automotive Engineering (POL)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Gediminas Pupinis <i>Aleksandro Stulginskio universitetas/ Aleksandras Stulginskis University (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Marius Saunoris <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Šarūnas Kilius <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Vytenis Naginevičius <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Kąstytis Laurinaitis <i>Stulginskio universitetas/ Aleksandras Stulginskis University (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Rolandas Samajauskas <i>IĮ „Pastatų sertifikavimo biuras“/ IE „Building Certification Office“ (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Dr. Rosita Norvaišienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Aldona Gaižauskienė <i>Vilniaus kolegija/Vilnius University Of Applied Sciences (LT)</i>	biomedicinos mokslai
Prof. Dr. Genutė Gedvilienė <i>Vytauto Didžiojo universitetas/ Vytautas Magnus University (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. Habil. Dr. Vilija Targamadzė <i>Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Vita Krivickienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Daiva Lepaitė <i>Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Lina Girdauskienė <i>Kauno technologijos universitetas/Kaunas University Of Technology (LT)</i>	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://journals.indexcopernicus.com/inznerina+ir+educacinos+technologijos.p12156,3.html>

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.

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiamiems skaitytojams pristatome mokslinio žurnalo „Inžinerinės ir edukacinės technologijos“ devintąjį numerį, kuriame iš viso publikuojama trisdešimt du moksliniai straipsniai. Siekiant mokslinės veiklos populiarinimo bei platesnio studentų įtraukimo į mokslo taikomąją veiklą, žurnale įvesta nauja rubrika – pranešimų tezės. Tai puiki galimybė tyrėjams, mokslininkams, studentams, darbo rinkos atstovams trumpai pristatyti mokslo taikomosios veiklos rezultatus, kurie buvo analizuoti konferencijų, seminarų ar kitų renginių metu.

Straipsnius atliktų tyrimu pagrindu parengė įvairių Lietuvos kolegijų bei universitetų mokslininkai, tyrėjai ar jų grupės. Džiugu, kad tyrėjų grupėse dalyvauja ir socialiniai partneriai, nes tik kuriant bendradarbiavimo tinklus galima kur kas efektyviau spręsti inžinerines bei edukacines problemas, išvelgti naujas problemų sprendimo būdų galimybes.

Pirmoji šio leidinio dalis sudomins statybos inžinerijos krypties tyrėjus ir praktikus, kadangi joje publikuojami kelių bei statybos mokslinių taikomųjų tyrimų rezultatai. Antroji dalis skirta inovatyvias transporto bei kitas inžinerines technologijas analizuojantiems autorių darbams. Trečioji žurnalo dalis skirta edukacinių problemų analizei.

Taigi šis mokslinis žurnalas yra puiki galimybė dėstytojams, studentams, tyrėjams viešinti savo atliktų mokslinių taikomųjų tyrimų rezultatus, rasti bendradarbiavimo taškų su kitomis tyrėjų grupėmis.

Visais skaitytojams ir būsimiems autoriams rūpimais klausimais siūlome kreiptis į redkolegiją.

Su pagarba,

Vyriausioji redaktorė



socialinių mokslų dr. Marija Jotautienė

TURINYS

MOKSLINIAI STRAIPSNIAI	8
LIETUVOS KARINIŲ JŪRŲ PAJĖGŲ MINŲ PAIEŠKOS LAIVO „KURŠIS“ LOGISTINIO APRŪPINIMO MISIJOS METU NATO JUNGINYJE TECHNOLOGINIS TYRIMAS.....	9
Vilma Locaitienė Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
KROVOS IŠ LAIVO ANT GRĖŽIMO PLATFORMOS „BYFORD DOLPHIN“ ŠIAURĖS JŪROJE TECHNOLOGINIS VERTINIMAS	15
Saulius Lileikis, Karina Vinogradova Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
ELEKTRONINIŲ KROVINIŲ IR TRANSPORTO BIRŽŲ LIETUVOS LOGISTIKOS SEKTORIJE PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS	22
Jūratė Liebuviene ¹ , Alvida Šileikienė ¹ , Kristina Čižiūnienė ² ¹ Klaipėdos valstybinė kolegija, ² Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
TRANSPORTO PRIEMONIŲ SRAUTO TYRIMAS M.K.ČIURLIONIO TILTU RYTINĖS AUTOMOBILIŲ SPŪSTIES METU.....	28
Arturas Gavėnas Kauno technikos kolegija	
INTELEKTINIŲ TRANSPORTO SISTEMŲ ĮTAKA KELIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ SRAUTŲ REGULIAVIMUI.....	33
Andrius Pečiukėnas, Robertas Pečeliūnas, Saulius Nagurnas Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
PRIVAŽIAVIMO PRIE BRAZIŪKŲ KAIMO NUO KRAŠTO KELIO NR. 140 KAUNAS - ŠAKIAI SĄLYGŲ GERINIMO GALIMYBIŲ STUDIJA	39
Regina Motienė, Alfredas Gudelis, Aidas Dibisteris, Matas Steniukynas Kauno technikos kolegija	
ANTIFILTRACINĖS ĮLAIDINIŲ POLIŲ SIENOS (SPRAUSTASIEINĖS) ĮRENGIMO POVEIKIS GEOFILTRACIJOS PROCESUI ŽEMIŲ UŽTVANKOS MASYVE	50
Raimondas Šadzevičius ¹ , Vitas Damulevičius ¹ , Rytis Skominas ¹ , Ona Blankienė ² Aleksandro Stulginskio universitetas ¹ , Kauno technikos kolegija ²	
PERTEKLINIO TEPALO KIEKIO ĮTAKA SUKIETĖJUSIO BETONO PAVIRŠINĖMS ORO POROMS	62
Mindaugas Daukšys ¹ , Linas Levulis ² ¹ Kauno technologijos universitetas, ² UAB „Mitinija“	
KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS PASTATŲ PAMATŲ TECHNINĖS BŪKLĖS TYRIMAI	72
Raimondas Šadzevičius, Edmundas Šimoliūnas, Ona Blankienė Kauno technikos kolegija	
PASTATO PLOTO ĮTAKA DIDŽIAANGIŲ METALINIŲ SANTVARŲ EKONOMIŠKUMUI.....	81
Jūratė Mockienė ¹ , Odeta Viliūnienė ² , Zita Zajankauskaitė ² ¹ Kauno technikos kolegija, ² Kauno technologijos universitetas	
GAMTINIŲ DUJŲ IR BENZINO NAUDOJIMO KIBIRKŠTINIO UŽDEGIMO VARIKLYJE EFEKTYVUMO TYRIMAS.....	88
Jevgenij Kibickij, Vilius Bartulis, Alfredas Rimkus, Mindaugas Melaika Vilniaus Gedimino technikos universitetas	

ANTROS KARTOS BIODYZELINO IR DYSELINO MIŠINIŲ NAUDOJIMO SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIUOSE EFEKTYVUMO TYRIMAS.....	95
Alfredas Rimkus, Aleksandr Robert Ščerbuk, Mindaugas Melaika Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
SKIRTINGŲ ATSINAUJINANČIO BIODYZELINO RŪŠIŲ PALYGINIMAS	101
Saulius Stravinskas ¹ , Alfredas Rimkus ^{1,2} ¹ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ² Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
COMMON RAIL DEGALŲ ĮPURŠKIMO SISTEMOS ELEKTROMAGNETINIO PUKŠTUKO SKAITINIS MODELIAVIMAS	105
Tomas Mickevičius, Marius Mažeika, Esmeralda Štys Kauno technikos kolegija	
MERCEDES BENZ W211 VARIKLIO OM 646.820 DIAGNOSTIKA SKIRTINGOMIS ĮRANGOMIS	111
Martynas Skulskis, Darius Juodvalkis, Marius Mažeika Kauno technikos kolegija	
VARIKLIO, MAITINAMO BENZINU SU PRIEDAIS, DARBO RODIKLIŲ TYRIMAS	116
Kastytis Laurinaitis Kauno technikos kolegija	
GAISRŲ GESINIMO IR GELBĖJIMO AUTOMOBILIŲ KĖBULO ELEMENTŲ PATIKIMUMO TYRIMAS	120
Karolis Paškevičius, Saulius Nagurnas, Robertas Pečeliūnas, Vaidas Vadluga Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
MECHANINIŲ DINAMINIŲ SISTEMŲ DIAGNOSTIKA	127
Audrius Čereška Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
LIMBŲ PLOVIMO ĮRENGINIO DINAMINIAI TYRIMAI	133
Antanas Fursenko, Donatas Gurauskis, Kristina Kilikevičienė, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
RASTRŲ FORMAVIMO ĮRENGINIO DINAMINIAI TYRIMAI.....	141
Antanas Fursenko, Kristina Kilikevičienė, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
KALIBRAVIMO SISTEMOS DINAMINIAI TYRIMAI	149
Antanas Fursenko, Kristina Kilikevičienė, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Jurijus Zaranka Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
DARBŲ SAUGOS ŠALMŲ VERTIKALIŲ SMŪGINIŲ VIRPESIŲ TYRIMAS	155
Antanas Fursenko, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Juozas Jakubka Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
DALELIŲ AGLOMERACIJOS AKUSTINIAME LAUKE TYRIMŲ APŽVALGA IR PERSPEKTYVOS.....	161
Audrius Čereška, Irina Grinbergienė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	

UŽTERŠTUMO KIETOSIOMIS DALELĖMIS PROBLEMOS ANALIZĖ	170
Audrius Čereška, Irina Grinbergienė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
INVESTIGATION OF ATTENUATION CONSTANT OF ELECTROMAGNETIC WAVES PROPAGATING IN THE GYROELECTRIC n-InAs AND n-InSb WAVEGUIDES	176
Darius Plonis, Andrius Katkevičius Vilnius Gediminas Technical University	
"KAUNO VANDENŲ" NUOTEKŲ VALYKLOS ESAMO VIDAUS ELEKTROS TINKLO ĮVERTINIMAS IR DARBO EFEKTYVUMO DIDINIMAS	181
Arūnas Soraka, Anatolijus Drabatiukas Kauno Technikos kolegija	
IKIMOKYKLINIO UGDYMO ĮSTAIGŲ PLĖTROS GALIMYBĖS KAUNO RAJONE.....	187
Kristina Busilaitė, Mindaugas Daukšys Kauno technologijos universitetas	
TECHNOLOGIJŲ KRYPTIES STUDIJŲ PROGRAMOS KOMPETENCIJŲ IR STUDIJŲ REZULTATŲ ATITIKIMO ŠIUOLAIKINIŲ ĮMONIŲ POREIKIUS TYRIMAS.....	195
Jolanta Mačėnienė, Valdona Judickaitė- Žukovskė, Algis Žemgulis Vilniaus kolegija	
PIRMO KURSO STUDENTŲ MOTYVACIJA, RENKANTIS STUDIJAS IR JŲ BENDRŲJŲ KOMPETENCIJŲ TOBULINIMAS KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOJE	202
Dalia Karčiauskienė, Lilija Mieliauskienė Kauno technikos kolegija	
PROFESINĖS KALBOS VARTOJIMO YPATUMAI IR PROBLEMOS INŽINERINIŲ SPECIALYBIŲ STUDENTŲ AKADEMINIUOSE DARBUOSE	209
Sonata Paulauskienė Kauno technikos kolegija	
ON PROFESSION-ORIENTED VOCABULARY LEARNING TECHNIQUES AT KAUNAS TECHNICAL COLLEGE	213
Daiva Zavistanavičienė ^{1, 2} , Viorika Šestakova ^{1, 2} ¹ Kaunas Technical College, ² Kaunas University of Technology	
UŽSIENIO KALBOS KOMPETENCIJA KAIP AUKŠTOSIOS MOKYKLOS DĖSTYTOJO EDUKACINĖS KOMPETENCIJOS DALIS (ATVEJO STUDIJA).....	219
Zita Zajankauskaitė ¹ , Virginija Tuomaitė ¹ , Jūratė Mockienė ² ¹ Kauno technologijos universitetas, ² Kauno technikos kolegija	
PRANEŠIMŲ TEZĖS	229
PAŽANGIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS LAIVŲ VIDAUS DEGIMO VARIKLIUOSE	230
Eugenijus Žagaras Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
MECHATRONIKOS DALYKO PRAKTINIŲ IR LABORATORINIŲ DARBŲ GALIMYBIŲ APŽVALGA KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOJE	233
Valdas Paulauskas Kauno technikos kolegija	

MOKSLINIAI STRAIPSNIAI

LIETUVOS KARINIŲ JŪRŲ PAJĖGŲ MINŲ PAIEŠKOS LAIVO „KURŠIS“ LOGISTINIO APRŪPINIMO MISIJOS METU NATO JUNGINYJE TECHNOLOGINIS TYRIMAS

Vilma Locaitienė

Lietuvos aukštoji jūrėivystės mokykla

Anotacija. Straipsnyje analizuojama karinio laivo logistinio aprūpinimo, bunkeravimo, technologija laivui dalyvaujant misijoje NATO junginyje. Siekiant veiksmingos sąveikos tarp junginio laivų ir junginio eigos efektyvumo, būtina vykdyti karo laivų veiklos procedūras, atitinkančias bendruosius transatlantinės kolektyvinės gynybos sistemos principus. Vertinant bunkeravimo technologines operacijas buvo atsižvelgta į laivo dydį, variklių skaičių, kuro ir gėlo vandens tankų skaičių bei talpą. Tyrimu nustatyta, kad Lietuvos Respublikos Karinių jūrų pajėgų minų paieškos laivo kuro priėmimo įranga ir taikoma bunkeravimo technologija riboja galimybę vykdyti NATO standartų reglamentuojamas bunkeravimo operacijas laivams plaukiant lygiagrečiai ir mažina viso NATO junginio veiklos efektyvumą.

Reikšminiai žodžiai: karinės jūrų pajėgos, NATO standartai, bunkeravimo technologija, bunkeravimas jūroje eigoje.

Įvadas

Svarbi Lietuvos Respublikos Karinių jūrų pajėgų (KJP) veiklos sritis yra jūrinių minų paieška ir nukenksminimas. Lietuvos kariniai laivai dalyvauja NATO nuolatinės parengties priešmininių laivų 1 grupės (angl. SNMCMG1) ir NATO greitojo reagavimo pajėgų veikloje. KJP sudarydamos metinius laivų išplaukimo planus skiria laivus į Baltijos šalių karo laivų junginį (angl. BALTRON). Karo laivų logistinio aprūpinimo sistemoje išskirtina laivų aprūpinimo kuru, t.y. bunkeravimo, svarba, nes šios operacijos metu užtikrinamas laivo gyvybingumas bei savalaikis paskirtų misijos užduočių įvykdymas. Tai pagrindžia mokslinę problemą – ar KJP kovinių vienetų bunkeravimo operacijų parengtis bei technologija atitinka NATO standartus, ir kaip užtikrinti efektyvų ir standartizuotą laivų logistinį aprūpinimą misijų metu.

Tyrimo objektas – minų paieškos laivo (M-54) „Kuršis“ bunkeravimo technologija.

Tyrimo tikslas – įvertinti minų paieškos laivo (M-54) „Kuršis“ aprūpinimo kuru technologinio proceso specifiškumą laivui vykdant tarptautinę misiją junginyje.

Tyrimo uždaviniai:

1. Analizuoti minų paieškos laivo (M-54) „Kuršis“ bunkeravimo jūroje technologinį procesą realiomis sąlygomis, atsižvelgiant į karo laivų logistinio aprūpinimo specifiškumą vykdant tarptautinę misiją NATO junginyje.

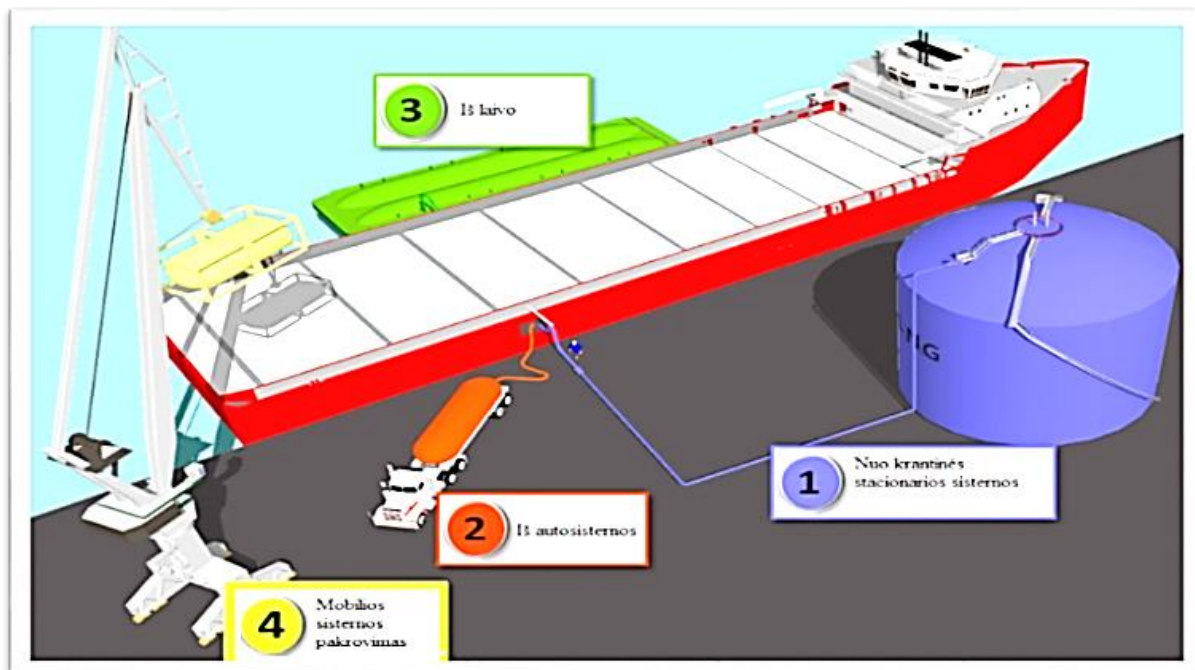
2. Įvertinti minų paieškos laivo (M-54) „Kuršis“ bunkeravimo technologinio proceso tobulinimo galimybes.

Technologinis tyrimas buvo atliekamas dviem etapais. Pirmuoju etapu taikant mokslinės literatūros ir dokumentų turinio analizės metodus buvo išskirti karo laivų logistinio aprūpinimo specifiškumo vertinimo kriterijai. Antrame tyrime etape buvo atliekamas bunkeravimo technologinių operacijų tyrimas, taikant dalyvaujamojo stebėjimo chronometražo metodą, atlikta faktinė laivo kuro sąnaudų priklausomybės nuo greičio analizė, apibrėžti karinio vieneto darbo režimai. Gauti rezultatai buvo susisteminti ir apibendrinti bei suformuoti pasiūlymai minų paieškos laivo (M-54) „Kuršis“ bunkeravimo technologijai tobulinti.

1. Karo laivo aprūpinimas kuro atsargomis

Lietuvos Respublikos Krašto apsaugos sistemos organizavimo ir karo tarnybos įstatyme (Žin., 1998) apibrėžta KJP paskirtis – tai teritorinės jūros stebėjimas, kontrolė ir gynyba, išskirtinės ekonominės zonos ir kontinentinio šelfo stebėjimas bei kontrolė. KJP laivai turi vykdyti nustatytas funkcijas kaip atskiri vienetai ir junginyje (Karinių jūrų pajėgų standartinės veiklos procedūros, 2015; Karo laivo standartinės veiklos procedūros, 2015; Karo laivo taktinės veiklos standartinės procedūros, 2014; Karo laivų flotilės standartinės veiklos procedūros, 2011; Karo tarnybos statutas, Žin., 2008; Čiočys, Janukevičius, 2008). Karo laivų junginys išsiskiria struktūra, nes jis sudaromas iš kelių klasių laivų operatyvinei, taktinei arba specialiajai užduočiai vykdyti, ir yra formuojamas laikinai. Karo laivų standartinės ir taktinės veiklos procedūrų vykdymas užtikrina veiksmingą laivų sąveiką NATO junginyje. Remiantis Krašto apsaugos sistemos 2016-2018 m. strateginiu veiklos planu, KJP parengti kolektyviniams gynybos veiksams atlikti galima įvertinti kolektyvinės veiklos suderinamumo su NATO standartais lygiu. Nustatyta, kad KJP koviniai vienetai aprūpinti suderinta su NATO ginkluote, įgulų veiksmai ir atliekamos procedūros yra identiškos. KJP jūrines logistines procedūras reglamentuojantys dokumentai yra parengti atsižvelgiant į NATO standartus ir užtikrina veiksmingą sąveiką su NATO bei Europos Sąjungos institucijomis bei jų ginkluotosiomis pajėgomis. Tai lemia karo laivų tarptautinėje misijoje NATO junginyje logistinio proceso specifiškumą. Kita vertus, laivų atsargų tiekimo procedūros yra susiformavusios pagal tarptautinės laivybos praktiką.

Remiantis NATO reglamentais logistinis aprūpinimas karo laivuose gali būti vykdomas krante ir jūroje. Karo laivo taktinės veiklos procedūrose numatyta keturios galimybės laivams pasipildyti atsargomis krante (1 pav.): (1) iš kito laivo; (2) iš stacionarios cisternos įrengtos terminale; (3) nuo krantinės iš autocisternos; (4) kranu užkeliant mobilią cisterną ant laivo.



1 pav. Atsargų aprūpinimas prie krantinės
Šaltinis: sudaryta autorės

Atsižvelgiant į KJP karo laivų flotilės dislokacijos vietą Klaipėdos jūrų uoste, krantinės suprastruktūrą bei karo laivų taktines technines galimybes, KJP laivai uoste gali būti aprūpinami kuru iš kito laivo arba nuo krantinės iš autocisternos. Kuro priėmimas jūroje eigoje, t.y. specialiai nesustojant uoste bunkeriuotis, gali būti vykdomas dviem būdais (Karo laivo standartinės veiklos procedūros, 2016):

Laivai juda šalia lygiagrečiai. (angl. Alongside oil replenishment, sutrump. CONREP);

Laivai juda vienas paskui kitą (angl. Astern oil replenishment, sutrump. AFAS).

CONREP būdo (2 lentelė) technologija pranašesnė nei AFAS (ACO Forces Standarts, 2011; ATP 16(D), 2001, NWP 4-01.4, 2001; Ford, 2012).

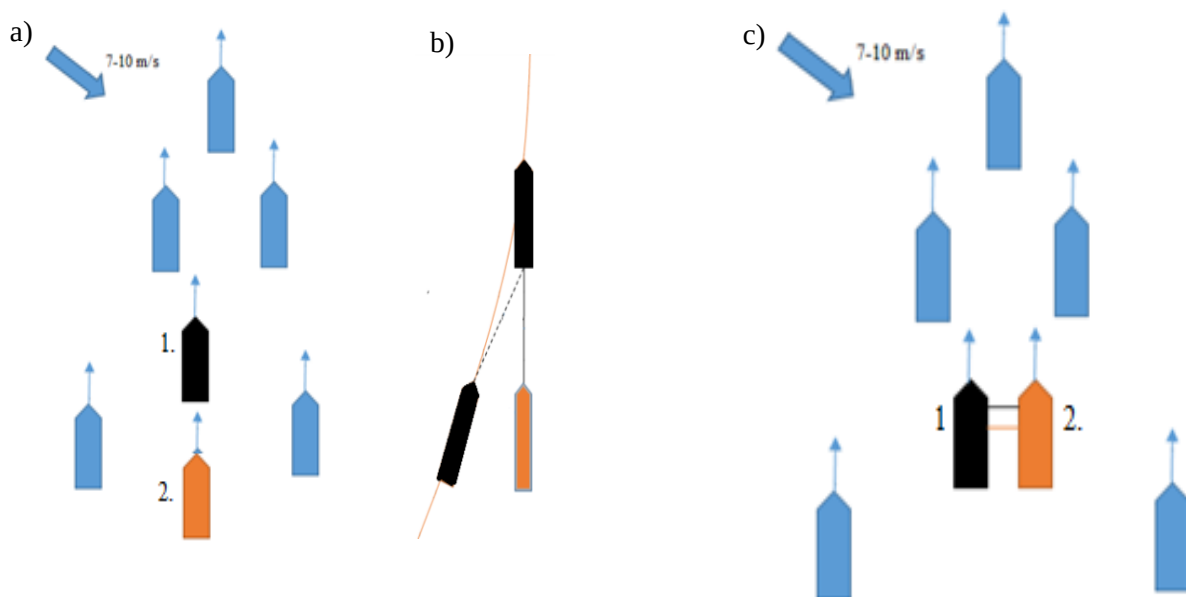
1 lentelė

Atsargų perdavimo būdų AFAS ir CONREP lyginamoji analizė

Rodiklis	AFAS	CONREP
Laivo greitis, mzg.	2-4	12-16
Navigacinės sąlygos	Išstoti iš junginio	Atliekama junginyje
Atsargų tipas	Kuras, gėlas vanduo	Skystieji kroviniai, pakuoti vienetiniai kroviniai
Vienu metu perdavimo linijų skaičius	Viena	Keletas
Saugumo lygis	Aukštas	Vidutinis

Šaltinis: sudaryta autorės

Kuro priėmimo jūroje eigoje technologija pateikiama 2 pav. Pirma, atliekant bunkerioavimo operaciją laivams judant lygiagrečiai bortais, aprūpinimo laivas vienu metu gali aptarnauti du laivus ir perduoti įvairias atsargas kiekvienam iš jų. Antra, perduodant atsargas CONREP būdu laivai gali nesustodami judėti reisiniu greičiu iki 16 mzg., o maksimalus laivų greitis bunkeriuojantis AFAS būdu yra tik 7-8 mzg. Pastaruoju atveju dažniausiai laivas išlaiko minimalų greitį, kuriam esant neprarandamas laivo valdomumas (Valiukėnas, 2007). Trečia, laivams judant lygiagrečiai bortais kitam laivui perduodamas ir kuras, ir kitos atsargos, ko negalima atlikti bunkeriuojantis AFAS. CONREP kaip bazinis bunkerioavimo būdas taikomas JAV ir NATO kariniame laivynė nuo XX a. vidurio, o KJP bunkeriuojami jūroje taikant AFAS būdą.



2 pav. Kuro priėmimas jūroje eigoje: a) laivai junginyje, kuras perduodamas AFAS būdu, b) laivai privalo išstoti iš junginio kuro perdavimo operacijai, c) kuro perdavimas CONREP būdu

Žymėjimas: 1- aprūpinimo laivas, 2- kurą priimančio laivas

Šaltinis: *Karo laivo taktinės veiklos procedūros, (2014). Klaipėda*

AFAS būdas yra žinomas kaip vienas pirmųjų atsargų perdavimo būdų, kuris dabar taikomas retai. Laivams bunkeriuojantis šiuo būdu, kurą gaunantis laivas plaukia paskui aprūpinimo laivą (2a pav.). Aprūpinimo laivas per nuleistą ant vandens paviršiaus tiekimo žarną perduoda kurą į priimančią laivą. Šią operaciją apriboja tik perdavimo žarnos ilgis. Analizuojamas būdas yra saugus, nes laivams judant vienas paskui kitą minimaliu greičiu mažėja laivų susidūrimų tikimybė (Valiukėnas, 2007). AFAS būdas plačiai taikomas buvusioje Sovietų Sąjungos laivyne. Kuro perdavimo jūroje būdas yra parenkamas atsižvelgiant į kurą išduodančiojo kuro laivo taktines technines galimybes, t. y. ar išduodantysis kuro laivas turi tam pritaikytą kuro žarnos perdavimo gervę. Jei laivas neturi minėtosios gervės yra renkamas AFAS būdas, kai laivai juda vienas paskui kitą. (ATP16(D), 2011, NWP 4-01.4, 2001).

2. PML „Kuršis“ bunkeravimo technologinio proceso analizė

Kuro atsargų poreikį lemia laivo kuro sąnaudų priklausomybė nuo laivo greičio. Bunkeravimo proceso tyrimas atliktas laivui plaukiant šioms sąlygoms: laivo kursas grunto atžvilgiu 230°, laivą veikė vėjas 140° krypties 5 m/s stiprumu; bangos kryptis 110°, aukštis – iki 0,5 m. Karo laivo „Kuršis“ navigacinės kovinės dalies vadas instruktavo vairininką apie vykdomo tyrimo eigą, įvertino ar saugu jį pradėti, ar nebus trikdoma civilinių laivų laivyba. Pradėjus kuro sąnaudų tyrimą energetinio gyvybingumo poste (EGP) mechanizmų valdymo konsolėje buvo stebimi variklio sūkių pakitimai (aps./min, angl. RPM), velenų apsisukimai (aps./min) ir momentinės kuro sąnaudos (l/val.). Laivo vidinio ryšio priemonėmis iš tiltelio į EGP buvo raportuojama apie faktinius laivo greičio pakitimus po kiekvieno variklio sūkių padidinimo. Variklio sūkliai buvo didinami intervalais 50 aps./min. Remiantis tyrimo rezultatais buvo nustatyti 4 karo laivo „Kuršis“ darbo režimai, kuriuos apibūdina faktinis greitis, sunaudojamos kuro sąnaudos ir laivo autonomiškumas (3 lentelė).

3 lentelė

Karo laivo „Kuršis“ kuro sunaudojimo normos

Režimas	Greitis, mazgais	Vidutinės kuro sąnaudos, l/val.	Autonomiškumas, paromis
Optimalus	9	80	31
Minimalus	7	44	52
Maksimalus	15	200	11
Mišrus	Kintantis	140	16

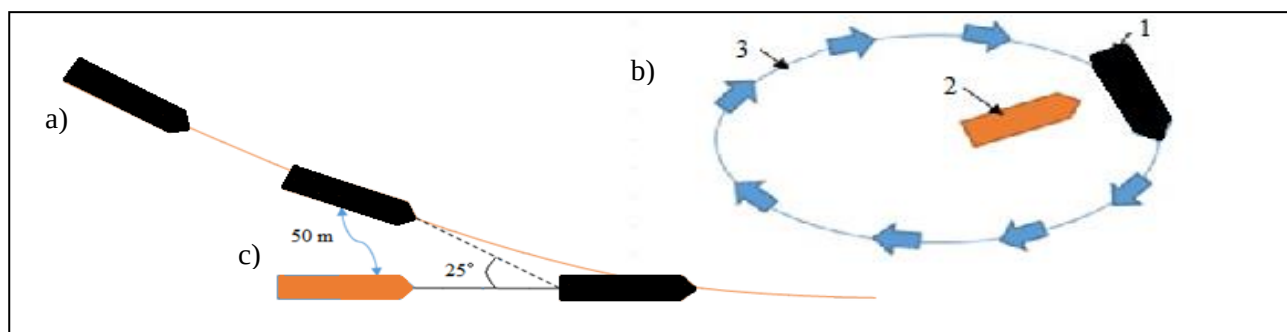
Šaltinis: sudaryta autorės

Padidinus PML „Kuršis“ greitį dviem mazgais iki 9 mzg., kuro sąnaudos dvigubėja, tai turi įtakos ir laivo autonomiškumui, jis sutrumpėja 68%. Didinant laivo greitį iki maksimalaus 15 mzg., kuro sąnaudos didėja 4,5 karto, tuo tarpu laivo autonomiškumas sutrumpėja 181%, t.y. iki 11 parų. Realiois sąlygomis karo

laivo jėgainė dirba mišriu režimu, kai laivo greitis varijuoja nuo minimalaus iki kreisinio 10 mzg. greičio, ir kuro sąnaudų norma laikytina 140 l/val.

Atsižvelgiant į turimą įrangą, PML „Kuršis“ kuro atsargas gali papildyti laivams judant vienas paskui kitą, t.y. AFAS būdu. Laivo komandai gavus užduotį papildyti kuro atsargas eigoje jūroje, atliekamos pirminės parengties priemonės, kurių metu skelbiama kovinė parengtis, nustatomas hermetizacijos lygis laive bei avarinės kuro partijos parengtis. Atsižvelgiant į aprūpinimo kuru būdą, apskaičiuojamas pirminis laivo kursas, pradedamas tranzitas į susitikimo su aprūpinimo laivu poziciją. Analizuojama esama situacija, įvertinami užduoties vykdymą sąlygojantys veiksniai (paros laikas, oro sąlygos – vėjo greitis 7 m/s, vėjo kryptis, bangos aukštis 0,5 m, bangos kryptis 280°, temperatūra 15°, matomumas 10 jūrmylių, laivų eismas 8 jūrmylių atstumu). Tinkamai paruošiama atsargų papildymo įranga ir laivas suartėjimui.

Papildant kuro atsargas jūroje laivai atlieka šiuos manevrus: suartėjimas, pozicijos išlaikymas, išsiskyrimas. Manevrų atlikimo schema pateikiama 3 pav. Prieš pradedant manevrą per radijo ryšį palyginant laivų girokompasų duomenis įsitikinama, kad laivų kursas vienodas. PML „Kuršis“, gavęs leidimą, išeina iš esamos junginio rikiuotės ir ima dreifuoti. Išėjimo iš rikiuotės, saugios pozicijos pasirinkimo ir visiško eigos sustabdymo trukmė – 10 min. Aprūpinimo laivas pasirenka priėjimo būdą, atsižvelgiant į vėjo kryptį.



3 pav. Kuro atsargų papildymo jūroje manevrų atlikimo schema: a) aprūpinimo laivo priartėjimas, b) dvi privalomos aprūpinimo laivo cirkuliacijos, c) laivų suartėjimas ir metlinės perdavimas

Žymėjimas: 1- aprūpinimo laivas, 2- kurą priimančio laivas, 3- aprūpinimo laivo cirkuliacija

Šaltinis: *Karo laivo taktinės veiklos procedūros, (2014). Klaipėda*

Aprūpinimo laivas priartėja kiek įmanoma mažesne eiga, kad būtų galima paduoti metlinę, ir laivas neprarastų savo manevrinių savybių. Priartėjęs 0,5 jūrmylės atstumu iki laivo, jis privalo apiplaukti 2 kartus (daryti bandomąją ir realią cirkuliacijas), siekiant įvertinti situaciją bei numatyti laivo dreifo kryptį. Kuro aprūpinančio laivo cirkuliacija aplink PML „Kuršis“ yra apie 0,5 jūrmylės, vidutinis greitis – iki 2 mzg. Atsižvelgiant, kad numatyti mažiausiai du būtinai priartėjimai, bendras cirkuliacijos atstumas lygus 1 jūrmylei. Antros cirkuliacijos metu aprūpinimo laivui priartėjus prie PML „Kuršis“ bako yra sumažinamas laivo greitis iki minimumo, kad būtų galimybė perduoti metlinę „Kuršiui“. Padavus metlinę, prie jos laisvojo galo pririšama kuro perdavimo įranga ir perduodama laivui, kur prijungiama prie kuro priėmimo stotelės. Laivams susijungus, aprūpinimo laivas informuoja PML „Kuršis“ per radijo ryšį, koku kursu ir greičiu bus vykdomas laivų judėjimas kuro perdavimo operacijos metu. Kuro atsargų perdavimas pradedamas kuro žarnų ir jungčių sandarumo patikrinimu suspaustu oru. Į PML „Kuršis“ kuro priėmimo stotelę kuras paduodamas 6 barų slėgiu. Iš kuro priėmimo stotelės į kuro tankus kuras teka 100 mm skersmens vamzdžiu savitekiu. Apskaičiuotas kuro priėmimo sistemos produktyvumas – 10,55 m³/val. Kai baigiamas kuro atsargų perdavimas/priėmimas, aprūpinimo laivo sistemomis į kuro žarną paduodamas aukštu slėgiu suspaustas oras, taip nudrenuojant kuro likutį, ir grąžinant žarną išvengiama kuro nutekėjimo į jūrą. Atiduodama kuro atsargų perdavimo įranga, ir laivai atsijungia. Vadovaujantis laivas radijo ryšiu duoda komandą išeiti į priešingus kursus. Komanda turi būti vykdoma nedelsiant.

Bunkeravimo operacijos chronometražo rezultatai pateikiami 4 lentelėje.

4 lentelė

PML „Kuršis“ bunkeravimo operacijų trukmė

Aprūpinimo kuro būdas	Parengiamieji darbai	Laivų suartėjimas	Įrangos priėmimas/perdavimas	Kuro papildymas	Papildomos operacijos	Iš viso
AFAS	30 min	40 min	10 min	5 val. 14 min	34 min	7 val. 8 min

Šaltinis: sudaryta autorės

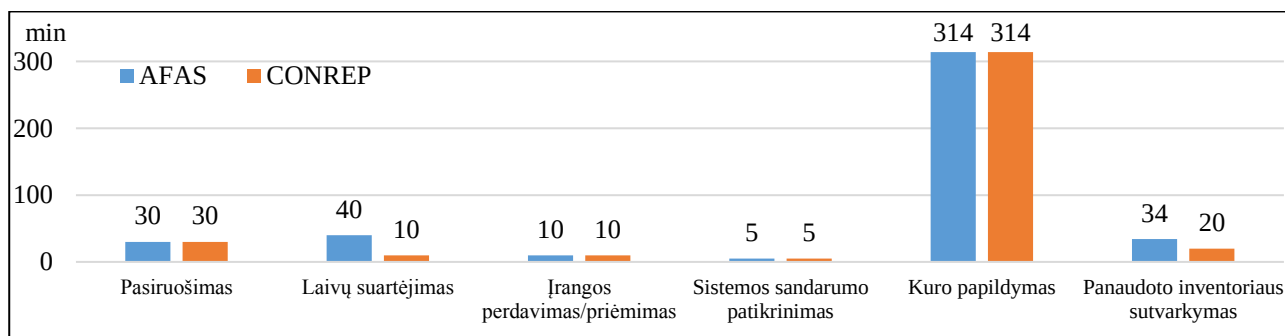
Tyrimo metu nustatyta, kad PML „Kuršis“ bunkeravimo operacija trunka ilgiau nei 7 val., iš kurių 5,2 val. vyksta kuro perpumpavimas. Laivas privalo ištوتي iš junginio bei sumažinti greitį iki minimalaus.

Galimybę per trumpesnį laiką atlikti bunkeravimo operaciją riboja laivo kuro sistemos produktyvumas ir techninė galimybė tik vienu būdu papildyti kuro atsargas.

3. PML „Kuršis“ logistinio aprūpinimo technologinio proceso tobulinimo galimybės

Vadovaujantis NATO standartais nurodomas bazinis kuro aprūpinimo jūroje būdas - laivams plaukiant lygiagrečiai, t.y. CONREP. Siekiant praktiškai pritaikyti minėtą būdą, būtina modernizuoti kuro priėmimo įrangą, karo laive „Kuršis“ įrengiant šią papildomą kuro žarnos įrangą (ATP16(D), 2011, NWP 4-01.4, 2001): prijungimo skriemuliai; laikymo elementai (klampės, pelikano kablys); jungtis, skirta prijungti kuro išdavimo žarną su automatinėmis kuro tiekimo nutraukimo sklendėmis.

Modeliuojant PML „Kuršis“ bunkeravimą CONREP būdu nustatyta, kad aprūpinimo kuro operacija sutrumpėja penktadaliu ir trunka 5 val. 24 min (4 pav.).



4 pav. Kuro perdavimo AFAS ir CONREP būdais technologinių operacijų trukmė, min

Šaltinis: sudaryta autorės

Reikšmingas technologinis pranašumas išskiriamas laivų suartėjimo veiksme, kuris CONREP būdu vykdant operaciją yra 4 kartus trumpesnis, nes išvengiama dviejų aprūpinimo laivo cirkuliacijų. Bunkeriuojantis CONREP būdu laivui nereikia išstoti iš junginio bei mažinti greičio, todėl MPL „Kuršis“ galės plaukti maksimaliu 15 mzg. greičiu ir operacija neturės neigiamos įtakos junginio eigos greičiui. Bunkeriuojantis minėtu būdu gali būti atliktas ir kitų atsargų, pvz., amunicijos, gėlo vandens, tiekimas. Logistinio aprūpinimo operacijų atlikimas bus užtikrintas dviem kuro aprūpinimo jūroje alternatyvomis, ir tai atitinka NATO standartus.

Išvados ir siūlymai.

Vadovaujantis sutartiniais Lietuvos Respublikos įsipareigojimais NATO, logistinio aprūpinimo funkcijas karo laivai turi vykdyti ir kaip atskiri vienetai, ir junginiuose. KJP parengtis kolektyviniams gynybos veiksams atlikti gali būti matuojama kolektyvinės veiklos suderinamumu su NATO standartais lygiu. Jo taikymo būtinumą lemia galimybė dalyvaujant bendrose karinėse operacijose pasiekti kuo aukštesnį tarpusavio sąveikos lygį. Analizuojant PML „Kuršis“ bunkeravimo operacijų technologiją nustatyta, jog taikomas tik AFAS logistinio aprūpinimo kuro jūroje būdas. Bendra kuro aprūpinimo operacijos trukmė 7 val., iš kurių 5,2 val. vyksta kuro perdavimas. Atsižvelgiant į šios operacijos specifiškumą, kuro perdavimo operacijos metu junginio greitis yra ribojamas iki 3 mazgų; kuro aprūpinimo operacijoje dalyvaujantys laivai privalo išstoti iš junginio. Trumpesnį operacijos atlikimo laiką riboja laivo kuro sistemos produktyvumas ir techninė galimybė tik vienu būdu papildyti kuro atsargomis.

Minų paieškos laivo „Kuršis“ bunkeravimo technologijų tobulinimas galimas įdiegus įrangą, skirtą kuro perdavimui CONREP būdu. Bendra kuro perdavimo operacija sutrumpėja 20 min., tačiau tai neturi įtakos kuro perpumpavimo veiksmui, kurio trukmė lieka nepakitusi ir trunka 82% viso bunkeravimo laiko. Bunkeravimo technologijos pakeitimas neturi įtakos didžiausiam taikomos technologijos kritiniam veiksmui – kuro papildymo greičiui. Realus kuro siurblių našumas yra 10,5 m³/h, pumpuojant kurą 6 barų slėgiu, todėl siūlytina atlikti kuro perdavimo sistemos techninio potencialo tyrimą.

Literatūra

- ACO Forces Standarts Vol. VIII, *Maritime Evaluation Manual*. (2011).
- ATP 16(D) / MTP 16(D), (2001). *Replenishment at sea*.
- Čiočys, J., Janukevičius, J., (2008). *Enciklopedinis karybos žodynas*. Vilnius.
- Karinių jūrų pajėgų standartinės veiklos procedūros*. (2015). Klaipėda.
- Karo laivo standartinės veiklos procedūros*. (2015). Klaipėda.
- Karo laivo taktinės veiklos standartinės procedūros*. (2014). Klaipėda.
- Karo laivų flotilės standartinės veiklos procedūros*. (2011). Klaipėda.

9. *Karo tarnybos statutas*. (2008). Valstybės žinios, Nr. 30-1057.
10. *Lietuvos Respublikos krašto apsaugos sistemos organizavimo ir karo tarnybos įstatymas*. (1998). Valstybės žinios, Nr. 49-1325.
11. Ford, M., (2012). *A master's guide to: Using fuel oil onboard ships*. London, UK.
12. Department of the NAVY office of the chief of naval operations. (2001). *Naval Warfare Publication Underway Replenishment NWP 4 - 01.4*. Norfolk.
13. *STANAG 1135*. (2008). NATO standardization office.
14. Valiukėnas, A., (2007). *Laivo valdymas ir eksploatacija*. Klaipėda.
15. Lietuvos narystė Šiaurės Atlanto sutarties organizacijoje (2013). Prieiga per internetą: <<https://www.urm.lt/default/lt/uzsienio-politika/uzsienio-politikos-prioritetai/lietuvos-saugumo-politika/nato>>

RESEARCH ON LOGISTIC SUPPLY TECHNOLOGY OF MINEHUNTER “KURŠIS” DURING THE MISSION IN NATO UNIT

Summary

The research object – technological process minehunter “Kuršis” fuel supply. The research aim – to assess specificity of technological process of minehunter “Kuršis” logistic fuel supply during international mission in Standing NATO Mine Countermeasures Group. The research objectives: to describe the specificity of logistic supply of warships while on international mission in NATO unit; to analyse technological process of fuel supply of minehunter “Kuršis” while on international mission in NATO unit; to project improvement possibilities for technological process of minehunter “Kuršis” logistic supply. The research methods – analysis of scientific literature, time study, analysis of technological operations, and result interpretation by providing conclusions. Thesis consists of two parts: the first part deals with the description of specificity of logistic supply of the navy, the second part provides an analysis of fuel supply possibilities at sea when the ship is assigned to NATO unit without the possibility to enter the port for bunkering due to the specificity of the mission, also, examination of improvement possibilities for fuel supply at sea process. The research results revealed that minehunter “Kuršis” is able to effectively exploit fuel supply operation at sea when the ships sail consistently; however, due to the modification of fuel equipment minehunter “Kuršis” loses the possibility to carry out fuel supply operations at sea in accordance with NATO standards on ships sailing in parallel. The latter provides opportunity to participate in international military operations by using two alternatives.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vilma Locaitienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos aukštoji jūrėivystės mokykla, Uosto ekonomikos ir vadybos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: jūrų technologijos ir logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 606 11517, v.locaitiene@lajm.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vilma Locaitienė

Science degree and name: master.

Workplace and position: Lithuanian Maritime Academy, port economy and management department, lecturer.

Author's research interests: maritime technologies and logistics.

Telephone and e-mail address: 8 606 11517, v.locaitiene@lajm.lt

KROVOS IŠ LAIVO ANT GRĘŽIMO PLATFORMOS „BYFORD DOLPHIN“ ŠIAURĖS JŪROJE TECHNOLOGINIS VERTINIMAS

Saulius Lileikis, Karina Vinogradova
Lietuvos aukštoji jūrėivystės mokykla

Anotacija. Platformos veiklos efektyvumą lemia savalaikis ir tinkamos apimtios krovinių tiekimas, kurį vykdo tiekimo laivai. Susiduriama su neoperatyvios krovos problema. Darbo tikslas – numatyti krovos iš laivo ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ gerinimo technologines galimybes, įvertinant krovos iš laivo ant platformos technologinę situaciją ir hipotetiškai įvertinant efektyvesnės krovos technologines galimybes. Taikyti tyrimo metodai – mokslinės literatūros analizė, technologinių operacijų analizė (sankrovos faktorius), dalyvaujamas stebėjimas (chronometražas), hipotetinis vertinimas. Technologinių alternatyvų analizė parodė, kad tikslingiausia pasirinkti Barge master BM T-700 sistemą, matuojančią laivo judėjimą ir minimizuojančią laivo svyravimus ekstremaliomis oro sąlygomis.

Reikšminiai žodžiai: gręžimo platforma, krova, kranai, technologija.

Įvadas

Gręžimas yra brangus procesas ir dėl tiekimo platformos prastovų gali būti patiriami dideli nuostoliai, todėl būtina užtikrinti reikiamų medžiagų nenutrūkstamam platformos darbui užtikrinti. Gedimų atveju atsarginės detalės turi būti pristatomos greitai. Tai reiškia, kad naftos platformoms būtini efektyvūs krovinių krovos sprendimai. Tokie sprendimai yra būtina pelno maksimizavimo sąlyga (Seixas ir kt., 2015).

„Dolphin Drilling Ltd“ – viena didžiausių naftos ir dujų bendrovių, kurios pagrindinė veikla – platformos eksploatacija ir dujų gavyba Šiaurės jūroje. Šios bendrovės misija – vykdyti gręžimo sektoriaus naftos ir dujų paslaugų, naudingųjų iškasenų ir kitų energijos išteklių gavybą kontinentiniame šelfe per gręžimo veiklą, vadovaujantis aukštais saugos standartais ir techniniu efektyvumu (Dolphin Drilling Ltd, 2016).

Naftos gręžimo platformų tyrimai – labai riboti. Krovinių krovos problemos tirtos, tačiau jų nagrinėjimas gręžimo platformų kontekste – tik pradinėje stadijoje. Teorinė darbo objekto analizė sudarė prielaidas identifikuoti įvairius platformų tipus. Teorinėms koncepcijoms patvirtinti ar paneigti pasirinkta analizuoti gręžimo atviroje jūroje platformą „Byford Dolphin“ veiklą. Kaip nurodo tyrėjai (Aas ir kt., 2009; Woolfson ir kt., 2013; Rowbotham, 2014; Bottema ir kt., 2015; Chaulk, 2016), platformos veiklos efektyvumą lemia savalaikis ir tinkamos apimtios krovinių tiekimas, kurį vykdo tiekimo laivai. Gręžimo platformos „Byford Dolphin“ atveju tiekimo operacijas vykdo du tiekimo laivai – „Bourboun Monsoon“ ir „Grampian Talisker“. Šių laivų pristatytus krovinius svarbu iškrauti per optimalų laikotarpį ir talpia išdėstyti. Susiduriama su neoperatyvios krovos problema.

Tyrimo objektas – krovos iš laivo ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ Šiaurės jūroje technologinė veikla.

Darbo tikslas – numatyti krovos ant gręžimo platformos gerinimo technologines galimybes.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti krovos iš laivo ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ technologinę situaciją.
2. Hipotetiškai įvertinti krovos ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ technologines galimybes.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, technologinių operacijų analizė (sankrovos faktorius), dalyvaujamas stebėjimas (chronometražas), hipotetinis vertinimas.

Straipsnio struktūra. Darbą sudaro du skyriai – krovos ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ technologinė situacija ir krovos ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ technologinės galybės.

Krovos ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ technologinė situacija

„Byford Dolphin“ (1 pav.) gręžimo platforma priklauso kompanijai „Dolphin Drilling Ltd“. „Byford Dolphin“ – tai savaeigė, pusiau povandeninė gręžimo platforma, naudojama gręžimui kontinentiniame šelfe naftos ir dujų gavybai atviroje jūroje. Platforma „Byford Dolphin“ yra „Aker H3“ dizaino, DNV+1A1 klasifikacijos. Ji pastatyta 1974 metais, užregistruota Singapūre. Platformos ilgis yra 108 m, plotis – 67 m, gręžimo bokšto aukštis – 46 m.

Platforma gali būti taikoma gręžiniui, kurio maksimalus ilgis yra 6 tūkst. m, vandens gylis 500 m. Maksimalus bangų aukštis – 31 m, vėjo greitis – 52 m/s. Tranzitinis greitis yra 4,5 kn. Platforma talpina 98 darbuotojus. Nuo 2009 metų pasirašytas kontraktas su BP kompanija. Gręžimo platformoje įrengta aukštos kokybės gręžimo įranga, atitinkanti tarptautinių standartų reikalavimus, keliamus tokioms platformoms naftos ir dujų pramonėje.



1 pav. „Byford Dolphin“ platforma
Šaltinis: Dolphin Drilling Ltd (2016)

Kroviniai į platformą gabenami tiekimo laivais. Kroviniai gabenami iš „Dolphin Drilling Ltd“ valdomo sandėlio. Sandėlis yra Aberdyne (Škotija). Krovinius gabena tiekimo laivas „Bourboun Monsoon“.

Tiekimo laivu „Bourboun Monsoon“ kroviniai gabenami konteineriuose, atvirose konteineriuose, karšto plovimo talpose. Jų charakteristikos pateiktos 1 lentelėje. Lentelėje pateiktas ir faktinis talpų, gabentų 2016 m. spalio 12 d., svoris.

1 lentelė

Tiekimo laivu „Bourboun Monsoon“ į platformą gabenamos talpos ir jų charakteristikos

Nr.	Talpos tipas	Talpos išmatavimai – ilgis, plotis, aukštis (ft)	Faktinis svoris (kg)	Maksimalus bendras svoris (kg)	Paskutinio patikrinimo data
1.	Konteineris	10x8x8	3240	12000	2016-08-11
2.	Konteineris	10x8x8	5300	12000	2016-07-15
3.	Konteineris	10x8x8	3600	10000	2016-09-19
4.	Konteineris	10x8x8	2101	10000	2016-09-28
5.	Atviras konteineris	20x8x4	3140	15000	2016-10-10
6.	Karšto plovimo talpa	6x4x5	1000	2000	2016-06-15

Šaltinis: Cargo Summary Ticket (2016)

Krovinius į platformą taip pat gabena tiekimo laivas „Grampian Talisker“. Gabenami kroviniai: piltiniai (kuras), pirminiai (laivo trinkelės, atviras konteineris, atviras viršutinis konteineris), antriniai (mini konteineriai – sausų, pavojingų produktų ir kt., gręžimo akseleratoriai, gręžimo talpos, molis ir kt.). Siekiant įvertinti krovinių gabenimo į platformą operacijas, atliktas stebėjimas fiksuojant laivų operacijų pradžios ir pabaigos laiką. Stebėjimui pasirinktas 2016 m. rugsėjo 25 d. – spalio 2 d. laikotarpis. Laivo „Bourboun Monsoon“ operacijų laikas pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė

Tiekimo laivo „Bourboun Monsoon“ operacijų laikas

OPERACIJA	LAIKAS									
	2016-09-25		2016-09-26		2016-09-27		2016-10-01		2016-10-02	
	Nuo	Iki	Nuo	Iki	Nuo	Iki	Nuo	Iki	Nuo	Iki
Patikrinimas, prieš įplaukiant į 500 m zoną	15:55	16:05			02:22	02:50				
Atvykimas prie platformos. Laukimas dėl prastų oro sąlygų							00:01	01:50		
Įplaukimas į 500 m zoną	16:05	16:25	15:00	15:40	02:50	03:23	01:50 16:45	02:20 18:15		

OPERACIJA	LAIKAS									
	2016-09-25		2016-09-26		2016-09-27		2016-10-01		2016-10-02	
	Nuo	Iki	Nuo	Iki	Nuo	Iki	Nuo	Iki	Nuo	Iki
Laukimas, kol bus pabaigtos sraigtasparnio operacijos									14:20	16:10
Krovinių perdavimas			15:40 20:45 22:40	17:55 20:50 23:15	03:23	04:14	02:20 18:15	13:50 0:50	16:10	16:37
Bandymas perduoti krovinius, tačiau to nepadarymas dėl smarkaus vėjo	16:25	16:32								
Krovimo įrangos atjungimas			20:50	22:40			0:50	0:55	16:37	16:40
Manevravimas 500 m zonoje	16:32	16:40	17:55 20:20 23:15	18:05 20:45 23:25	04:14	04:25	13:50 0:55	14:00		
Išplaukimas iš 500 m zonos	16:40		18:05 23:25	20:20	04:25		14:00		16:40	

Šaltinis: Supply Vessel Daily Report (2016)

2016 m. rugsėjo 25 d. – spalio 2 d. laikotarpiu tiekimo laivas „Bourboun Monsoon“ į gręžimo platformą „Byford Dolphin“ plaukė penkias dienas. Kai kuriomis dienomis buvo vykdyti keli plaukimai.

Tiekimo laivo „Grampian Talisker“ operacijų laikas minėtu laikotarpiu pateiktas 3 lentelėje.

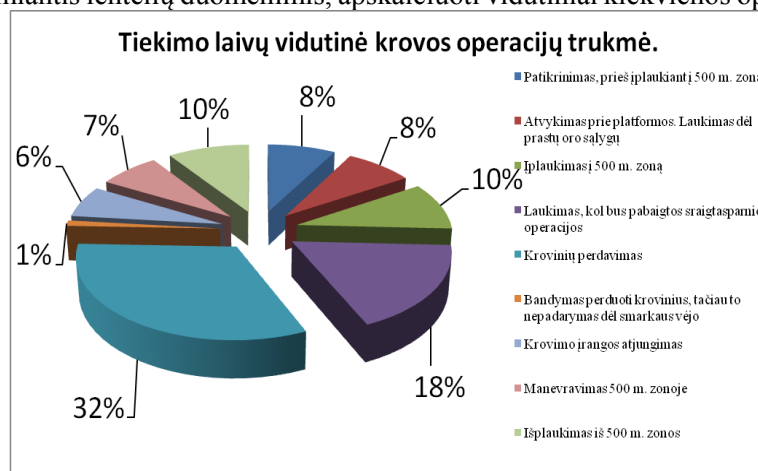
3 lentelė

Tiekimo laivo „Grampian Talisker“ operacijų laikas

OPERACIJA	LAIKAS					
	2016-09-27		2016-10-01		2016-10-02	
	Nuo	Iki	Nuo	Iki	Nuo	Iki
Išplaukimas į 500 m zoną			15:12	15:30	18:27	18:38
Krovinių perdavimas			15:30	16:27	18:38	19:02
Atitolimas			16:27	16:42		
Manevravimas 500 m zonoje	4:40	5:20				
Išplaukimas iš 500 m zonos			16:42		19:02	19:12

Šaltinis: Supply Vessel Daily Report (2016)

Stebėjimo duomenys rodo, kad tirtu laikotarpiu tiekimo laivas „Grampian Talisker“ į tiekimo platformą plaukė tris dienas. Remiantis lentelių duomenimis, apskaičiuoti vidutiniai kiekvienos operacijos laikai (2 pav.).



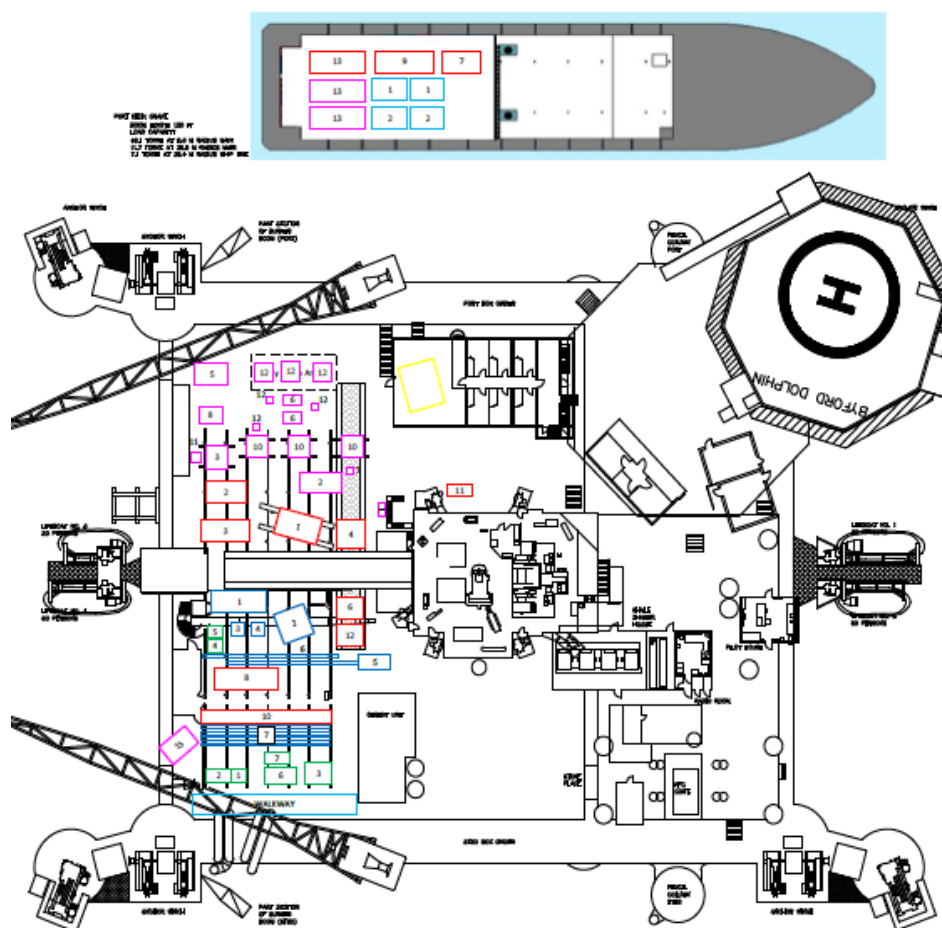
2 pav. Tiekimo laivų vidutinė operacijų trukmė

Šaltinis: Supply Vessel Daily Report (2016)

Tiekimo laivo „Bourboun Monsoon“ bendra operacijų 500 metrų zonoje trukmė buvo labai įvairi – nuo 45 iki 1219 min. Vidutiniškai 500 m zonoje stebėtu laikotarpiu tiekimo laivas praleisdavo 379,4 min. Tiekimo laivo „Grampian Talisker“ operacijų trukmė – žymiai trumpesnė – nuo 35 iki 90 min.

Abiejų tiekimo laivų atveju ilgiausiai trunkanti operacija yra krovinių perdavimas. Tiekimo laivo „Bourboun Monsoon“ atveju krovinių perdavimo arba krovos vidutinė trukmė yra 155,25 min, o „Grampian Talisker“ – 40,50 min. Laivo „Bourboun Monsoon“ krovos operacijų trukmė vidutiniškai sudaro 37 proc. visų operacijų 500 m tiekimo platformos zonoje atžvilgiu. Laivo „Grampian Talisker“ krovinių krovos operacijų trukmė vidutiniškai sudaro 49 proc. trukmės nuo visų operacijų 500 m nuo tiekimo platformos zonoje. Krovos operacijos yra labai svarbios tiekimo platformos veiklos užtikrinimui.

Kroviniai iš tiekimo laivų kraunami ant platformos. Platformos planas pateiktas 3 paveiksle.



3 pav. Platformos „ByfordDolphin“ planas
Šaltinis: Platform „Byford Dolphin“ (2016)

Kroviniai ant platformos „Byford Dolphin“ paimami kabliais. Krovinių krovai naudojami du kranai. Krano operatorius nusprendžia, kur bus dedami kroviniai. Paprastai dedama ten, kur yra vietos. Vėliau denio įgula krovinius išvežioja krautuvu ir išdėlioja juos aikštelėje bei paskirsto po sandėlius.

“Byford Dolphin” platforma aprūpinta dviem denio dyzelio-hidrauliniiais kranais, sumontuotais ant stovų, esančių ant kairiojo ir dešiniojo platformos bortų. Denio kranų apsisukimo pajėgumas – 360 laipsnių. Kranai skirti pakrauti ir iškrauti aprūpinimo laivus, naudojami pakėlimo operacijoms ant denio. Kranus valdo kompetentingi darbuotojai. Kranų charakteristikos pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė

Kranų charakteristikos

CHARAKTERISTIKOS	PORT CRANE (kairio borto kranas)	STARBOARD CRANE (dešinio borto kranas)
Gamintojas	Seatrax	Nasional
Modelis	S9028-Kingpost	OS 435
Strėlės ilgis	48 m	36,6 m
Krano svoris	16,751 t	7,2 t
Maksimali keliamoji galia	53,86 t	26,8 t
Vėjas	Galima dirbti iki 35 vėjo mazgų	Galima dirbti iki 40 vėjo mazgų

Šaltinis: Operation Manual (2015)

Kranai suprojektuoti ir pagaminti kaip atviros jūros kranai, atitinkantys visus saugos reikalavimus. Į kiekvieną kraną integruota „Mypeg“ kranų kontrolės sistema su monitoriumi, kontroliuojanti visas kranų funkcijas. Kranų valdymo sistema apima apkrovos rodiklius ir sustabdymo funkcijas.

Vamzdžių tvarkymo kranas (angl. *Hydralift pipehandling crane*) sumontuotas 1996 m. Kranas pajėgus tiekti vamzdį iš vamzdžio denio ir pakelti į viršų – į gręžimo denį. Iki galo atitinka gręžimo denio reikalavimus. Apsisukimo ciklas – 1 min 40 s. Keliamoji galia, kai darbo spindulys 6,5 – 21 m, yra 10 t; kai 9 – 15 m, tai 13,5 t; griebtuvo talpa 3,7 t; maksimalus vėjo greitis – 82 kn.

Šakinis keltuvas su vidaus degimo varikliu numatytas įvairaus tipo krovinų transportavimui iš konteinerių į saugojimo vietą. Autokrautuvai pasižymi keliamąja galia nuo 1,5 iki 8 t, skirtas įprastiems, vidutinio sunkumo ir labai sunkiems krovinims. Skystų krovinų (alyvos, gėlo vandens, sūrymo, gręžimo purvo, dyzelino ir kt.) krovimo ant platformos operacijos atliekamos pasitelkiant krovimo žarnas. Žarnos prijungiamos iš platformos į tiekimo laivą.

Krovos ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ technologinės galimybės

Krovos ant platformos „Byford Dolphin“ technologinio proceso analizė sudarė prielaidas identifikuoti krovinų krovos problemas. Pagrindinė problema – tai ilga krovos operacijų trukmė. Kaip parodė atlikta analizė, krovos laikas užima nuo 39 iki 49 proc. visų tiekimo laivo operacijų trukmės. Taigi kyla poreikis trumpinti krovos operacijos trukmę. Optimalaus krovinų išdėstymo požiūriu šiuo metu naudojami kranai nėra tinkami. Be to, naudojant esamą įrangą neretai krovos laivų prastovos.

Pagrindinis veiksnys, dažniau atvejais prailginantis krovą, yra laivo judėjimas. Laivo judėjimą sukelia nepalankios oro sąlygos. Rinkoje siūloma įrenginių, skirtų laivo stabilumui palaikyti prastomis oro sąlygomis. Krovos efektyvumui aktualu parinkti tinkamiausią technologiją iš kelių alternatyvų.

Ampelmann – tai įmonė, gaminanti laivo judėjimą kontroliuojančius tiltus bei kranus. Tiltai *e-type* skirti žmonių perkėlimui iš judančio laivo į platformą (4 pav.). Tiltų sistema naudoja 6 hidraulinius cilindrus, kurie padeda žmonėms saugiai patekti iš tiekimo laivo į platformą. Tiltas geba kompensuoti bangas iki 2,5 m. Tiltu galima perkelti krovinus, kurių svoris ne didesnis nei 100 kg.



4 pav. Ampelmann tiltas *e-type*
Šaltinis: Bottema, H. et al. (2015)



5 pav. Ampelmann krovinų perkėlimo sistema
Šaltinis: Bottema, H. et al. (2015)

Ampelmann sukūrė krovinų perkėlimo sistemą (5 pav.). Šios sistemos idėja ir dizainas yra toks pat, kaip *e-type*; skiriasi tik dydis ir maksimalus saugus krovinio svoris. Įrenginiu galima kelti iki 8,5 t svorio krovinį 30 m virš jūros lygio. Šis įrenginys sudaro prielaidas padidinti krovos efektyvumą bei saugumą.

Barge master (2016) kuria panašius gaminius kaip ir *Ampelmann*. Pagrindinis *Barge master* sistemų privalumas tas, kad sistema leidžia dirbti su žymiai didesniais kroviniais nei *Ampelmann* sistema. „Byford Dolphin“ platformos atveju siūloma rinktis iš dviejų įmonės gaminių: BM T-40 (6 pav.) ir BM T-700 (7 pav.).

BM T-40 – tai kranas, matuojantis tiekimo laivo judėjimą ir aktyviai minimizuojantis laivo svyravimus, kilimus. Šiuo tikslu sistema naudoja tris hidraulinius cilindrus. Kranu galima kelti krovinus iki 15 t 10 m atstumu arba 5 t 20 m atstumu. Kranas įmontuojamas tiekimo laive ir nėra judinamas. Tipiniai kroviniai yra žarnos, įrankiai, atsarginės dalys ir kiti, kurių svoris yra nuo 1,5 iki 5 t. Kroviniai paprastai iškraunami 20 m atstumu nuo 15 iki 30 m virš jūros lygio.

Svarbu pažymėti, kad be galimybės saugiai krauti krovinus, T-40 turi galimybę perkelti ir žmones. Tai reiškia, kad šis įrenginys suteikia potencialą gauti tiekimo laivo įgulos pagalbą krovinų paskirstymui platformoje.

Kaip minėta, 7 paveiksle demonstruojamas įrenginys BM T-700.



6 pav. BM T-40

Šaltinis: Bottema, H. et al. (2015)



7 pav. BM T-700

Šaltinis: Bottema, H. et al. (2015)

BM T-700 – tai sistema, matuojanti tiekimo laivo judėjimą ir minimizuojanti laivo svyravimus bei kilimus. Ši sistema nėra skirta kėlimui, tačiau ji išlaiko ploto, į kurį perkeliamas kroviny, stabilumą.

Aptartų įrenginių palyginimas pateiktas 5 lentelėje.

5 lentelė

Ampelmann ir Barge master įrenginių charakteristikų palyginimas

CHARAKTERISTIKOS	ĮRENGINIAI			
	Ampelmann e-type	Ampelmann CTS	Barge master BM T-40	Barge master BM T-700
Apkrova (t)	0,1	8,5	15	160
Maksimalus bangų aukštis (m)	3	2,5	3	-
Užimamas plotas (m ²)	77,7	60,8	17,8	276,3
Svoris (t)	39	-	154	270

Atsižvelgiant į įrenginių charakteristikas, siūloma naudoti Barge master BM T-700. Šią technologiją taiko ir kitos platformos, siekiant sutrumpinti krovinių krovos laiką. Technologija sudaro prielaidas vykdyti krovinių krovą ir prastomis oro sąlygomis, kurios, kaip parodė atlikta analizė, dažnai lemia tiekimo laivų prastovas.

Barge master BM T-700 įrenginys sudaro prielaidas sutrumpinti krovinių krovos laiką iki 9 proc. Stebėjimo duomenys rodo, kad tirtu laikotarpiu tiekimo laivai dėl prastų oro sąlygų turėjo laukti 50 min (8 proc.); bandymas perduoti krovinius, tačiau to nepadarius dėl smarkaus vėjo, sudarė 7 min (1 proc.). 9 proc. visų operacijų sudaro tiekimo laivo prastovos dėl prastų oro sąlygų.

Kompanija „Barge Master“ įrenginį siūlo įsigyti arba nuomotis. Tinkamiausio varianto pasirinkimui būtini papildomi ekonominiai vertinimai, parodysiantys įsigijimo ar nuomojimosi ekonominę naudą.

Išvados

1. Krovinius į platformą gabenančių tiekimo laivų „Bourboun Monsoon“ ir „Grampian Talisker“ operacijų analizė parodė, kad krova užima per didelę visų operacijų trukmės dalį (37–49 proc.). Krovos ant platformos trukmę galima sutrumpinti technologinės įrangos pokyčiais ar papildomos technologijos panaudojimu.

2. Įvertinus krovos ant gręžimo platformos „Byford Dolphin“ technologines galimybes, nustatyta, kad per ilgą krovos operacijos trukmę gali būti sumažinta iki 9 proc. Atlikta skirtingų gamintojų technologinių alternatyvų analizė parodė, kad tiksliausia pasirinkti Barge master BM T-700 sistemą, matuojančią laivo judėjimą ir minimizuojančią laivo svyravimus ekstremaliomis oro sąlygomis.

Literatūra

1. Aas, B. et al. (2009). The role of supply vessel sin offshore logistics. *Mari Econ Logist*, 11, p. 302-315.
2. Barge Master. (2016). *Specs* [žiūrėta 2016-12-21]. Prieiga internetu: <http://www.barge-master.com>
3. Bottema, H. et al. (2015). *Offshore Cargo Handling* [žiūrėta 2016-10-23]. Prieiga internetu: <http://www.maritimesymposium-rotterdam.nl>
4. *Cargo Summary Ticket*. (2016). Aberdeen: „Byford Dolphin“.
5. Chaulk, N. (2016). *Platform Supply Vessels* [žiūrėta 2016-10-28]. Prieiga internetu: <http://www.neely-chaulk.com>
6. „Dolphin Drilling Ltd“. (2016) [žiūrėta 2016-11-17]. Prieiga internetu: <http://www.dolphindrilling.no>
7. *Operation Manual*. (2015). Aberdeen: „Byford Dolphin“.

8. *Platform „Byford Dolphin“*. (2016). Aberdeen: „Dolphin Drilling Ltd“.
9. Rowbotham, M. (2014). *Introduction to marine cargo management*. New York: Informa Law.
10. Seixas, M. P. et al. (2015). A Heuristic Approach to Stowing General Cargo into Platform Supply Vessels. *Journal of the Operational Research Society*, 67(1), p. 148-158.
11. *Supply Vessel Daily Report*. (2016). Aberdeen: „Byford Dolphin“.
12. Woolfson, C., Foster, J., Beck, M. (2013). *Paying for the Piper. Capital and Labour in Britain's Offshore Oil Industry*. London: Routledge Taylor & Francis Group.

CARGO LOADING FROM A VESSEL ON THE DRILLING RIG “BYFORD DOLPHIN” IN THE NORTH SEA TECHNOLOGICAL EVALUATION

Summary

If a drilling platform experiences an outage due to supply problems, the platform can face potentially huge financial losses. This is the reason why it is essential to ensure the sufficient supply of material. The research aim is to envisage the technological possibilities of cargo loading of the drilling platform “Byford Dolphin” which is located in the North Sea. The research methods include scientific literature analysis, analysis of technological operations (stowage factor), participative observation (timing) and hypothetical evaluation. The analysis of the different technological alternatives leads to the conclusion that the most advisable system to choose is Barge master BM-T700 system, which measures the vessel movement and minimizes swings under extreme weather conditions.

Key words: drilling rig, cargo handling, crane, technology.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Lileikis

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos aukštosios jūrėivystės mokyklos, Uosto ekonomikos ir vadybos katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: jūrinė edukacija ir vadyba

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 08106, s.lileikis@lajm.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Karina Vinogradova

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: gręžimo platformos „Byford Dolphin“ sandėlininkas asistentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gręžimo platformų technologija

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 648 11658, k.vinogradova@lajm.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Saulius Lileikis

Science degree and name: PHD, assoc. prof.

Workplace and position: Lithuanian Maritime Academy, Port Economics and Management Department associate professor

Author's research interests: maritime education and management

Telephone and e-mail address: +370 652 08106, s.lileikis@lajm.lt

Author name, surname: Karina Vinogradova

Science degree and name: -

Workplace and position: storekeeper assistant at the drilling rig “Byford Dolphin”

Author's research interests: drilling rig technology

Telephone and e-mail address: +370 648 11658, k.vinogradova@lajm.lt

ELEKTRONINIŲ KROVINIŲ IR TRANSPORTO BIRŽŲ LIETUVOS LOGISTIKOS SEKTORIJE PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS

Jūratė Liebuviene¹, Alvita Šileikienė¹, Kristina Čižiūnienė²

¹Klaipėdos valstybinė kolegija, ²Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Elektroninė krovinių ir transporto birža - tai visą parą veikianti transporto ir krovinių parduotuvė. Naudojantis elektroninėmis transporto biržomis patogu keistis informacija apie turimus krovinius ir laisvą transportą, o tinkamiausi transportavimo sprendimai surandami greitai ir patogiai. Naudojantis šiomis biržomis krovinių pervežimas tampa paprastesnis, mažėja transportavimo išlaidos ir daugėja naujų užsakymų. Sistema prieinama internetu, iš bet kurios pasaulio vietos, todėl jos nereikia įdiegti į kiekvienos darbo vietos kompiuterį. Taip pat biržos leidžia sekti krovinius visame pasaulyje, lyginti alternatyvius logistikos variantus bei individualiai aptarnauti klientus. Šiame straipsnyje bus pateikti tyrimo rezultatai apie tai, kurios elektroninės biržos Lietuvos logistikos sektoriuje populiariausios ir kaip jas dažnai naudoja.

Reikšminiai žodžiai: elektroninė birža, krovinių srautai, transporto srautai.

Įvadas

Žmogaus ūkinė veikla neįsivaizduojama be informacinių technologijų panaudojimo. Efektyvus planavimas, kontrolė, organizavimas ir greitas sprendimų priėmimas, priklauso nuo veiksmingo informacijos valdymo, naudojantis informacinėmis valdymo sistemomis. Informacinės technologijos sujungia visas galimas ūkines veiklas, tačiau nei viena veikla neįsivaizduojama be transportavimo. Be transportavimo paslaugų negalima būtų nei pasiūlyti prekių, nei patenkinti vartotojų poreikių. Tik tobulinant ir plečiant informacines sistemas visose transporto šakose galima pasiekti pačių geriausių rezultatų. Kiekvienam logistikos įmonės savininkui, vadovui ar kitam specialistui, nuolatos tenka spręsti įvairius transporto valdymo problemas. Siekiant efektyviau ir greičiau išspręsti visas problemas transporto valdymo specialistams reikalinga informacija, kurios srautą daug lengviau valdyti kai jis yra vienoje vietoje. Greitas, patikimas ir efektyvus informacijos keitimasis daro vis didesnę įtaką logistikos sektoriui, tai didina konkurencingumą tarp transporto paslaugų tiekėjų.

Naujos tendencijos, transportavimo įmonių plėtra, prekių kiekio didėjimas, suteikia informacinių technologijų plėtros impulsą. Kiekviena įmonė teikianti pervežimo paslaugas, nesvarbu tai vietiniai ar tarptautiniai maršrutai, naudojant informacines technologijas, turi galimybę gauti visą reikiama informaciją, optimaliam maršrutui įvykdyti. Sparčiai vystantis informacinėms technologijoms gerėja ir lengvėja maršrutų kontrolė, kas logistikos įmonėse yra labai svarbu. Didžiausia **problema** logistikos įmonėse – laikas, kaštai ir efektyvumas. Šiai problemai spręsti dauguma įmonių vis dažniau pradeda naudoti elektronines krovinių ir transporto biržas, kurios leidžia sudaryti maršrutus su kroviniu į abi puses, taip yra mažinamos laiko sąnaudos ir pervežimai atliekami efektyviau bei sunaudojama mažiau kaštų. Prieš atsirandant tokioms biržoms klientai mažai domėjosi išlaidomis, susijusiomis su logistiniu aprūpinimu, prekių pristatymu į sandelį, parduotuvę ar tiesiai vartotojui. Visos pirkėjo ir įmonės sąveikos buvo atliekamos per tarpininkus. Elektroninės krovinių ir transporto biržos leidžia ne tik sutaupyti įmonės pinigus, bet ir pagreitinoti ir pagerinti transportavimą, kadangi naudojantis šiomis biržomis, įmonės išvengia tarpininkų ir bendradarbiauja tiesiogiai viena su kita, kas leidžia rasti ilgamečių partnerių.

Straipsnio objektas – elektroninės krovinių ir transporto biržos.

Straipsnio tikslas – atlikti elektroninių krovinių ir transporto biržų panaudojimo galimybių Lietuvos logistikos sektoriuje, tyrimą.

Straipsnio uždaviniai:

1. Išanalizuoti elektroninių transporto biržų naudą logistikos įmonėse teoriniu aspektu.
2. Ištirti kokios elektroninės transporto biržos naudojamos Lietuvos logistikos įmonėse.

Tyrimų metodai: apklausa, literatūros šaltinių analizė.

Elektroninės krovinių ir transporto biržos ir jų nauda

ITS pagerina transporto sistemos efektyvumą, produktyvumą, pagerina paslaugų kokybę, padidina mobilumą, sumažina energijos suvartojimą bei mažina poveikį aplinkai. ITS sprendimai yra pagrįsti eismo duomenimis, todėl sistemos veikimui yra būtinas duomenų surinkimo tinklas. ITS yra naujas transporto sistemos evoliucijos etapas. Taikomos naujausios kompiuterinės, programinės, ryšio perdavimo ir saugumo technologijos (Keršys, 2013).

Efektyvus, greitas ir patikimas keitimasis informacija daro vis didesnę įtaką logistikos paslaugų teikėjų ir prekių gamintojų konkurencingumui. Garantuotas ir greitas informacijos srautas leidžia operatyviai reaguoti į rinkos pokyčius. Transportavimo, ekspedijavimo srities specialistams, norint perduoti įvairiapusę informaciją,

reikia šiuolaikiškesnių komunikacijos priemonių nei telefonas, telefaksas ar elektroninis paštas (Batarlienė 2011).

Kita vertus, IT taikymas logistikoje, atveria daug galimybių. Viena tokių – elektroninė krovinių ir transporto birža. Tai internetinė platforma, kuri susistemina duomenis ir leidžia patogiai, sunaudojant mažiau finansinių ir laiko sąnaudų, paskatinti verslo sandorius, ir leidžia efektyviai gerinti logistikos grandinės funkcionavimą, suteikia galimybę savo paslaugas parduoti greičiau, taip efektyviai išnaudojant turimą transporto parką. Transporto sektoriaus darbuotojai naudodamiesi biržomis gali pačioje biržoje bendrauti tarpusavyje, taip sumažindami laiko sąnaudas planuojant maršrutus.

Elektroninės krovinių ir transporto biržos leidžia teikti klientams papildomų logistikos paslaugų, kurios didina įmonių konkurencingumą: padeda sekti krovinį, rinkti duomenis apie logistikos procesą, palyginti alternatyvius logistikos variantus, individualiai aptarnauti klientus, suteikia galimybę vadybininkams bendrauti tarpusavyje. Visa tai palankiai veikia partnerių ryšius ir bendradarbiavimą. Įmonės per interaktyviąją sistemą gali žymėti pakuotes, sekti siuntas, stebėti C.O.D srautus, pateikti išsamias siuntų siuntų ataskaitas.

Bendrajai prasme galima teigti, kad elektroninės biržos pakeitė Europos transporto, ekspedijavimo ir logistikos sektoriaus vaizdą vos per kelerius metus. Per tą laiką tūkstančiai įmonių padarė jas pagrindiniu užsakymų šaltiniu, modernizuodamos iki šiol buvusį verslo modelį. Transporto biržų populiarumas nuolat auga. Tai vyksta pirmiausia dėl to, kad naudojantis elektroninėmis transporto biržomis gaunama galimybė užmegzti verslo ryšius su tūkstančiais klientų visame pasaulyje.

Transporto įmonėms t.y. jų veiklai labai aktualios yra internete esančios elektroninės transporto biržos, kurių galima rasti tiek Rytų, tiek ir Vakarų Europoje.

Transporto biržos „TC Truck&Cargo“, „Cargo“, „TRANS“, „Rustrans“ – tai vieta, kur pasikeičia informacija apie laisvą krovinį arba/ir transportą visoje Europoje ir NVS šalyse. Transporto biržos skirtos vartotojams, t.y. transporto firmos, logistinės kompanijos, ekspedijavimo ir komercinės firmos, kurios siekia turėti interaktyvią informaciją apie laisvus krovinius ar reikiamus bei laisvus automobilius (Liebuvienė, Šileikienė, 2016).

Birža kaip teigia Batarlienė (2011) – tai laiko ir pinigų taupymas bei proga sparčiai plėsti įmonės veiklą dėl naujai užmegztų ryšių.

Statistika rodo, kad krovinių tarptautinių vežimų kelių transportu rinka be paliovos didėja nuo 2010 m. Be to, remiantis Transport Intelligence prognozėmis, ši rinka iki 2016 m. kasmet augo 3,8 %. Tai paskatino daugelio subjektų, dirbančių transporto, ekspedijavimo ir logistikos sektoriuje, dinaminę plėtrą. Šiame kontekste galima įžvelgti pozityvų ryšį tarp augančio subjektų, besinaudojančių biržų paslaugomis, skaičiaus ir transporto rinkos plėtos.

Lietuvoje populiariausios elektroninės transporto biržos Cargo.lt bei TimoCom.lt savo puslapiuose teikia informaciją apie krovinius, kuriems reikia transporto, bei transportą, kuris šiuo metu yra laisvas kelias dienas į priekį. Toks informacijos teikimas vadybininkams leidžia efektyviau suplanuoti laiką bei rasti kitą krovinį transporto priemonei, kuri po kelių dienų išsikraus kitoje šalyje. Cargo.lt birža teikia informaciją apie eiles pasienio postuose. Ši informacija leidžia numatyti reikalingas laiko sąnaudas bei nustatyti ar krovins bus pristatytas laiku, jei ne, vadybininkas apie tai iš karto gali pranešti paslaugos užsakovui, taip išvengdamas nesklandumų. TimoCom.lt birža, tokios informacijos vartotojams neteikia, tačiau turi papildomą programą, kurios dėka vadybininkai gali matyti transporto priemonę, nesvarbu kokia GPS sistema integruota transporto priemonėje. Ši programa suteikia galimybę sekti krovinius, bei transportą, ko pasekoje, galima išvengti spūsčių bei kitų trigdžių kelyje, apie tai sužinojus ir pranešus vairuotojui, matant jo buvimo vietą bei galimybę išvengti kliūties.

Cargo.lt elektroninė transporto birža, klientams suteikia „žemėlapių“ paslaugą, kurios pagalba, galima sudaryti maršrutus ir iškart matyti kuro bei laiko sąnaudas, paslauga taip pat, iš karto apskaičiuoja kokios galimos šio pervežimo paslaugos išlaidos, kas leidžia vadybininkui biržoje ieškoti tokio transporto paslaugų tiekėjo, kuris siūlo mažiausią transportavimo kainą.

Paskutiniu metu daugelis kalba apie krovinių vagystes Europoje, apie riziką naudojantis transporto biržų paslaugomis, o taip pat apie problemą įvertinant klientų patikimumą. Pašala (2016) teigia, kad kiekvienas verslininkas nutaręs pasinaudoti biržos paslaugomis, turi išsirinkti iš daugelio rinkoje siūlomų pigesnių ar brangesnių, vietinių ar tarptautinių, svarbu, kad jos atitinkų įmonės poreikius ir garantuotų saugumą (Pašala, 2016).

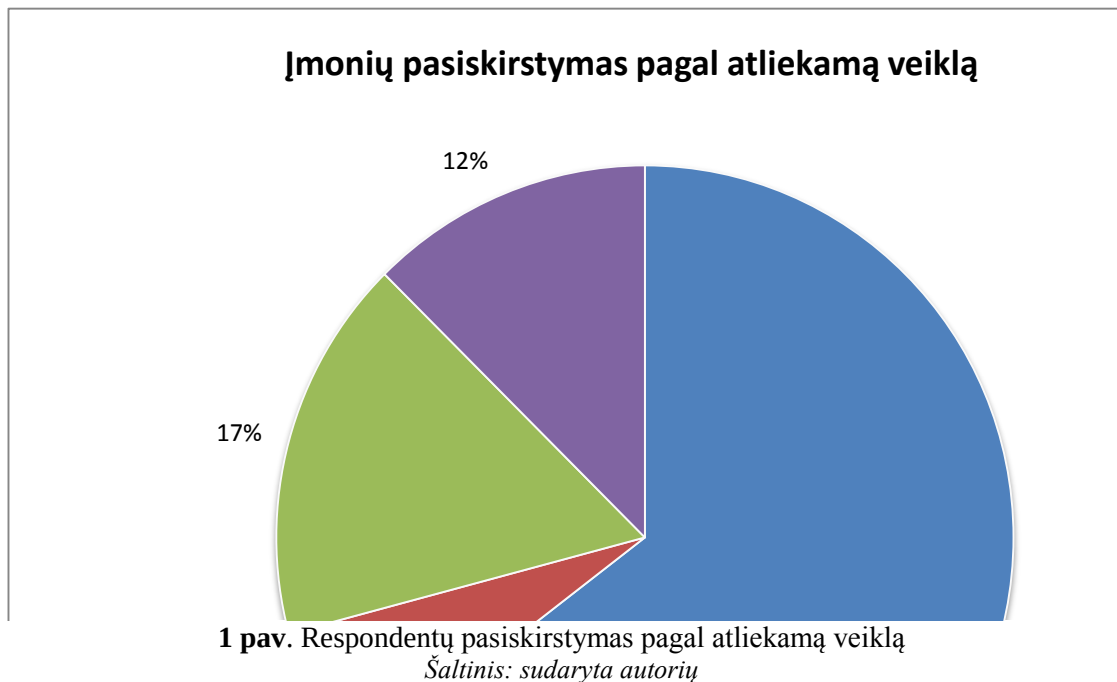
Elektroninių biržų naudojimo Lietuvos logistikos įmonėse tyrimas

Siekiant išsamiai ir pagrįstai išanalizuoti elektroninių krovinių ir transporto biržų naudojimą Lietuvos logistikos įmonėse, buvo atliktas empirinis tyrimas.

Empirinio tyrimo uždaviniai:

1. Išsiaiškinti, kokiomis Lietuvos logistikos įmonės naudojasi elektroninėmis krovinų ir transporto biržomis.
2. Įvardyti pagrindines priežastis, kurios lemia elektroninių biržų pasirinkimą.
3. Išsiaiškinti kokią naudą elektroninės biržos teikia Lietuvos transporto įmonėms.
4. Išanalizuoti 1 mėnesio laikotarpyje, kokie krovinų ir transporto priemonių srautai dominuoja Cargo.lt ir TimoCom biržose Europos, Skandinavijos ir Rytų šalyse.

Internetinėje apklausoje dalyvavo 48 logistikos paslaugas teikiančios įmonės iš visos Lietuvos. Respondentai atsakė į klausimus susijusius su elektroninių transporto biržų naudojimu, pasirinkimu, bei elektroninių transporto biržų teigiamomis ir neigiamomis savybėmis. Visų pirma, tyrimo metu buvo siekiama išsiaiškinti, kokias paslaugas teikia įmonės (1 pav.).



Didžioji dalis (65 %) anketinėje apklausoje dalyvavusių Lietuvos įmonių užsiima krovinų pervežimu tarptautiniais maršrutais, 17 % apklaustųjų teikia ekspedijavimo paslaugas, 6 % apklaustųjų atlieka krovinų pervežimą vietiniais maršrutais ir 12 % užsiima krovinų gabenimu vietiniais ir tarptautiniais maršrutais, negabarinių krovinų gabenimu bei teikia ekspedijavimo paslaugas.

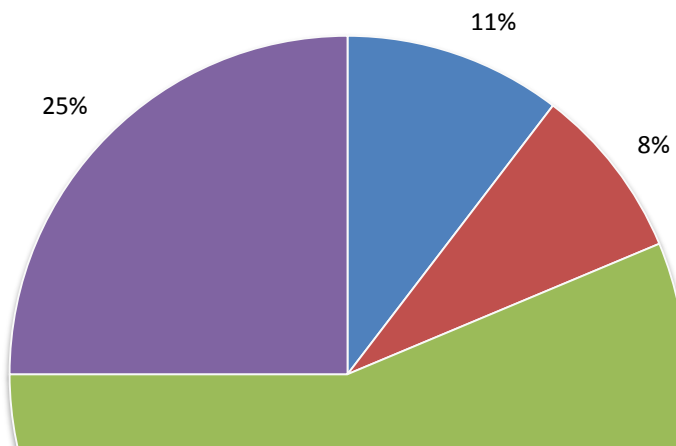
Tyrimo metu nustatyta, kad 96% respondentų naudojasi elektroninėmis krovinų ir transporto biržomis. Todėl buvo siekiama išsiaiškinti, kokios jų Lietuvos logistikos įmonėse populiariausios. Iš apklausos rezultatų nustatyta, kad 50 % apklaustųjų įmonių naudoja Cargo.lt elektroninę transporto biržą, 30% – TimoCom, ir 20 % atakiusiųjų naudoja kitas transporto biržas. Iš atsakiusiųjų, kad naudoja kitas krovinų ir transporto biržas net 18 % naudoja elektroninę biržą Trans.eu.

Tyrimo metu buvo siekiama išsiaiškinti, kokios priežastys nulemia elektroninės biržos pasirinkimą:

- Svarbios informacijos teikimas (35%);
- Lengvas naudojimasis elektroninėmis biržomis (25 %);
- Elektroninės biržos patikimumas (24%);
- Elektroninės biržos kaina (13 %);
- Kiti kriterijai tokie kaip krovinų srautai ir kryptys bei krovinų skaičius biržoje (3 %).

Analizuojant elektronines krovinų ir transporto biržas labai svarbu žinoti kaip dažnai įmonės jomis naudojasi (2 pav).

Elektroninių transporto biržų naudojimo

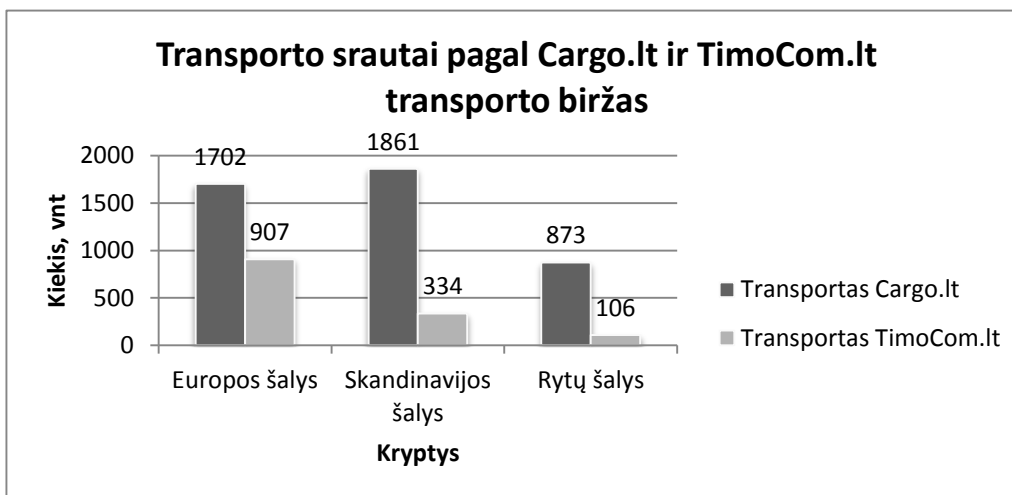


2 pav. Elektroninių transporto biržų naudojimo dažnumas

Šaltinis: sudaryta autorių

56 % respondentų atsakė, kad elektroninėmis transporto biržomis naudojasi 5-6 kartus per dieną, 11 % atsakiusiųjų biržas naudoja 1-2 kartus per dieną, 8 % biržas naudoja 3-4 kartus per dieną, ir 25% respondentai atsakė naudojantys pagal poreikį, iš jų 19 % elektronines transporto biržas naudoja visą darbo dieną.

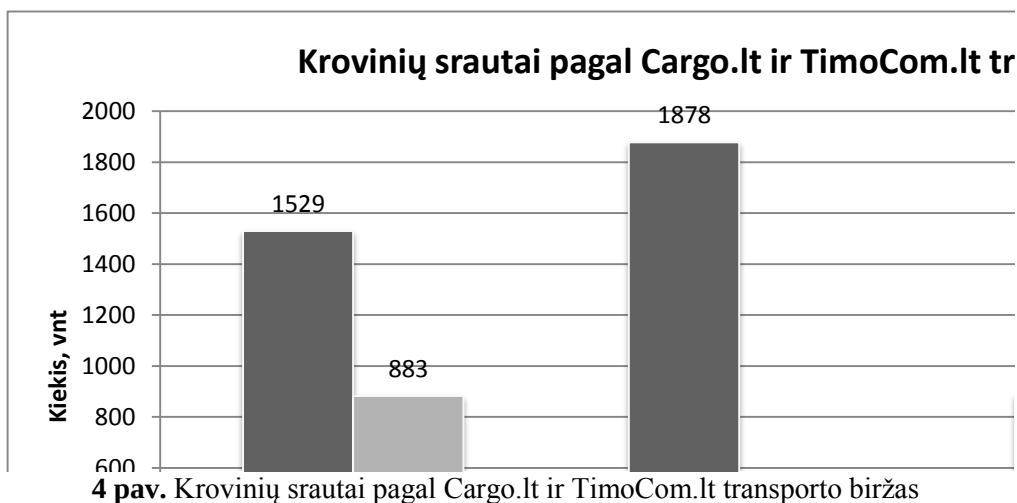
Išsiaiškinus ar elektroninės krovinių ir transporto biržos naudojamos įmonėse, kokios jos yra naudojamos, pagal kokius kriterijus renkamasi transporto biržą bei kokių dažnumų įmonės naudojasi biržomis, svarbu išsiaiškinti, ar elektroninės krovinių ir transporto biržos yra naudingos transporto įmonėms. 98 % respondentų atsakė, kad elektroninės biržos yra naudingos jų įmonei ir tik 2 % apklaustųjų atsakė, kad elektroninės transporto biržos nėra naudingos. Išanalizavus apklausos duomenis nustatyta, kad labiausiai elektroninėmis transporto biržomis naudojasi įmonės atliekančios pervežimus tarptautiniais maršrutais. Atliekant šiuos pervežimus, svarbiu veiksmu tampa aktualios informacijos radimas apie krovinius ir transporto priemones. Siekiant ištirti, populiarių Lietuvoje elektroninių krovinių ir transporto biržų srautus Europos, Skandinavijos ir Rytų šalyse, atlikta lyginamoji transporto ir krovinių srautų analizė (3-4 pav.).



3 pav. Transporto srautai pagal Cargo.lt ir TimoCom.lt transporto biržas

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 3 pav., matyti, kad Cargo.lt elektroninė transporto birža siūlo daugiau transporto pasirinktomis kryptimis nei TimoCom.lt. Bendras transporto pasiūlymų kiekis 5783 transporto priemonės per 1 mėnesio stebėjimo laikotarpį. Transporto pasiūlymų kiekis elektroninėje biržoje Cargo.lt sudaro 76,7 % siūlomo transporto.



Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 4 pav., aiškiai matyti, kad Cargo.lt elektroninė transporto birža siūlo daugiau krovinių pasirinktomis kryptimis nei TimoCom.lt. Bendras krovinių pasiūlymų kiekis 5556 kroviniai per stebėjimo laikotarpį. Krovinių pasiūlymų kiekis elektroninėje biržoje Cargo.lt sudaro 77,3% siūlomų krovinių. Cargo.lt krovinių kiekis didesnis nei TimoCom.lt net 3,5 karto.

Tyrimo metu respondentai buvo paprašyti įvardinti elektroninių krovinių ir transporto biržų privalumus ir trūkumus:

1. **Privalumai:** Labai daug naudingos informacijos apie krovinius, įmones, vežėjus, transporto rinką; patogiausia ir greičiausia priemonė rasti naujus verslo partnerius; lengva naudotis, galima lengvai rasti krovinius ir transportą bei šią informaciją patalpinti į biržą; vežėjų patikimumo patikrinimas; didelė krovinių bei transporto įvairovė; palengvina darbą vadybininkams bei jį pagreitina ir pan.

2. **Trūkumai:** Dažnai pasitaiko klaidingos ir nepatikimos informacijos, trūksta patikimumo; daug nepatikimų įmonių, didelė rizika; daug reklamos; sudaro didesnę konkurenciją tarp vežėjų; daug pasenusių skelbimų, kurie labai klaidina, o informacija ne visada atnaujinama laiku; pačios biržos kaina ne visada atitinka jos kokybę; didelis naudotojų kiekis ir krovinių poreikis skatina klientams mažinti pervežimo kainą, nuo ko kenčia įmonės finansai.

Lietuvos transporto įmonės naudojamasi elektroninėmis krovinių ir transporto biržomis per pastaruosius penkerius metus padidino 35%. Daugiausiai Lietuvos logistikos įmonės naudoja Cargo.lt elektronine transporto biržą.

Išvados

1. Biržų naudojimas palengvino vadybininkų darbą, kadangi užsakymo sudarymas ir apsikeitimas duomenimis tapo daug greitesnis ir paprastesnis, o krovinių ir laisvų transporto priemonių radimas – lengvesnis, be to mažesnės įmonės gali lengviau įsiliesti į rinką ir greičiau susirasti partnerių ilgalaikiam bendradarbiavimui.

2. Išanalizavus apklausos duomenis matyti, kad labiausiai elektroninėmis transporto biržomis naudojasi įmonės atliekančios pervežimus tarptautiniais maršrutais. Dažniausiai įmonės naudoja Cargo.lt elektroninę transporto biržą. Transporto įmonių vadybininkai rinkdamiesi kokią transporto biržą naudoti pirmiausia atsižvelgia į jos teikiamos informacijos kiekį, taip pat transporto įmonės biržomis naudojasi ne rečiau kaip 5-6 kartus dienoje, ir net 98% respondentų teigia, kad elektroninės transporto biržos jų įmonei yra naudingos.

3. Atlikus tyrimą nustatyta, kad Cargo.lt elektroninė birža siūlo 3,5 karto daugiau krovinių iš Lietuvos į Europos, Skandinavijos ir Rytų šalis, nei TimoCom.lt. Tačiau TimoCom.lt biržos krovinių ir transporto kiekis per dieną yra didesnis.

Literatūra

1. BATARLIENĖ, N. *Informacinės transporto sistemos*. Vilnius: Technika, 2011.
2. JARAŠIŪNIENĖ, A. *Intelektualiosios transporto sistemos*. Vilnius, Technika, 2008.
3. KERŠYS, A. *Darni transporto plėtra*. Kaunas, Lietuvos edukologijos universiteto leidykla, 2013.
4. Liebuviene, J., Šileikienė, A. *Intelektinių transporto sistemų taikymas versle ir mokymo (-si) procese*. Aukštųjų mokyklų vaidmuo visuomenėje: iššūkiai, tendencijos ir perspektyvos, 2016,1 (5) mokslo darbai 127-134 psl. Alytus, 2016.

5. Pašala D.(2016). Viskas apie tai kaip saugiai naudotis transporto biržomis. [interaktyvus] Klaipėda [žiūrėta 2017 sausio mėn., 03 d.] Prieiga per internetą: <http://straipsniu-katalogas.info/tag/transporto-birza/page/2/>
6. Internetinė krovinių birža [interaktyvus] Klaipėda [žiūrėta 2017 sausio mėn., 09 d.] Prieiga per internetą: <http://www.timocom.lt/?lexicon=1302121054214613%7CInternetin%C4%97%20krovini%C5%B3%20bir%C5%BEa%20%7CTransporto%20%C5%BEdynas>
7. Internetinė krovinių birža [interaktyvus] Klaipėda [žiūrėta 2017 sausio mėn., 07 d.] Prieiga per internetą: <http://www.trans.eu/lt/>
8. Internetinė krovinių birža [interaktyvus] Klaipėda [žiūrėta 2017 vasario mėn., 11 d.] Prieiga per internetą: http://www.cargo.lt/asp/index_guest.asp

INVESTIGATION OF ELECTRONIC FREIGHT EXCHANGE USING IN LITHUANIAN LOGISTICS SECTOR

Summary

E-freight and transport exchange is the hour open transport and freight shop. Use of electronic transport exchanges is convenient to exchange information about available freight and free transport, and appropriate transport solutions are found quickly and easily. Through these exchanges transportation of cargo becomes easier, reduces transportation costs and an increase in new orders. The system is accessible via the Internet from anywhere in the world, so they do not need to be installed on each workplace computer. It also allows you to track exchange of cargo around the world, comparing alternative options for logistics and customer service individually. In this article will be presented results of investigation on the electronic exchange in Lithuanian logistics sector. Which of them are the most popular and are often used.

Key words. Electronic Exchange, freight traffic, transport flows.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Liebuviene

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Transporto inžinerijos katedros lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Darnus transportas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 612 54735, j.liebuviene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alvieta Šileikienė

Mokslo laipsnis ir vardas: asistentė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Transporto inžinerijos katedros asistentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Darnus transportas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 683 17810, a.sileikiene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: 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: Jūratė Liebuviene

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: 8 612 54735, j.liebuviene@kvk.lt

Author name, surname: Alvieta Šileikienė

Science degree and name: assistant

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Transport engineering department assistant.

Author's research interests: Sustainable transport

Telephone and e-mail address: 8 683 17810, a.sileikiene@kvk.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

TRANSPORTO PRIEMONIŲ SRAUTO TYRIMAS M.K.ČIURLIONIO TILTU RYTINĖS AUTOMOBILIŲ SPŪSTIES METU

Arturas Gavėnas
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Straipsnyje pateikiama transporto priemonių srauto M.K. Čiurlionio tiltu analizė. Pravažiavusių tiltą įvairių rūšių transporto priemonių skaičius ir lengvųjų automobilių salone esančių keleivių skaičius fiksuojamas rytinės spūsties metu. Skaičiuojamos tiltą pravažiuojančios įvairių rūšių transporto priemonės visomis šešiomis tilto juostomis. Gauti realūs transporto srauto duomenys palyginami su projektiniu tilto pralaidumu, nustatomas vidutinis lengvojo automobilio salono užpildymo rodiklis. Įvertinus tyrimo metu gautus lengvųjų automobilių salono užimtumo duomenis modeliuojami pasiūlymai lengvųjų automobilių skleidžiamai taršai mažinti.

Reikšminiai žodžiai: tarša, salono užimtumas, atsakomybė.

Įvadas

Antrasis termodinamikos dėsnis draudžia pagaminti įrenginį, kuris veikdamas (atlikdamas darbą) nešildytų aplinkos. Tai reiškia, kad bet kuris vidaus degimo variklis, naudojamas automobiliuose, veikdamas šildo aplinką. Kiti gamtos dėsniai leidžia suprasti, kad automobilių varikliuose deginamas kuras, naudojama alyva, aušinimo ir kiti skysčiai be pėdsako nedingsta. Į aplinką per išmetimo vamzdį pašalinamos degimo liekanos sudaro apie 65% visų automobilių išmetamų teršalų. 20% visų teršalų sudaro karterio dujos, 15% - dujos, išgaravusios iš karbiuratorių, degalų bakų, maitinimo sistemų ir kitų elementų (Štreimikienė, 2001).

Nustatyta, kad pasaulyje kiekvienas lengvasis automobilis kasmet sunaudoja apie 4 tonas atmosferos deguonies (O_2) ir išmeta su deginiais į aplinką apie 800 kg anglies monoksido (CO), 40 kg azoto įvairiuose junginiuose, ir 200 kg įvairių angliavandenilių (CH) bei kitų junginių (Baltrėnas ir kt., 2012:10)

Orą taip pat teršia ir kietosios dalelės, susidarantys dylant automobilių padangoms, asbesto dulkės, kadmio (Cd), kurie pasklinda aplinkoje dylant stabdžių kaladėlių ir sankabos frikcinei medžiagai, bei kitų medžiagų dulkės, atsirandančios trinties metu įvairiuose automobilio mazguose. Automobiliai sąlygoja ir antrinį užterštumą - sukelti sūkuriškai pakelia dulkes nuo kelio dangos. Oro užterštumas kietosiomis dalelėmis – viena opiausių problemų (vilniusforum...2017)

Degant automobilių degalams, į aplinką patenka 80% CO, 15% CH, 5% azoto oksido (NO_2), nedideli švino (Pb), benzapireno ir kitų nuodingųjų medžiagų kiekiai (Baltrėnas ir kt., 2012:12).

Automobilių transportas yra vienas iš pagrindinių žmogaus ūkinės veiklos sukeltų taršos šaltinių Lietuvoje. Jis išmeta į aplinką per 50% visų teršalų, apie 200 cheminių junginių, kurių dauguma yra pavojingi žmogui. Jam tenka 75% visų antropogeninės kilmės CO emisijų, ir 52% tik žmogaus veiklos sukeltos NO_2 taršos (Baltrėnas ir kt., 2012:11,12). Didžiausiuose miestuose autotransporto taršos dalis gali viršyti net 70% visų teršalų (dspace... 2017).

Vidutinio galingumo automobilis, per metus nuvažiuodamas 10 tūkst. kilometrų, išmeta apie 10 tonų dujų mišinio. Žalingų medžiagų kiekis ir jų toksiskumas priklauso nuo automobilio variklio techninės būklės, darbo režimo, degalų rūšies, kelio važiuojamosios dalies dangos. Daugiausiai oras teršiamas pradedant važiuoti, stabdant, važiuojant miesto režimu. Didžiausi taršos šaltiniai susidaro miestuose prie sankryžų ir automobilių kamščiuose.

Sparčiai augant automobilių skaičiui susidarė grėsminga situacija: sprendžiant automobilių spūsčių, o kartu ir taršos problemą miestuose gatvių platinimu, parkavimui skirto ploto didinimu, eismo reguliavimu labai sunku pagerinti esamą padėtį. Los Andžele automobilių gatvėmis ir parkavimo aikštelėmis jau užimta 60 proc. teritorijos, o transporto kamščių problema taip ir neišsprendžiama. Čia ir kituose JAV didmiesčiuose plėtojamas viešasis transportas. Olandai jau nebestato naujų magistralių, nes suprato, kad visų automobilių reikmių patenkinti neįmanoma. Lieka vienintelė racionali išeitis – apriboti važiavimą automobiliu.

Straipsnio tikslas – pateikti tyrimo metu gautą informaciją, būtiną generuojant pasiūlymus automobilių sukeliama taršai mažinti. Tikslui pasiekti keliama uždaviniai:

1. Atlikti transporto priemonių srauto M.K. Čiurlionio tiltu Kauno mieste analizę.
2. Palyginti realų tilto pralaidumą su projektiniu pralaidumu taršos aspektu.
3. Įvertinti tyrimo metu gautus lengvųjų automobilių salono užimtumo duomenis.

Metodai: tyrimo metu gautų duomenų analizė, mokslinės literatūros ir interneto šaltinių analizė.

Tyrimo tikslas – pagrįsti teorinę prielaidą, kad didžiausią miesto transporto priemonių dalį sudaro pustuščiai lengvieji automobiliai.

Tyrimo idėja, objektas, eiga

Fizikos kurso metu be kitų temų buvo nagrinėjami termodinamikos dėsniai ir šiluminių variklių neišvengiama žala aplinkai. Buvo iškeltas klausimas, kaip galima būtų statistiniam vairuotojui įgyvendinant kasdienes priemones šiek tiek padidinti vidaus degimo variklio, naudojamo jo eksploatuojamame automobilyje, naudingumo koeficiento vertę. Buvo pateikta keliolika pasiūlymų: pradedant nuo ekonomišką vairavimo būdo, tinkamo slėgio padangose palaikymo, uždarytų langų, reguliarios automobilio techninės priežiūros iki nereikalingų masyvių daiktų skaičiaus mažinimo bei prabangos įrangos naudojimo ribojimo. Išskirta viena pasiūlymų grupė, susijusi su kiekvieno vairuotojo sąmoningumu ir atsakomybe prieš aplinką: pasiūlyta naudoti automobilį atsakingai, kad jo skleidžiama tarša būtų kuo mažesnė. Tai reikštų, kad kiekvienas atsakingas vairuotojas turėtų suvokti, kad jo automobilis yra susiekimo priemonė tikslu patekti iš taško A į tašką B. Tai padaryti galima važiuojant vienu keliu „laivu“, kurio variklio darbinis tūris 3 – 5 litrai, vykstant bent jau ne vienu statistiniu automobiliu, varomu 2 litrų variklio arba važiuojant visuomeniniu transportu. Šia linkme svarstant, darėme prielaidą, kad didžiąją dalį miesto transporto sudaro pustuščiai lengvieji automobiliai. Todėl šios situacijos pagerinimas būtų ryškus postūmis taršos mažinimo linkme.

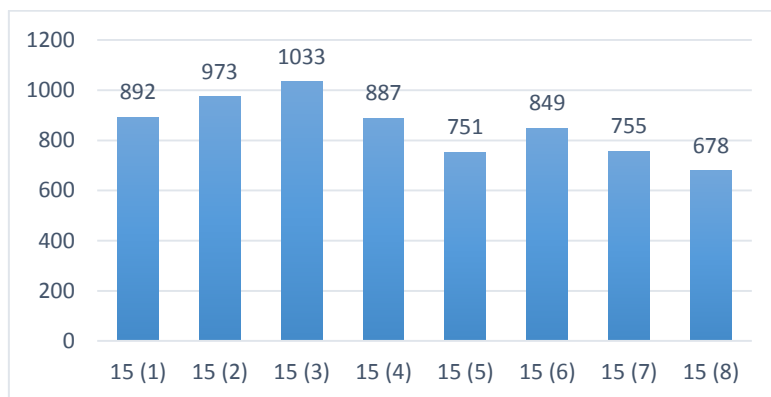
M.K. Čiurlionio tiltas per Nemuną pradėtas eksploatuoti 2002 metų pabaigoje sujungė miesto centrą su Aleksoto ir Fredos rajonais. Šešių eismo juostų tilto ilgis - 475 metrų, plotas - 29,4 metrų. Tai plačiausias tiltas Lietuvoje. Projektinis tilto pralaidumas - iki 7 tūkst. automobilių per valandą (Kauno... 2017).

Prieš atliekant tyrimą buvo pastebėta, kad darbo dienomis rytais maždaug nuo 7 val. 15 min. susidaro tiltą pravažiuojančių autotransporto priemonių, vykstančių į miesto centrą, sangrūda. Srautas sumažėdavo po 1,5 - 2 valandų. Būtent laikotarpis nuo 7 val. 15 min. iki 9 val. 15 min. ir buvo pasirinktas kaip tinkamiausias tyrimui atlikti. Tyrimas buvo vykdomas 2016 lapkričio 24 d.

Tyrimo metu buvo skaičiuojamas per tiltą važiujančių į miesto centrą ir iš jo automobilių skaičius. Kiekvienai eismo juostai buvo priskirtas stebėtojas. Šeši stebėtojai vienu metu iš anksto paruoštoje matricoje sutartiniais ženklais žymėdavo kiek ir kokių transporto priemonių pravažiudavo tiriamąją eismo juosta. Be to, buvo fiksuojamas ir kiekvieno lengvojo automobilio salone esančių keleivių skaičius. Kad duomenys geriau atspindėtų tiriamųjų parametrų dinamiką, visa tyrimo trukmė buvo suskirstyta 15 min. intervalais. Gauti duomenys susisteminti, atlikta jų analizė.

Rezultatai

Visų autotransporto priemonių, pravažiavusių tiltą tyrimo metu, skaičiaus dinamika (1 pav.) rodo, kad daugiausiai automobilių (1033) pravažiavo tiltą nuo 7 val. 45 min. iki 7 val. 00 min.

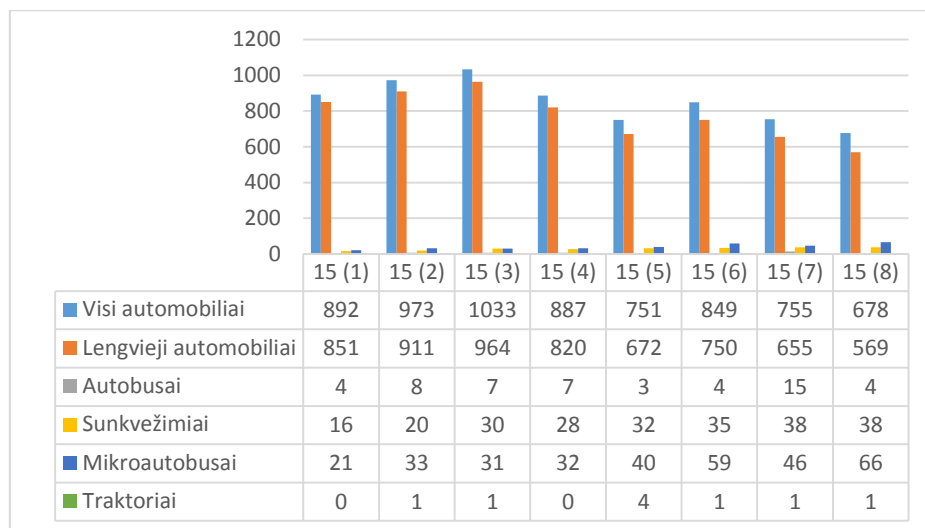


1 pav. Visų autotransporto priemonių, pravažiavusių tiltą tyrimo metu, skaičiaus dinamika 15 minučių intervalais

Šaltinis: tyrimo duomenys

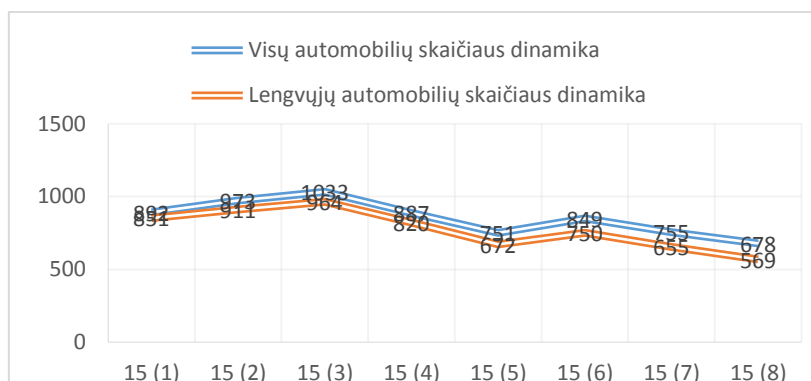
Per 2 val. tyrimo metu tiltu pravažiavo 6818 transporto priemonių. Vidutinis tilto pralaidumas tyrimo metu – 3409 automobilių per valandą. Nuo 7 val. 45 min. iki 7 val. 00 min. momentinis tilto pralaidumo rodiklis buvo pasiekęs 4132 automobilių per valandą ribą, bet ir šis rodiklis nesiekia 7000 automobilių per valandą projektinės tilto pralaidumo ribos. Įvertinus tai, kad spūsties piko metu automobilių, vykstančių į miesto centrą, eilė antra ir trečia eismo juostomis driekėsi daugiau nei per pusę tilto, galima teigti, kad tilto prieigų pralaidumas yra ženkliai mažesnis nei paties tilto. Tai reiškia, kad didėjant automobilių srautui ir esant tai pačiai tilto prieigų struktūrai, kamščiai ant tilto tik didės. Tuo pačiu didės ir tarša šioje zonoje.

Suskaiciavę skirtingas tiltu pravažiavusias įvairių rūšių autotransporto priemones sraute matome, kad kiekviename intervale dominuoja lengvieji automobiliai (2 pav.).



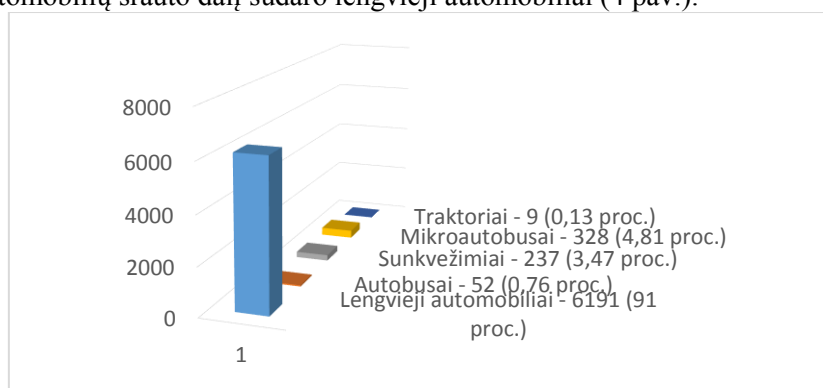
2 pav. Skirtingų rūšių autotransporto priemonių, pravažiavusių tiltą tyrimo metu, skaičiaus dinamika 15 minučių intervalais
Šaltinis: tyrimo duomenys

Visų automobilių ir lengvųjų automobilių skaičiaus skirtumas tyrimo pradžioje yra pats mažiausias (41) ir tyrimo eigoje jis nuosekliai didėja iki 109 (3 pav.).



3 pav. Visų rūšių autotransporto priemonių ir lengvųjų automobilių skaičiaus koreliacija
Šaltinis: tyrimo duomenys

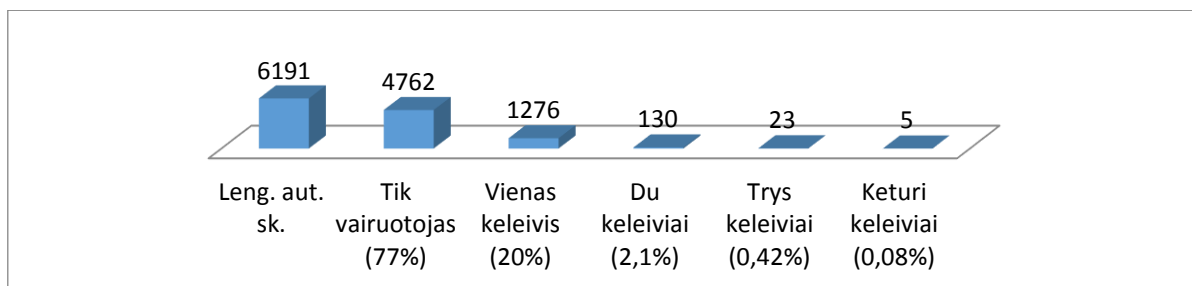
91% viso automobilių srauto dalį sudaro lengvieji automobiliai (4 pav.).



4 pav. Įvairių rūšių automobilių, pravažiavusių per tiltą tyrimo metu, skaičius ir procentinė dalis
Šaltinis: tyrimo duomenys

Akivaizdu, kad didžiausią, visų automobilių, pravažiavusių tiltą tyrimo metu taršos dalį sudarys lengvųjų automobilių sukeliama tarša. Kadangi tyrimo imtis – 6818 automobilių – yra pakankamai solidi, tikėtina, kad statistinė lengvųjų automobilių skaičiaus dalis visame miesto transporto sraute yra panaši.

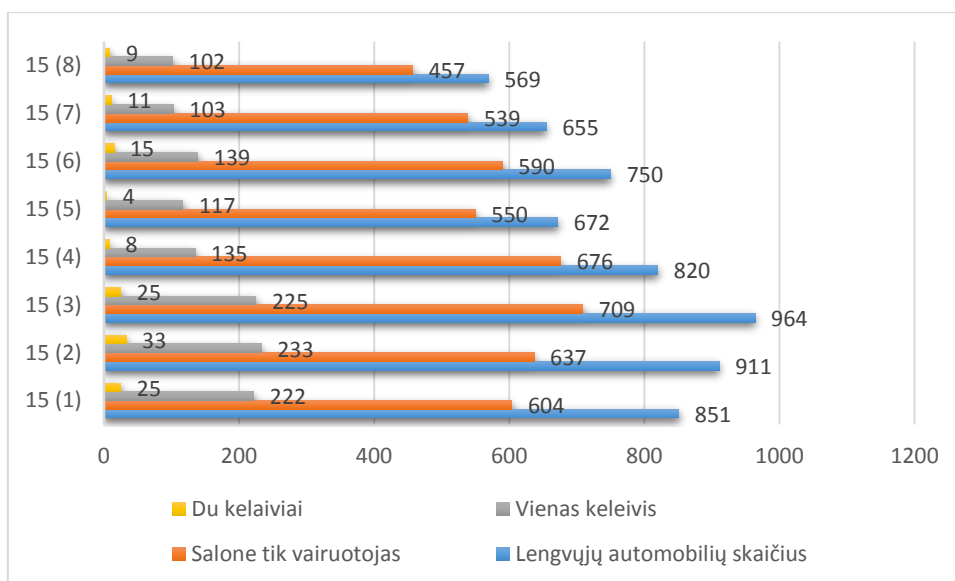
Tyrimo metu gauti duomenys su kaupu patvirtino išankstinį spėjimą, kad lengvieji automobiliai mieste važinėja pustuščiais. 4762 lengvųjų automobilių iš 6191 salone buvo tik vairuotojas. Salono užimtumo rodikliai pateikti 5 pav.



5 pav. Lengvųjų automobilių, pravažiavusių per tiltą tyrimo metu, salono užimtumas

Šaltinis: tyrimo duomenys

Lengvųjų automobilių, kurių salonuose buvo užfiksuota po tris ir keturis keleivius, skaičius tesudaro 0,5% visų lengvųjų automobilių. Lengvųjų automobilių salono užimtumo dinamikos rodikliai pateikti 6 pav. Matyti, kad įvairias tyrimo intervalais automobilių su skirtingu salono užimtumu santykis išlieka beveik toks pat.

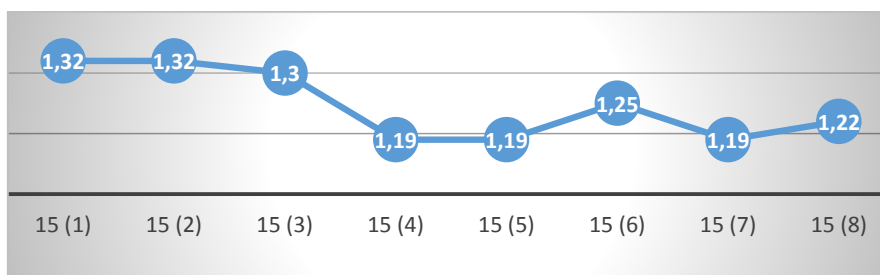


6 pav. Lengvųjų automobilių, pravažiavusių per tiltą tyrimo metu, salono užimtumo dinamika 15 min. intervalais

Šaltinis: tyrimo duomenys

Apskaičiuota, kad vidutiniškai uostamiestyje lengvuoju automobiliu važiuoja 1,5 keleivio, o autobusu per piką – iki šimto žmonių. Vienam autobuso keleiviui tarša yra 15 kartų mažesnė, nei automobilio keleiviui (Irt... 2017). Tai reiškia, kad Klaipėdos mieste važinėjančių lengvųjų automobilių salonuose būna vidutiniškai po 2,5 žmogaus.

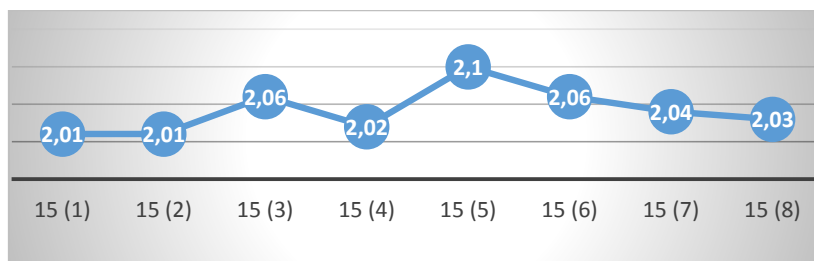
Tyrimo metu gauti duomenys stublina: vidutinis salono užpildymo rodiklis – 1,26 žmogaus. Šio rodiklio kitimą atspindi 7 pav. pateikta kreivė. Kitimo intervalas labai nedidelis – nuo 1,32 iki 1,19. Didžiausias salono užimtumo rodiklis fiksuotas pirmąjį tyrimo pusvalandį, t.y. nuo 7 val. 15 min. iki 7 val. 45 min.



7 pav. Vidutinio lengvųjų automobilių salono užpildymo rodiklio dinamika 15 min. intervalais

Šaltinis: tyrimo duomenys

Jei be keleivių važiuojančių lengvųjų automobilių vairuotojai pajautų didesnę atsakomybę ir susitarę kas antras sėstų į kaimyno ar bendradarbio vairuojamą automobilį, 7 pav. pateikta salono užpildymo rodiklio dinamika ženkliai skirtųsi (8 pav.).



8 pav. Vidutinio lengvųjų automobilių salono užpildymo rodiklio dinamika pusės automobilių be keleivių vairuotojams persėdus į tokio pat tipo automobilį
Šaltinis: tyrimo duomenys

Vidutinis salono užpildymo rodiklis padidėtų iki 2,04 žmogaus, o lengvųjų automobilių skaičius tyrimo apimtyje sumažėtų 2381 automobiliu, t. y. 38,46% nuo visų lengvųjų automobilių skaičiaus arba 34,93% nuo visų automobilių skaičiaus. Tai esmingai įtakotų taršos rodiklius ir sumažintų, o gal net visai panaikintų automobilių spūstis.

Išvados

1. Didžiausias momentinis tyrimo metu fiksuotas tilto pralaidumo rodiklis 4132 automobiliai per valandą neviršija projekcinio tilto pralaidumo – 7000 automobilių per valandą. Tilto prieigų pralaidumas yra ženkliai mažesnis nei paties tilto. Tai ateityje gali sąlygoti dar didesnes spūstis.
2. Lengvieji automobiliai sudaro 91% viso tyrimo metu fiksuoto automobilių srauto. 77% lengvųjų automobilių salonuose nebuvo nei vieno keleivio.
3. Vidutinis lengvųjų automobilių salono užpildymo rodiklis – 1,26 žmogaus.

Literatūra

1. Baltrėnas P., Kazlauskienė A., Mikalajūnė A. Aplinkos apsauga keliuose. 2012, Vilnius. Technika.
2. Štreimikienė D. Ekonominės žalos dėl kuro suvartojimo transporte įvertinimas. 2001. Energetika 2.
3. Prieiga internete: http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/548/1/Aplinkos%20tarsa.%20Rutkoviene,%20Sabiene_1.pdf.
4. Prieiga internete: <http://kauno.diena.lt/dienrastis/miestas/atverti-platus-vartai-i-freda-169481>
5. Prieiga internete: <http://www.lrt.lt/naujienos/lietuvoje/2/25759>
6. Prieiga internete: <http://www.vilniusforum.lt/priezastys-lemiancios-automobiliu-tarsos-susidaryma/>

VEHICLE TRAFFIC STUDY OF THE M.K.ČIURLIONIS BRIDGE DURING THE MORNING RUSH HOURS

Summary

The article provides an analysis of the flow of vehicles. The number of different types of vehicles that passes the bridge and the number of passengers in the motor cars is being counted and fixed during the morning rush hours. All types of vehicles that passes the bridge in all six lanes are included in the count. The real data of the traffic flow is being compared with the design of the bridge capacities and the index of the average number of passengers in the car is being set. When the results of the investigation in regards of the number of passengers in the vehicles are being obtained there are proposals made to reduce the pollution.

Key words: pollution, cabin occupancy, responsibility.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Gavėnas

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: aplinkosauga, gamtos ir visuomenės dėsnių sąsajos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 680 50066, arturas.gavenas@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Arturas Gavėnas

Science degree and name: master

Workplace and position: Kaunas technical college, lecturer of transport and mechanical engineering study programs department.

Author's research interests: environment, natural and social laws interfaces.

Telephone and e-mail address: 8 680 50066, arturas.gavenas@edu.ktk.lt

INTELEKTINIŲ TRANSPORTO SISTEMŲ ĮTAKA KELIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ SRAUTŲ RĖGLIAVIMUI

Andrius Pečiukėnas, Robertas Pečeliūnas, Saulius Nagurnas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

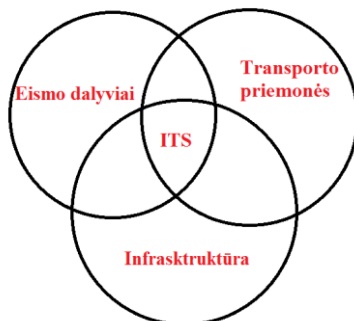
Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama visuomeninė socialinė – ekonominė problema, susijusi su kelių transporto spūstimis. Greitai besivystančios naujos technologijos, žmonių socialinės – ekonominės padėties gerėjimas daro įtaką visuotiniam automobilizacijos lygiui. Siekiant suvaldyti ir racionaliai paskirstyti kelių transporto priemonių judėjimą, srautą buvo pradėtos diegti intelektinės transporto sistemos (ITS). Paprasčiausios ITS padeda išvengti neefektyvaus transporto infrastruktūros panaudojimo – didelės žalos keliams keliančių perkrauto sunkiasvorio transporto srautų, naudotojų nepadengiamų realios infrastruktūros naudojimo sąnaudų bei transporto spūsčių miestuose.

Reikšminiai žodžiai: Intelektinės sistemos, transporto spūstys, kelių eismo srautai.

Įvadas

Didėjantis transporto priemonių skaičius daro neigiamą įtaką kelių transporto sektoriui – spūstys gatvėse, žalingas poveikis aplinkai. Siekiant sumažinti neigiamų reiškinių poveikius plačiai pradėtos taikyti intelektinės (pažangiosios) transporto sistemos. Intelektinės transporto sistemos (*angl. Intelligent transportation systems*) yra bevielio ir laidinio ryšio pagrįstos informacinės, technologinės sistemos (Bureika ir kt. 2015). Intelektuali elektroninė transporto valdymo sistema paprastai būna sudaryta iš tokių pagrindinių dalių: 1) duomenų surinkimo posistemio; 2) duomenų apdorojimo posistemio; 3) duomenų perdavimo posistemio; 4) valdymo posistemio; 5) atskirų hierarchinių lygių tarpusavio sąsajų posistemių (Marma ir kt. 2005). Šios pažangiosios sistemos leidžia perskirstyti transporto priemonių srautus nekeičiant kelių infrastruktūros. Vienas didžiausių šių laikų kelių transporto uždavinių – optimizuoti ir efektyviai paskirstyti transporto srautus. Optimalus sprendimo metodas leistų ne tik sumažinti neigiamus poveikius transporto sektoriui, tačiau ir sumažintų žuvusiųjų keliuose skaičių iki artimesnės Europos Sąjungos siektinos ribos – nulinės ribos.

Kitaip tariant, intelektinės transporto sistemos efektyviai ir veiksmingai veikia, kai apima visus kelių elementus: transporto priemones, eismo dalyvius ir infrastruktūrą (1 pav.). Netenkinant bent vienos iš sąlygų – ITS veikia, tačiau ne taip efektyviai kaip leidžia sistemų galimybės.



1 pav. ITS efektyvumo sąlygos
Šaltinis: sudaryta autorių

Intelektinių transporto priemonių sistemas apibrėžia standartai, kurie priimti po aktyvių diskusijų bei bendradarbiavimo tokių organizacijų kaip Tarptautinė standartų organizacija (International Standards Organisation (ISO)), ir Europos normalizavimo komitetas (Baublys ir kt. 2005).

Literatūros, atliktų tyrimų apžvalga

Transporto sistemų apkrova nuolat didėja. Planuojama, kad iki 2020 m. keleivinio kelių transporto srautas padidės 36 %, o krovininių – 55 %. Vienas iš transporto sektoriaus problemų sprendimo būdų yra ITS. Dažniausiai ITS apibūdinamos ir suprantamos kaip informacinių, automatizuotų ryšio technologijų taikymas transporto srityje (Intelektinių...2011). Miesto kelių transporto didžiausia problema – esamos infrastruktūros neišnaudojimas, transporto priemonių spūstys, ypač piko metu. Siekiama kiek galima jas sumažinti, nes 2007 m. atlikus EK Pasaulinės kelių perkrovos studiją paaiškėjo, kad būtent kelių transportas į aplinką išmeta net 70 % viso ES transporto sektoriaus išmetamo CO₂ kiekio (Sprendimų e-ra, 2011).

Duomenys apie transporto eismą gali būti surenkami 3 pagrindiniais būdais:

1. Natūrinis matavimas – atliekant tokį tyrimą padaroma didelė paklaida, kadangi pasikliaujama žmogiškaisiais ištekliais;

2. Indukcinės kilpos – į kelio dangą įmontuojamos kilpos, kurios reaguoja į metalą ir sukuria elektrovartą. Šis būdas gana tiksliai surenka informaciją apie transporto priemonių srautą, tačiau jo neklasifikuoja;

3. Vaizdo kameros.

Pagrindinę duomenų surinkimo per vaizdo kameras sistemos dalį sudaro vaizdo kameros ir specialios vaizdo signalo apdorojimo ir perdavimo plokštės, kurios yra montuojamos reikiuose kelio ruožuose, sankryžose (Marma ir kt. 2005).

Iškelta idėja suskaidyti sankryžos prieigas į tam tikrus elementus, kuriuose būtų fiksuojamos transporto priemonės su tam tikromis sąlygomis (Piecha ir kt. 2013). Įvestos kraštinės sąlygos – transporto priemonės neviršija leistino maksimalaus greičio tam tikrame kelio ruože, laikoma, kad visos transporto priemonės yra vienos rūšies. Kitaip tariant atliktas neapibrėžtas tyrimas, kuris turi neigiamų aspektų: neišsiaiškinta krovinių ir keleivinio transporto priemonių procentinė dalis, neįvertinti išibėgėjimo ir stabdymo pagreičiai, nepaminima, kokiomis priemonėmis surinkta informacija apie eismo intensyvumą. Nepaisant neigiamų aspektų – šitas metodas iš esmės tinkamas abstrakčiai nustatyti kelių transporto srauto intensyvumą ir jo paskirstymą.

Kitas atliktas tyrimas apie intelektinių transporto sistemų eismo valdymą – dviejų indukcinų kilpų (pjezo jutiklių) lygiagrečius įmontavimas vienoje eismo juostoje (Kotwal ir kt. 2013). Tai yra palyginti pigus informacijos apie eismo intensyvumą, sudėtį gavimo būdas, tačiau jis turi savų pliusų ir minusų. Šis būdas pasižymi kryptingumu – galima nustatyti į kurią pusę transporto priemonė juda. Jeigu transporto priemonė kerta pirmą, o paskui antrą indukcinę kilpą – transporto priemonė juda važiavimo kryptimi, o jeigu atvirkščiai – prieš judėjimo kryptį (žr. 1 lentelę). Tačiau šis tyrimas turi tokius pačius neigiamus aspektus kaip ir (Piecha ir kt. 2013 m.) atliktas tyrimas. Iš esmės galima abstrakčiai apibrėžti eismo sudėtį pagal atstumą tarp pjezo elemento ir nagrinėjamo objekto. Tačiau vis tiek yra didelė tikimybė, kad sistema atpažins neteisingai transporto priemonę ir priskirs prie kitos kategorijos turinčią transporto priemonę.

Vaizdo kamerų pritaikymas transporto priemonių aptikimui yra vienas geriausių būdų iš intelektinių transporto sistemų. Vaizdo kamerų sistema pakeičia anksčiau naudotus pjezo elementus aptinkant transporto priemones. Ši sistema pasižymi didesniu patikimumu, tiksliau surenka duomenis apie eismo sudėtį, o taip pat elektros energija gali būti gaunama panaudojant saulės kolektorius (Qureshi ir kt. 2013). Tačiau svarbus sistemos pasirinkimo faktorius išlieka pasirinktos įrangos kaina. Vaizdo kamerų sistema yra brangi palyginus su indukcinėmis kilpomis, tačiau ji yra efektyvesnė.

ITS pritaikymas ne tik padeda efektyviai išnaudoti esamą infrastruktūrą, padidina kelių transporto priemonių pralaidumą, tačiau padeda sumažinti aplinkos taršą. Įrengiant ITS, potencialus CO₂ sumažėjimas pastebėtas jau seniai, kai dar ITS vadinosi IVHS (U.S. department...2010). Visų pirma sumažinamas kelionės laikas tiek miesto teritorijose, tiek užmiestyje. Pritaikius atitinkamas ITS prioritetines sistemas viešojo transporto sektoriuje, jis tampa patrauklesnis naudotojui ir tai padeda sumažinti naudojamų automobilių skaičių mieste. Įdiegus atitinkamas eismo valdymo ir informavimo sistemas, galima pasiekti mažesnius aplinkos teršalų rodiklius. (U.S. department...2010). Intensyviai greitėjančios arba letėjančios transporto priemonės sunaudoja papildomos energijos, kuri gaunama degalų degimo proceso metu.

Darbo tikslas – apžvelgus intelektinių transporto sistemų prioritetinius projektus, suderinti esamą Vilniaus eismo sistemos infrastruktūrą su viešojo transporto prioritetine sistema ir atlikti pasirinkto sankryžų mazgo/tinklo modeliavimą su prioritetine sistema ir be jos bei palyginti gautus rezultatus.

Kompiuterinis modeliavimas

Prieš pradėdant rangos darbus, tam tikro projekto įgyvendinimą yra parengiama techninė dokumentacija ir dažniausiai atliekamas kompiuterinis modeliavimas. Baigiamajame darbe nagrinėjamoji prioritetinė viešojo transporto sistema pirmiausia bus sumodeliuota programine įranga. Pirmiausia iškeliamos hipotezės, pagal kurias bus atrenkamas modeliavimui tinkamas Vilniaus miesto gatvės ruožas:

1. Pagrindinėje gatvėje turi būti įrengtos „A“ juostos;
2. „A“ juostoje turi vykti greitųjų autobusų eismas;
3. Pagrindinės ir šalutinės sankryžos gatvės intensyvumas turi ženkliai skirtis.

Pasirinktas ruožas privalo tenkinti iškeltas sąlygas, kitaip viešojo transporto prioritetinė sistema veiks neefektyviai. „A“ juostos įrengiamos tam, kad atskiriant viešojo transporto srautą nuo bendro, būtų galima patogiau ir efektyviau planuoti, koordinuoti ir valdyti viešojo transporto srautą. Greitųjų autobusų koncepcija sukurta siekiant kuo daugiau sutrumpinti kelionės laiką, kad paslaugos taptų kuo patrauklesnės vartotojui. Todėl tyrimas ir yra būtent orientuotas į greituosius autobusus. Nepaisant viso to, viena pagrindinių sąlygų – pagrindinės ir šalutinės gatvių eismo srautų skirtumas. Vilniaus miesto Švitrigailos gatvėje yra 3 sankryžų tinklas (tinklo ilgis – 1 km), kuris puikiai atitinka anksčiau minėtas sąlygas:

1. Švitrigailos g. – A. Vivulskio g. sankirta (K111);
2. Švitrigailos g. – T. Ševčenkos g. sankirta (K112);
3. Švitrigailos g. – Naugarduko g. sankirta (K113).

Programinė įranga

Eismo srautų modeliavimui naudojami penki pagrindiniai programinės įrangos paketai. Tačiau visi skiriasi aprašytais matematinėmis lygtimis, pagal kurias atitinkamos programos skaičiuoja kelionės trukmę, sustojimų skaičių ir kt.

Software	Model	Formulation
CORSIM	Pitt Model	$u_n(t + \Delta t) = \min \left\{ 3.6 \cdot \left[\frac{s_n(t) - s_j}{c_3} - b(u_n(t) - u_{n-1}(t))^2 \right], u_f \right\}$
VISSIM	Wiedemann 74	$u_n(t + \Delta t) = \min \left\{ 3.6 \cdot \left(\frac{s_n(t) - s_j}{BX} \right)^2, 3.6 \cdot \left(\frac{s_n(t) - s_j}{BX \cdot EX} \right)^2, u_f \right\}$
	Wiedemann 99	$u_n(t + \Delta t) = \min \left\{ u_n(t) + 3.6 \cdot \left(CCS + \frac{CCS - CC9}{80} u_n(t) \right) \Delta t, 3.6 \cdot \frac{s_n(t) - CC0 - L_{n-1}}{u_n(t)}, u_f \right\}$
Paramics	Fritzsche	$u_n(t + \Delta t) = \min \left\{ 3.6 \cdot \left(\frac{AD - A_0}{T_D} \right), 3.6 \cdot \left(\frac{AR - A_0}{T_r} \right), u_f \right\}$
AIMSUN2	Gipps	$u_n(t + T) = \min \left\{ u_n(t) + 3.6 \left[2.5a_{\max} T \left(1 - \frac{u_n(t)}{u_f} \right) \sqrt{0.025 + \frac{u_n(t)}{u_f}} \right], 3.6 \left[-bT + \sqrt{b^2 T^2 + b \left(2[s_n(t) - L_{n-1}] - \frac{u_n(t)}{3.6} T + \frac{u_{n-1}(t)^2}{3.6^2 \times b'} \right)} \right] \right\}$
INTEGRATION	Van Aerde	$u_n(t + \Delta t) = \min \left\{ u_n(t) + 3.6 \cdot \frac{F_n(t) - R_n(t)}{m} \Delta t, \frac{-c'_1 + c_3 u_f + \tilde{s}_n(t) - \sqrt{[c'_1 - c_3 u_f - \tilde{s}_n(t)]^2 - 4c_3 [\tilde{s}_n(t) u_f - c'_1 u_f - c_2]}}{2c_3} \right\}$ Where: $\tilde{s}_n(t) = s_n(t) + [u_{n-1}(t + \Delta t) - u_n(t)] \Delta t + 0.5 a_{n-1}(t + \Delta t) \Delta t^2$

2 pav. Programinės įrangos paketai ir jas aprašančios formulės

Šaltinis: Gao Y. 2008. Calibration and comparison of the VISSIM and Integration microscopic traffic simulation models. 13 p.

Atsižvelgiant į programų prieinamumą, tęstinumą ir paplitimą pagal naudojimą, tyrime bus naudojamas PTV VISSIM programinės įrangos paketas.

Eksperimentinė aplinka

Pirmiausia reikia ištirti pasirinktą ruožą ir surinkti informaciją apie: sankryžų šviesoforų signalų trukmes, atstumus tarp sankryžų bei surinkti informaciją apie eismo srauto intensyvumą ir kt. reikalingus duomenis.

Iš savivaldybės įmonės „Susisiekimo paslaugos“ buvo gautas eismo srauto skaičius kiekvienoje sankryžoje visomis kryptimis. Modeliavimo metu naudojami 07:59–08:59 ir 15:59–16:59 valandomis gauti duomenys apie srauto intensyvumą. „Susisiekimo paslaugos“ pateikė duomenis skirtingų dienų. Iš 1 lentelės matyti, kad šalutinėse gatvėse (2 ir 3) srautas skiriasi, t.y. 2016 m. lapkričio 20 d. jis buvo didesnis negu 2016 m. spalio 20 d.

1 lentelė

Srauto intensyvumas sankryžose

Data		Pagrindinės gatvės srautas		Šalutinės gatvės srautas		Šalutinės gatvės srautas		Pagrindinės gatvės srautas	
		1		2		3		4	
		07:59–08:59	15:59–16:59	07:59–08:59	15:59–16:59	07:59–08:59	15:59–16:59	07:59–08:59	15:59–16:59
	2016-10-20	669	784	148	176	135	178	913	930

Data		Pagrindinės gatvės srautas 1		Šalutinės gatvės srautas 2		Šalutinės gatvės srautas 3		Pagrindinės gatvės srautas 4	
		07:59– 08:59	15:59– 16:59	07:59– 08:59	15:59– 16:59	07:59– 08:59	15:59– 16:59	07:59– 08:59	15:59– 16:59
K111 sankryža	2016-11-20	554	580	171	194	154	184	738	794
K112 sankryža	2016-10-20	594	650	175	226	184	244	928	1058
	2016-11-20	620	622	192	319	209	269	821	858
K113 sankryža	2016-10-20	511	796	525	464	430	316	908	907
	2016-11-20	507	645	457	473	394	430	681	520

Šaltinis: sudaryta autorių

PTV VISSIM simuliacija

Įvedus visus reikalingus duomenis (neįvertinus viešojo transporto srauto ir neįvedus prioritetinės viešojo transporto sistemos) į PTV VISSIM mikroskopinę programą gaunami rezultatai pateikiami 2 ir 3 lentelėse. Lentelių grafų reikšmės: 1 – simuliacijos trukmė, s; 2 – vidutinis sustojimų skaičius tenkantis vienam automobiliui; 3 – vidutinis greitis, km/h; 4 – vieno automobilio vidutinė sustojimo trukmė, s; 5 – autobuso kelionės trukmė kertant tris sankryžas, s; 6 – bendras sustojimų skaičius.

2 lentelė

Rytinio piko simuliacijos rezultatai

	1	2	3	4	5	6
2016 m. spalio 20 d.	3600	3,6	15,3	87,3	127	1676
2016 m. lapkričio 20 d.	3600	3,9	14,9	101,0	128	1698

Šaltinis: sudaryta autorių

3 lentelė

Vakarinio piko simuliacijos rezultatai

	1	2	3	4	5	6
2016 m. spalio 20 d.	3600	5,3	13,3	112,3	130	1785
2016 m. lapkričio 20 d.	3600	4,4	14,0	108,0	129	1714

Šaltinis: sudaryta autorių

Prie atliktų simuliacijų pridedami greitojo autobuso duomenys. Švitrigailos gatve kursuoja 3G autobusas. Laiko trukmė tarp autobusų – apie 5 min. Rytinio piko metu 3G pravažiuoja 24 kartus abejomis kryptimis, o vakarinio piko metu – 22 kartus. PTV VISSIM programoje aprašius greitojo autobuso judėjimą, įvedama sąlyga, kad likus iki sankryžos 200 m ir važiuojant pastoviu greičiu, būtų uždegtas žalias šviesoforo signalas po tam tikro laiko, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$t = \frac{S}{v}, \quad (1)$$

čia S – atstumas iki sankryžos, m; v – autobuso pastovus važiavimo greitis prieš sankryžą, m/s.

Aprašius autobuso judėjimą ir papildomas sąlygas, vykdoma simuliacija rytinio, vakarinio piko metu ir gaunami rezultatai pateikiami 4 ir 5 lentelėse.

4 lentelė

Rytinio piko simuliacijos rezultatai įvertinus greitąjį autobusą

	1	2	3	4	5	6
2016 m. spalio 20 d.	3600	3,7	12,5	117,3	87	1685
2016 m. lapkričio 20 d.	3600	4,1	12,3	110,5	89	1704

Šaltinis: sudaryta autorių

5 lentelė

Vakarinio piko simuliacijos rezultatai įvertinus greitąjį autobusą

	1	2	3	4	5	6
2016 m. spalio 20 d.	3600	5,5	12,9	120,3	88	1788
2016 m. lapkričio 20 d.	3600	4,5	13,1	110,0	89	1719

Šaltinis: sudaryta autorių

Ypatingai svarbu, kad būtų pagerintos viešojo transporto eismo sąlygos, kurios paskatintų Vilniaus miesto gyventojus ir svečius rinktis viešojo transporto paslaugas. Atlikus kompiuterinį modeliavimą *PTV VISSIM* programa matyti, kad ITS turi įtakos viešojo transporto kelionės trukmei, t.y. pagerina eismo sąlygas.

Išvados

1. Įvertinus dalinį intelektinės sistemos – prioritetinės viešojo transporto sistemos diegimą Vilniaus miesto Švitrigailos gatvėje ir gerosios praktikos pavyzdžius, galima teigti, kad transporto priemonių srautas sumažėtų daugiau nei 10 %, kadangi viešasis transportas taptų populiariesnis, konkurencingesnis.

2. Suteikus greitajam autobusui prioritetą, rytinio piko metu vidutinis automobilių greitis sumažėjo apie 18 %, o vakarinio piko metu vidutinis automobilių greitis sumažėjo apie 4 %. Greičių pokytis yra nevienodas, nes rytinio ir vakarinio piko metu Švitrigailos gatvė juda skirtingas automobilių skaičius, kurį sunku iš anksto prognozuoti.

3. Skaitinio modeliavimo rezultatai rodo, kad greitojo 3G autobuso kelionės trukmė, kertant tris sankryžas, sumažėja vidutiniškai apie 33 %, kadangi prioritetinė sistema leidžia išvengti raudono šviesoforo signalo, o laikas sugaištamasis tik įveikiant pasirinktą ruožą.

Literatūra

1. Baublys A., Jarašiūnienė A. 2005. Eismo įvykių valdymas naudojant intelektualias sistemas (ITS).
2. Bureika, G. Budrius J. 2015. Intelektualių transporto sistemų taikymas išduodant įspėjimo lapelius mašinistams.
3. Gao Y. 2008. Calibration and comparison of the VISSIM and Integration microscopic traffic simulation models.13p.
4. Intelektinių (pažangių) transporto sistemų įgyvendinimo Lietuvoje galimybių studija. 2011 m. Galutinė ataskaita.
5. [Intelektinių transporto sistemų asociacija \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2015 m. lapkričio 15 d.\] Prieiga per internetą: http://www.its-asociacija.lt/kas-yra-its.html](http://www.its-asociacija.lt/kas-yra-its.html)
6. Kotwal A. R., Lee S. J., Kim Y.J. 2013. Traffic signal systems: a review of current technology in the United states. 3–5 p.
7. Marma A., Eidukas D. et al. 2005. Intelektualiųjų transporto valdymo sistemų efektyvumas.
8. Piecha J., Gnyla P. 2013. The transportation network rough description for an adaptive traffic control algorithms by means of video detection technique.
9. Spremdimų e-ra. 2011. Intelektinės transporto sistemos – bendras Europos tikslas.
10. U.S. department of transportation Research and Innovative technology administration. 2010. Engaging the international community research on ITS applications to improve environmental performance. 23 p.

THE IMPACT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS ON THE ROAD TRANSPORT FLOW REGULATION

Summary

The article deals with social – economic problems related to road congestion. The general level of motorization has been influenced by new technologies and people's social – economic situation improvement. In order to control and rational allocation of road vehicles for the movement of traffic were began to install the Intelligent transport systems (ITS). The simplest ITS helps to avoid the inefficient use of transport infrastructure – roads harm by overloaded heavy traffic, the cost of actual use of infrastructure are not paid by it's users and the cost of urban congestion.

Key words: intelligent transport systems, traffic congestion, traffic flows.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Pečiukėnas

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių transporto katedros magistrantas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: intelektinės transporto sistemos

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 6) 228 6839, andrius.peciukenas@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Robertas Pečeliūnas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių transporto katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: eismo saugumas, transporto priemonių dinamika

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 274 4790, robertas.peceliunas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Nagurnas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių transporto katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių diagnostika, automobilių elektroninės valdymo sistemos, transporto mašinų patikimumas

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 237 0585, saulius.nagurnas@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Andrius Pečiukėnas

Science degree and name: postgraduate

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Department of Automobile transport, postgraduate

Author's research interests: intelligent transport systems

Telephone and e-mail address: (8 6) 228 6839, andrius.peciukenas@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Robertas Pečeliūnas

Science degree and name: doctor, assoc professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Department of Automobile transport, assoc professor

Author's research interests: traffic safety, vehicle dynamics

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 4790, robertas.peceliunas@vgtu.lt

Author name, surname: Saulius Nagurnas

Science degree and name: doctor, assoc professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Department of Automobile transport, assoc professor

Author's research interests: automobile diagnostics, automotive electronic control systems, reliability of transport machinery

Telephone and e-mail address: (8 5) 237 0585, saulius.nagurnas@vgtu.lt

PRIVAŽIAVIMO PRIE BRAZIŪKŲ KAIMO NUO KRAŠTO KELIO NR. 140 KAUNAS - ŠAKIAI SĄLYGŲ GERINIMO GALIMYBIŲ STUDIJA

Regina Motienė, Alfredas Gudelis, Aidas Dibisteris, Matas Steniukynas
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Straipsnyje analizuojama keturi skirtingi keliai, kurie yra naudojami privažiavimui prie Braziūkų kaimo, siekiant nustatyti optimaliausią variantą rekonstravimo projektui. Norint priimti racionalų kelio tiesimo inžinerinį sprendimą buvo tarpusavyje palyginta galimų kelio tiesimo variantų vertinimo kriterijų skaitinės reikšmės. Alternatyvių projektinių sprendimų optimizavimo požiūriu atskiri įvertinimo kriterijai yra nevienodai svarbūs, tad optimizuojant atsižvelgta į kriterijų svarbą vienas kito atžvilgiu. Tam geriausiai tinka daugiakriteriniai metodai.

Reikšminiai žodžiai: žemės sankasa, kelio kategorija, juoda danga.

Įvadas

Dėl transporto poveikio, klimato veiksnių bei lėšų trūkumo Lietuvos krašto keliai prasti ir kasmet jų būklė vis blogėja. Lietuvoje yra 21,254 tūkst. kilometrų valstybinės reikšmės kelių: rajoninių – 14,573 tūkst. km, 4,935 tūkst. km – krašto, 1,744 tūkst. km – magistraliniai keliai. Kvesupio kaimų bendruomenė atsižvelgdama į tai, kad Braziūkų ir aplinkiniuose artimiausiuose kaimuose pastoviai gyvena daugiau nei šimtas gyventojų, manydama esant būtinybei gerinti gyventojų, susiekimo su Kauno miestu sąlygas, tokiu būdu gerinant ir šios teritorijos gyvenimo bei verslo sąlygas, demografinę situaciją, kas tikėtina turėtų įtakos mažinant ir Lietuvos Respublikos gyventojų emigraciją, o taip pat atsižvelgdama į Europos Sąjungos „Valstybinės ir vietinės reikšmės kelių tinklo infrastruktūros modernizavimo ir plėtros“ programą iki 2020 metų, sudarė mokslinių tyrimų darbo atlikimo sutartį su Kauno technikos kolegija, dėl privažiavimo iki Braziūkų ir aplinkinių kaimų sąlygų gerinimo galimybių. Gerinant eismo sąlygas krašto ir rajoniniuose keliuose, tokiems kelių ruožams tvarkyti bus skiriama daugiau dėmesio. (www.transp.lt).

Tyrimo objektas - privažiavimo prie Braziūkų kaimo nuo krašto kelio Nr. 140 Kaunas – Šakiai sąlygų gerinimo galimybių studija.

Tyrimo tikslas – atlikti privažiavimo prie Braziūkų kaimo nuo krašto kelio Nr. 140 Kaunas – Šakiai sąlygų gerinimo galimybių studiją.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti esamų privažiavimo kelių būklę;
2. Atlikti galimų rekonstravimo variantų analizę ir vertinimą pagal kokybinių ir techninių ekonominių kriterijų sistemą.
3. Pateikti tinkamiausią privažiavimo prie Braziūkų kaimo nuo kelio Kaunas – Šakiai rekonstravimo poreikio variantą.

Alternatyvių sprendimų analizė

Keliams Lietuvoje kasmet skiriami milijonai eurų, tačiau šių pinigų reikėtų gerokai daugiau. Didmiesčius ir aplinkines gyvenvietes jungiantys keliai nėra idealūs, tačiau nėra ir katastrofiški. Taigi pagal Europos Sąjungos „Valstybinės ir vietinės reikšmės kelių tinklo infrastruktūros modernizavimo ir plėtros“ programą planuojama iki 2020 metų (2014–2020 m.) išasfaltuoti žvyrkelius, įdiegti aplinkosauginės priemonės, modernizuoti ir plėsti krašto ir rajoninius kelius, išplėsti viešojo transporto infrastruktūros ir skirti dideles lėšas eismo saugumui užtikrinti. Gerinant eismo sąlygas krašto ir rajoniniuose keliuose, tokiems kelių ruožams tvarkyti bus skiriama daugiau dėmesio.

Kelių privažiavimai prie Braziūkų kaimo yra netenkinamos kokybės, o tai lemia nepakankamą važiavimo komfortą, didėjančias kelio priežiūros išlaidas, augančius autotransporto priemonių eksploatacijos kaštus ir laiko sąnaudas, didina avaringumą. Užtikrinant kelio pralaidumą atsižvelgiama į esamą ir prognozuojamą transporto priemonių srautą. Norint priimti racionalų kelio tiesimo inžinerinį sprendimą buvo tarpusavyje palyginta galimų kelio tiesimo variantų vertinimo kriterijų skaitinės reikšmės. Alternatyvių projektinių sprendimų optimizavimo požiūriu atskiri įvertinimo kriterijai yra nevienodai svarbūs, tad optimizuojant atsižvelgta į kriterijų svarbą vienas kito atžvilgiu. Tam geriausiai tinka daugiakriteriniai metodai.

Vienkriteriniai ir daugiakriteriniai įvertinimo metodai yra išreiškiami skaičiais, turi matavimo vienetų ir reikšmingumą. Kiekvienas kriterijus yra svarbesnis vienas už kitą lyginant juos poroje, tą ir parodo reikšmingumas. Taikant porinio palyginimo metodą buvo nustatytas subjektyvus kriterijų reikšmingumas, o nustatant teorinį kriterijų reikšmingumą naudota entropijos metodas. Šio metodo esmė, nustatyti teorinį bei kompleksinį kriterijų reikšmingumą. Tačiau buvo atsižvelgta į vertinimo kriterijų skaitines reikšmes ir kitimą pagal alternatyvas.

Vienas iš vienkriterinių metodų – vertinti sąmatinius ekonominius skaičiavimus. Pasirinkta palyginti bei parinkti racionaliausią variantą, kuris ekonomiškai bei praktiškai labiausiai atitiktų reikalavimus ir būtų galima tiesti kelią. Pasirinkta keturi galimi kelio tiesimo variantai. Kiekviename iš 4 pasirinktų variantų buvo atlikta po 2 gręžinius: ruožo pradžioje ir pabaigoje. Tyrimo vietoje nustatyti kelio dangos konstrukcijos ir kiekvieno atskiro sluoksnio storiai. Nustatyti kelio dangos konstrukcijos sluoksniai ir žemės sankasos sudarančių medžiagų granulimetrinė sudėtis.

Kelio dangos tyrimai buvo atlikti su bandinių ėmimo mašina, kuri yra skirta tirti kelio grūntinę sudėtį ir grūntų sluoksnius. Prie jos komplekte yra generatorius, kuris tiekia elektros energiją. (1 pav.).



1 pav. Bandinių ėmimo mašina su priedais

1 Variantas. Kelias Baziūkai – Ežerėlis.



2 pav. Kelias Baziūkai - Ežerėlis

Kelias Baziūkai – Ežerėlis yra grunto kelias, besidriekiantis mišku. Kelias labai siauras, todėl du automobiliai sunkiai prasilenkia, ko pasekoje būtina platinti kelio sankasą. Taip pat kelio trasoje daug krūmų ir medžių, kuriuos reikia šalinti norint platinti sankasą, tokių želdinių yra beveik visame ruože. Atlikus gręžinius po 40 cm. gylio, šio kelio pradžioje ir pabaigoje nustatyta, jog pagrindą sudaro gruntas, todėl kelio tiesimo sąnaudos išauga.

2 Variantas. Baziūkai – Zapyškis grunto, žvyro kelias.



3 pav. Baziūkai – Zapyškis

2 km kelio ruožo Baziūkai-Zapyškis yra grunto kelias, o likusioji dalis žvyro pagrindas. Kelias siauras, visą kelio ruožą reikia platinti, taip pat visoje kelio trasoje gausu medžių bei krūmų, kuriuos reikia šalinti norint platinti kelią. Atlikus 1 gręžinį, kurio gylis 40 cm, nustatyta, kad pagrindas yra iš grunto, tačiau atlikus 2 gręžinį nustatyta, jog 33 cm yra gruntas, 7 cm. – žvyro sluoksnis.

3 Variantas. Privažiavimas prie Baziūkų kaimo nuo krašto kelio Nr. 140 Kaunas – Šakiai



4 pav. Privažiavimas prie Braziūkų kaimo nuo krašto kelio Nr. 140 Kaunas – Šakiai

Šis kelias yra Kauno rajone ir yra rajoninės reikšmės kelias su žvyro danga. Polaidžio metu dėl susilpnėjusių kelių konstrukcijų ir jų laikančios gebos iškyla pavojus, kad kelias sunkių krovininių transporto priemonių gali būti sugadintas. Žvyras kelių dangoms dažniausiai naudojamas neapdorotas, todėl dangos sluoksniai būna iš nerišlių medžiagų, kurios vykstant intensyviai transporto eismui dulka. Šio proceso metu kelio danga nuolatos plonėja, atitinkamai blogėja eksploatacinės charakteristikos ir laikomoji geba. Atlikus 2 gręžinius po 40 cm šio kelio ruožo pradžioje ir pabaigoje nustatyta, jog šio kelio konstrukcija laikui bėgant kito ir susilpnėjo. Tyrimai parodė jog šio kelio konstrukcija atitinka V kategorijos kelią, tačiau yra nudulkėjęs viršutinis žvyro sluoksnis. Šio kelio remontas santykinai reikalauja mažiau išlaidų nei kitų likusių variantų.

4. Variantas Kelias Novaraistis – Rupiniai – Kaunas



5 pav. Kelias Novaraistis – Rupiniai – Kaunas

Kelias Novaraistis – Rupiniai – Kaunas yra Kauno rajone, kurio konstrukcija sudaryta iš grunto. Visas kelio ruožas driekiasi per mišką. Kelio plotis panašus kaip ir kitų grunto kelių, svyruoja tarp 3-5 m. Daugumoje vietų kelio trasoje yra pavieniai medžiai, kuriuos, esant kelio tiesimo darbams, būtina iškirsti. Atlikus 40 cm. gręžinius kelio pradžioje ir pabaigoje, tyrimai patvirtino, vizualius spėjimus, jog kelio pagrindas yra gruntas.

Alternatyvių kelio tiesimo sprendimų vertinimas

Inžinerinių sprendimų vertinimui naudota šie pagrindiniai sprendimų vertinimo metodai: Kriterijų subjektyvaus reikšmingumo nustatymas (ekspertinio porinio palyginimo metodas), kriterijų teorinio reikšmingumo nustatymas, daugiakriterinis įvertinimas.

Kelio tiesimo sprendimams įvertinti pasirinktas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas, siekiant įvertinti galimus variantus pagal kokybinių ir techninių ekonominių kriterijų sistemą. Vertinimo kriterijai yra išreiškiami skaičiais, turi matavimo vienetus ir reikšmingumą. Kriterijų reikšmingumas nustatytas, taikant teorinį entropijos ir ekspertinį porinio palyginimo metodus.

Vertinimo kriterijų sistemos parinkimas ir jų reikšmių skaičiavimas. Kelio tiesimo sprendimams įvertinti sudaryta tokia vertinimo kriterijų sistema:

Kelio ruožo kaina (K1), darbų kiekis (K2), gyventojų nuomonė (K3) ir eismo intensyvumas (K4).

1 lentelė

Pradiniai ekspertinio vertinimo duomenys

Ekspertai	Kelio parinkimo kriterijai			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	1	4	3	2
2	1	4	3	2
3	1	3	4	2
4	2	4	3	1
5	1	3	4	2
6	2	4	3	1

Ekspertai	Kelio parinkimo kriterijai			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
7	2	4	3	1
8	1	4	3	2
9	1	3	4	2
10	2	4	3	1
11	2	4	3	1
12	1	4	3	2

1. Pirmiausiai pasirenkama kriterijų vertinimo skalė. Geriausiai naudoti skalę [0; 2], pagal kurią svarbesniam kriterijui skiriami 2 balai, atitinkamai kitas kriterijus gauna 0 balų. Jei kriterijai vienodai svarbūs arba jų svarbos negalima nustatyti, jiems skiriama po vieną balą.

2. Pagal kiekvieno eksperto sudarytą kriterijų prioritetų eilutę atliekamas kriterijų palyginimas poromis pagal pasirinktą skalę ir rezultatai surašomi į kriterijų matricas.

3. Sudaroma suminė porinio palyginimo matrica ir apskaičiuojami kiekvieno kriterijaus surinkti balai S_i , surašant juos į kriterijų matricą.

2 lentelė

Suminė porinio palyginimo matrica					
Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	S_i
K ₁		24	24	14	62
K ₂	0		6	0	6
K ₃	0	18		0	18
K ₄	10	24	24		58
$\Sigma S =$					144

4. Apskaičiuojami subjektyvūs kriterijų reikšmingumai q_i , surašant juos į kriterijų matricą: Kriterijaus subjektyvūs reikšmingumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_i = \frac{S_i}{\Sigma S} \quad (1.1)$$

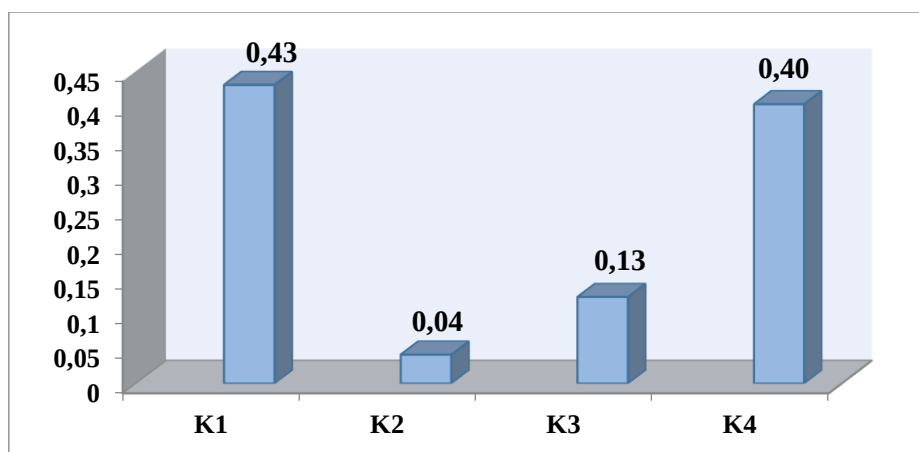
čia S_i – kriterijaus surinkta balų suma; ΣS – bendra visų kriterijų surinkta balų suma
Kriterijų reikšmingumų suma turi būti lygi 1.

3 lentelė

Suminė porinio palyginimo matrica						
Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	S_i	q_i
K ₁		24	24	14	62	0,431
K ₂	0		6	0	6	0,042
K ₃	0	18		0	18	0,125
K ₄	10	24	24		58	0,403
					144	1

5. Sudaroma kriterijų subjektyvaus reikšmingumo prioritetų eilutė ir rezultatai pavaizduojami grafiškai.

Kriterijų subjektyvaus reikšmingumo prioritetų eilutė: K₁ > K₄ > K₃ > K₂



6 pav. Subjektyvaus reikšmingumo, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą

6. Patikrinama, ar gautą prioritetų eilutę galima naudoti praktinėms ekspertų rekomendacijoms rašyti, t.y. nustatomas ekspertų nuomonių sutapimo lygis. Tam tikslui skaičiuojamas konkordancijos koeficientas ir jo gauta reikšmė palyginama su ribine reikšme.

Konkordancijos koeficientas nustatomas, pertvarkius suminę porinio palyginimo duomenų lentelę eilučių sumos mažėjimo tvarka. Tokioje pertvarkytoje duomenų lentelėje, apskaičiuojant konkordancijos koeficientą, naudojamos tik po įstrižaine esančiais elementais:

4 lentelė

Konkordancijos koeficientas nustatymas

Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
K ₁	–			
K ₂	0	–		
K ₃	0	18	–	
K ₄	10	24	24	–

Apskaičiuojamas konkordancijos koeficientas:

$$W = \frac{4(\sum_{i,k} x_{ik}^* - m \sum_{i,k} x_{ik}^* + C_m^2 \cdot C_n^2)}{m(m-1)n(n-1)} \quad (1.2)$$

čia x_{ik} – kriterijaus surinkta balų suma; m – ekspertų skaičius; n – kriterijų skaičius; C_m^2 – deriniai pagal ekspertus; C_n^2 – deriniai pagal kriterijus;

Kur deriniai apskaičiuojami taip:

$$C_a^b = \frac{a!}{b(a \cdot b)!} \quad (1.3)$$

Apskaičiuojame sumas:

$$\sum_{i,k} x_{ik}^* = 0 + 0 + 18 + 10 + 24 + 24 = 76$$

$$\sum_{i,k} x_{ik}^{*2} = 0 + 0 + 324 + 100 + 576 + 576 = 1576$$

Apskaičiuojame derinius:

$$C_m^2 = C_{12}^2 = \frac{12!}{2!(12-2)!} = 66$$

$$C_n^2 = C_4^2 = \frac{4!}{2!(4-2)!} = 6$$

Konkordancijos koeficientas:

$$W = \frac{4(\sum_{i,k} x_{ik}^* - m \sum_{i,k} x_{ik}^* + C_m^2 \cdot C_n^2)}{m(m-1)n(n-1)} = \frac{4(1576 - 12 \cdot 76 + 66 \cdot 6)}{12(12-1)4(4-1)} = 0,68$$

Gauta konkordancijos koeficiento reikšmė palyginama su ribine reikšme 0,6. Jei gautoji reikšmė yra mažesnė, t.y. $W < 0,6$, skaitoma, kad ekspertų nuomonių sklaida yra per didelė ir ekspertizės rezultatų praktikoje naudoti negalima. Ekspertizės rezultatus praktinėms rekomendacijoms naudoti galima tik tada, kai tenkinama sąlyga $W > 0,6$.

Apskaičiavus vertinimo kriterijų subjektyvų reikšmingumą, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą, nustatyta, kad svarbiausias kriterijus yra kelio ruožo kaina (K_1). Antrojoje vietoje pagal svarbą – eismo intensyvumas (K_4). Trečioje vietoje pagal svarbą – gyventojų nuomonė (K_3). Ketvirtoje vietoje pagal svarbą – šalinamų medžių kiekis (K_2).

Kriterijų reikšmingumas, taikant teorinį Entropijos metodą. Pirmiausiai skaičiuojama kelio ruožo kaina, vėliau – šalinamų medžių kiekis, analizuojama gyventojų nuomonė, bei nustatomas eismo intensyvumas. Šie duomenys pateikiami 5 lentelėje.

5 lentelė

Pradiniai duomenys

Alternatyvūs sprendiniai	K ₁ Ruožo kaina, Eur.	K ₂ Šalinamų medžių, Kiekis (vnt)	K ₃ Gyventojų nuomonė	K ₄ Eismo intensyvumas Aut/para.
Braziūkai – Ežerėlis (A1)	1694,08	16	12	20
Braziūkai – Zapyškis (A2)	2329,36	17	13	27
Privažiavimas prie Braziūkų kaimo nuo krašto kelio Kaunas – Šakiai (A3)	1312,83	0	14	176
Braziūkai -Novaraistis — Kaunas (A4)	1058,8	20	8	62

Kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant teorinį entropijos metodą. Pirmiausiai nustatomas kelio dangos pagrindo įrengimo alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų teorinis reikšmingumas, taikant Entropijos metodą. Žemiau pateikiami taikomo metodo algoritmai, skaičiavimo formulės ir jų paaiškinimai. Pradiniai duomenys pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė

Pradinių duomenų matrica

Matrica P				
Alternatyvūs sprendiniai Kriterijai	K1	K2	K3	K4
A1	1694,08	16	12	20
A2	2329,36	17	13	27
A3	1312,83	0	14	176
A4	1058,8	20	8	62
Σ	6395,07	53	47	285

Pradinių duomenų matricą P reikia normalizuoti į matricą $\bar{P}$.

Duota pradinių duomenų matrica P, ją reikia normalizuoti į matricą $\bar{P}$. Matricos normalizavimas atliktas pagal formulę (3):

$$\bar{p} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}}; \quad (1.4)$$

čia $\bar{p}$ –elemento, kurio eilutė yra i, o stulpelis j, normalizuotas pavidas; x_{ij} – elementas, kurio eilutė i, o stulpelis j.

7 lentelė

Pradinių duomenų matricos P, normalizuotos į matricą $\bar{P}$ duomenys

Alternatyvūs sprendiniai	Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
A1		0,265	0,302	0,255	0,07
A2		0,364	0,321	0,277	0,095
A3		0,205	0	0,298	0,618
A4		0,166	0,377	0,17	0,218

Nustatyta visų kriterijų entropijos lygis E_j . Entropijos lygiui nustatyti naudota formulė:

$$\bar{E}_j = -\frac{1}{\ln m} \times \sum \bar{p}_{ij} \times \ln \bar{p}_{ij}; \quad (1.5)$$

čia E_j – entropijos lygis; k – koeficientas, kuris priklauso nuo eilučių skaičiaus (m); p_{ij} – elemento, kurio eilutė yra i, o stulpelis j, normalizuotas pavidas;

$$k = \frac{1}{\ln m} = \frac{1}{\ln 4} = 0,72;$$

$$\bar{E}_1 = -0,72(0,265 * \ln 0,265 + 0,364 * \ln 0,364 + 0,205 * \ln 0,205 + 0,166 * \ln 0,166) = 0,966784$$

$$\bar{E}_2 = -0,72 * (0,302 * \ln 0,302 + 0,321 * \ln 0,321 + 0,377 * \ln 0,377) = 0,787764$$

$$\bar{E}_3 = -0,72 * (0,255 * \ln 0,255 + 0,277 * \ln 0,277 + 0,298 * \ln 0,298 + 0,17 * \ln 0,17) = 0,983564$$

$$\bar{E}_4 = -0,72 * (0,07 * \ln 0,07 + 0,095 * \ln 0,095 + 0,618 * \ln 0,618 + 0,218 * \ln 0,218) = 0,748267$$

Pagal entropijos lygį nustatytas visų kriterijų kitimo lygis d_j . Šis lygis nustatytas pagal formulę:

$$d_j = 1 - \bar{E}_j; \quad (1.6)$$

čia d_j – kriterijų kitimo lygis; E_j – entropijos lygis;

$$d_1 = 1 - 0,966784 = 0,033216$$

$$d_2 = 1 - 0,787764 = 0,212236$$

$$d_3 = 1 - 0,983564 = 0,016436$$

$$d_4 = 1 - 0,748267 = 0,251733$$

$$\Sigma = 0,51362$$

Teorinis kriterijų reikšmingumas nustatytas pagal formulę:

$$q_j^{(t)} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (1.7)$$

čia $q_j^{(t)}$ – teorinis kriterijų reikšmingumas; d_j – kriterijų kitimo lygis;

$$\begin{aligned} q_{1(t)} &= \frac{0,033216}{0,51362} = 0,065; 6,5 (\%) \\ q_{2(t)} &= \frac{0,212236}{0,51362} = 0,413; 41,3 (\%) \\ q_{3(t)} &= \frac{0,016436}{0,51362} = 0,032; 3,2 (\%) \\ q_{4(t)} &= \frac{0,251733}{0,51362} = 0,490; 49 (\%) \end{aligned}$$

Prioritetų eilutė: **$K_4 > K_2 > K_1 > K_3$**

Daugiakriteriniu įvertinimo metodu, nustatytas racionalus projektinis sprendimas. Pirmiausia perrašome duomenis iš 5 lentelės ir surašome į 8 lentelę, tada nustatome kriterijų optimumą. Mus domina minimaliausia kelio ruožo kaina (K_1) ir šalinamų medžių kiekis, bei maksimaliausias automobilių intensyvumas, gyventojų nuomonė.

8 lentelė

Pradiniai projektinių sprendimų duomenys

Kriterijai \ Alternatyvos	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Kriterijų optimumas
K ₁	1694,08	2329,36	1312,83	1058,8	min
K ₂	16	17	0	20	min
K ₃	12	13	14	8	max
K ₄	20	27	176	62	max

1. Naudojant prieš tai pateiktus duomenis, sudaroma pradinių duomenų matrica P. Nustatomas kriterijų optimalumas ir surandama geriausia reikšmė. Duomenys surašomi į 9 lentelę.

9 lentelė

Pradiniai duomenys skaičiavimui ir optimalios reikšmės

Kriterijai \ Alternatyvos	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Kriterijų optimumas	Geriausia reikšmė
K ₁	1694,08	2329,36	1312,83	1058,8	min	1058,8
K ₂	16	17	0	20	min	0
K ₃	12	13	14	8	max	14
K ₄	20	27	176	62	max	176

2. Atliekamas pradinių duomenų matricos P normalizavimas į matricą $\bar{P}$. Maksimizuojami kriterijai normalizuojami pagal formulę:

$$\bar{P}_{i-j} = \frac{x_{i-j}}{\max x_{i-j}}; \quad (1.8)$$

Minimizuojami kriterijai normalizuojami pagal formulę:

$$\bar{P}_{i-j} = \frac{\min x_{i-j}}{x_{i-j}}; \quad (1.9)$$

čia x_{i-j} – normalizuojamo kriterijaus reikšmė; $\max x_{i-j}$, $\min x_{i-j}$ – optimali kriterijaus reikšmė

Rezultatai surašomi į normalizuotą matricą $\bar{P}$:

10 lentelė

Normalizuotos kriterijų reikšmės

Kriterijai	Alternatyvos			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
K ₁	0,625	0,455	0,807	1
K ₂	0	0	0	0
K ₃	0,857	0,929	1	0,571
K ₄	0,114	0,153	1	0,352

3. Pasirenkama vertinimo skalė [0;100] ir didžiausiai normalizuotos matricos kriterijaus reikšmei priskiriama maksimali vertinimo skalės reikšmė. Pvz.: 1→100. Kitos normalizuotos kriterijų reikšmės

apskaičiuojamos pagal proporciją. Pvz.: $1 \rightarrow 100$; $0,807 \rightarrow 80,7$ ir t.t. Gauti rezultatai surašomi į kriterijų naudingumo matricą C_{ij} .

Sumuojami kiekvieno kriterijaus surinkti balai, ir užrašoma inžinerinių sprendimų prioritetų eilutė. Geriausias inžinerinis sprendimas yra tas, kurio kriterijai naudingiausi, t.y. surenka didžiausią balų sumą.

11 lentelė

Alternatyvų naudingumas (balais)

Kriterijai	Alternatyvos				Naudingumo vertė (nuo 0 iki 100)			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
K ₁	0,625	0,455	0,807	1	62,5	45,5	80,7	100
K ₂	0	0	0	0	0	0	0	0
K ₃	0,857	0,929	1	0,571	85,7	92,9	100	57,1
K ₄	0,114	0,153	1	0,352	11,4	15,3	100	35,2
Σ					159,6	153,7	280,7	192,3

Sudaroma alternatyvių sprendimų prioritetų eilutė, rezultatai pavaizduojami grafiškai ir padaromos išvados: **A₃ > A₄ > A₁ > A₂**

4. Kadangi yra žinomas subjektyvus kriterijų reikšmingumas q_j ir teorinis kriterijų reikšmingumas $q_{j(t)}$, tuomet galime nustatyti kompleksinį kriterijų reikšmingumą pagal formulę:

$$\overline{q_{j0}} = \frac{q_j q_{j(t)}}{\sum_{j=1}^n (q_j q_{j(t)})}; (j = \overline{1, n}) \quad (1.10)$$

12 lentelė

Kriterijų reikšmingumas

Kriterijai	Reikšmingumas			
	q_j	$q_{j(t)}$	$q_{j(t)}$	q_{j0}
K ₁	0,431	0,065	0,028	0,113
K ₂	0,042	0,413	0,0173	0,07
K ₃	0,125	0,032	0,004	0,016
K ₄	0,403	0,49	0,1975	0,8
Σ	1,00	1,00	0,2468	1,00

5. Nustatomas racionalus sprendimas, kai įvertinamas subjektyvus kriterijų reikšmingumas, t.y. apklausiant suinteresuotas grupes. Tam tikslui kiekvieno kriterijaus naudingumo balai (c_{ij}) dauginami iš apskaičiuoto kriterijaus subjektyvaus reikšmingumo. Gautos reikšmės surašomos į naują matricą.

13 lentelė

Alternatyvų naudingumas (balais), įvertinant subjektyvų kriterijų reikšmingumą.

Kriterijai	Naudingumo vertė (nuo 0 iki 100)				Subjektyvus kriterijų reikšmingumas	Naudingumo vertė, įvertinant kriterijaus reikšmingumą $N = q * c$			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
K ₁	62,5	45,5	80,7	100	0,431	26,94	19,61	34,78	43,10
K ₂	0	0	0	0	0,042	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₃	85,7	92,9	100	57,1	0,125	10,71	11,61	12,50	7,14
K ₄	11,4	15,3	100	35,2	0,403	4,59	6,17	40,30	14,19
Σ						42,24	37,39	87,58	64,42

Sudaroma alternatyvių sprendimų prioritetų eilutė, rezultatai pavaizduojami grafiškai ir padaromos išvados: **A₃ > A₄ > A₁ > A₂**

6. Nustatomas racionalus sprendimas, kai įvertinamas teorinis kriterijų reikšmingumas, t.y. taikant entropijos metodą. Tam tikslui kiekvieno kriterijaus naudingumo balai (c_{ij}) dauginami iš apskaičiuoto kriterijaus teorinio reikšmingumo. Gautos reikšmės surašomos į naują matricą.

14 lentelė

Alternatyvų naudingumas (balais), įvertinant teorinį kriterijų reikšmingumą

Kriterijai	Naudingumo vertė (nuo 0 iki 100)				Subjektyvus kriterijų reikšmingumas	Naudingumo vertė, įvertinant kriterijaus reikšmingumą $N = q * c$			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
K ₁	62,5	45,5	80,7	100	0,065	4,063	2,958	5,246	6,5
K ₂	0	0	0	0	0,413	0	0	0	0
K ₃	85,7	92,9	100	57,1	0,032	2,742	2,973	3,2	1,827

Kriterijai	Naudingumo vertė (nuo 0 iki 100)				Subjektyvus kriterijų reikšmingumas	Naudingumo vertė, įvertinant kriterijaus reikšmingumą $N = q * c$			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
K ₄	11,4	15,3	100	35,2	0,49	5,586	7,497	49	17,248
Σ						12,391	13,427	57,446	25,575

Sudaroma alternatyvių sprendimų prioritetų eilutė, rezultatai pavaizduojami grafiškai ir padaromos išvados: **$A_3 > A_4 > A_2 > A_1$**

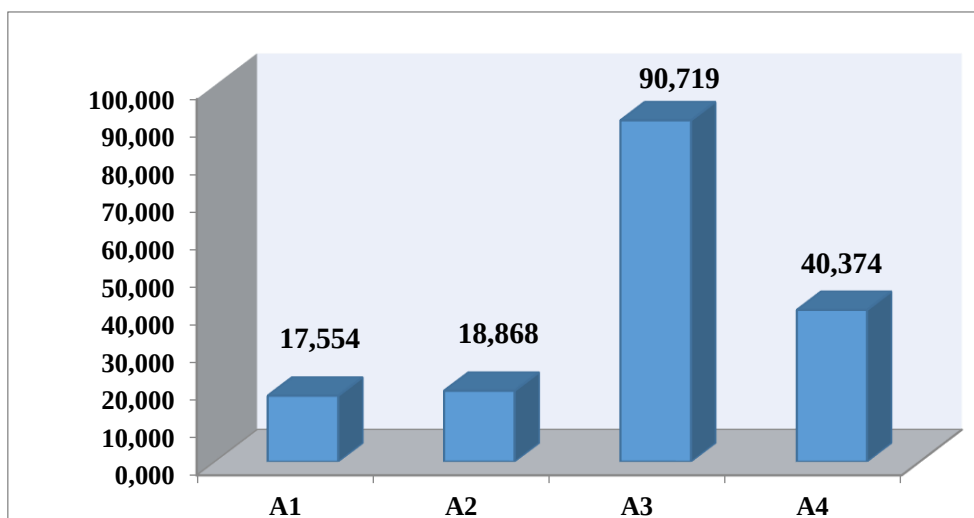
7. Nustatomas racionalus sprendimas, kai įvertinamas kompleksinis kriterijų reikšmingumas. Tam tikslui kiekvieno kriterijaus naudingumo balai (c_{ij}) dauginami iš apskaičiuoto kriterijaus teorinio reikšmingumo. Gautos reikšmės surašomos į naują matricą.

14 lentelė

Alternatyvų naudingumas (balais), įvertinant kompleksinį kriterijų reikšmingumą

Kriterijai	Naudingumo vertė (nuo 0 iki 100)				Subjektyvus kriterijų reikšmingumas	Naudingumo vertė, įvertinant kriterijaus reikšmingumą $N = q * c$			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
K ₁	62,5	45,5	80,7	100	0,113	7,063	5,142	9,119	11,3
K ₂	0	0	0	0	0,07	0	0	0	0
K ₃	85,7	92,9	100	57,1	0,016	1,371	1,486	1,6	0,914
K ₄	11,4	15,3	100	35,2	0,8	9,12	12,24	80	28,16
Σ						17,554	18,868	90,719	40,374

Sudaroma alternatyvių sprendimų prioritetų eilutė, rezultatai pavaizduojami grafiškai ir padaromos išvados: **$A_3 > A_4 > A_2 > A_1$**



7 pav. Inžinerinių sprendimų naudingumas, įvertinus kompleksinį kriterijų reikšmingumą

Išvados

1. Nustačius esamų privažiavimo kelių būklę išryškėjo: 1 varianto kelio Braziūkai – Ežerėlis (A1) ir 4 varianto kelio Novaraistis – Rupinai – Kaunas (4) pagrindą sudaro gruntas; 2 varianto kelio Braziūkai – Zapyškis (A2) - 33 cm. gruntas, 7 cm- žvyras; 3 varianto kelio privažiavimas prie Braziūkų kaimo nuo krašto kelio Nr. 140 Kaunas – Šakiai (A3) kelio būklė yra geriausia iš visų prieš tai minėtų variantų, nes tyrimai parodė jog šio kelio konstrukcija atitinka V kategorijos kelią, tačiau yra nudulkėjęs tik viršutinis žvyro sluoksnis ir kelio remontas santykinai reikalauja mažiau išlaidų.

2. Inžinerinių sprendimų vertinimui naudota šie pagrindiniai sprendimų vertinimo metodai: Kriterijų subjektyvaus reikšmingumo nustatymas (ekspertinio porinio palyginimo metodas); Kriterijų teorinio reikšmingumo nustatymas; Daugiakriterinis įvertinimas;

3. Išanalizavus visus galimus tiesinius kelių variantus pritaikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą, teorinį entropijos ir ekspertinį porinio palyginimo metodus, išsiaiškinta, jog optimaliausias ir ekonomiškai labiausiai pasiteisinantis variantas yra privažiavimas prie Braziūkų kaimo nuo krašto kelio Nr.

140 privažiavimu prie Braziūkų kaimo nuo krašto kelio Nr. 140 Kaunas – Šakiai. Šio kelio paruošimo ir remonto kaštai yra ženkliai mažesni nei kitų likusių variantų.

Literatūra

1. LST EN 1197 – 1: 2005. Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Pagrindinės taisyklės.
2. LST EN 1997 – 2 : 2007. Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 2 dalis. Pagrindo tyrinėjimai ir bandymai.
3. LST ISO 5966 : 2000 „Dokumentai. Mokslinių ir techninių ataskaitų pateikimas“.
4. LST EN ISO 14688 – 2 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 1 dalis – Atpažintis ir aprašymai. 2 dalis – Klasifikavimo principai.
5. R 34-01 „Automobilių kelių pagrindai“ (Informaciniai pranešimai, 2002, Nr. 18-60);
6. R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ (Informaciniai pranešimai, 2002, Nr. 18-60);
7. R 37-01 „Automobilių kelių apsauginiai atitvarai“ (Informaciniai pranešimai, 2002, Nr. 18-60);
8. Lietuvos standartą LST 1331:2002 „Automobilių kelių gruntai. Klasifikacija“;
9. STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas“
10. STR 2.06.03:2001 „Auto 8);
11. „Automobilių keliai“ (Žin., 2002, Nr. 19-755)
12. ST 8871063.03:2003 „Automobilių kelių inžineriniai geodeziniai tyrinėjimai“
13. ST 188710638.06:2004 3 priedas (privalomasis) „Automobilių kelių žemės sankasos stabilumas“ (atskiras dokumentas);
14. R 34-01* „Automobilių kelių pagrindai“;
15. 13.18. R 38-01 „Automobilių kelių projektavimas“
16. LST 1360.1:1995 „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Granulimetrinės sudėties nustatymas“
17. DKSNI-95 „Automobilių kelių dangos konstrukcijos sluoksnių storio nustatymo instrukcija“ (1997, VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas)
18. STR 1.07.02:1999 „Žemės darbai“
19. ST 188710638.07:2004 „Automobilių kelių metalinių ir plastikinių vandens pralaidų kartotiniai konstrukciniai sprendimai“.

RESEARCH OF CONDITION IMPROVEMENT POSSIBILITIES FOR ACCESS ROAD TO BRAZIUKAI VILLAGE FROM THE ROAD NO 140 KAUNAS-SAKIAI

Summary

The article analyses four different roads that are used to access Braziukai village. In order to determine the most optimal variant for reconstruction project. In order to make rational road construction engineering solution, the numeric values of possible road construction options assessment criteria were compared. Alternative design solutions in terms of optimization of the individual evaluation criteria are equally important, so optimizing the criteria their importance to each other are taken into account. Therefore multi-criteria methods are the most suitable.

Key words: earth bank, road category, black roadway covering,

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė

Mokslo laipsnis ir vardas: –

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys:

Telefonas ir el. pašto adresas: 869944575, regina.motiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Gudelis

Mokslo laipsnis ir vardas: –

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties, kelių inžinerijos studijų programos studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys:

Telefonas ir el. pašto adresas: +37067921504, alfredas.gudelis@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Aidas Dibisteris

Mokslo laipsnis ir vardas: –

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties, kelių inžinerijos studijų programos studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys:

Telefonas ir el. pašto adresas: +37065884126, aidas.dibisteris@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Matas Steniukynas

Mokslo laipsnis ir vardas: –

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties, kelių inžinerijos studijų programos studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys:

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068343003, matas.steniukynas@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Regina Motienė

Science degree and name: –

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Lecturer of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

Author's research interests:

Telephone and e-mail address: +37069944575, regina.motiene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Alfredas Gudelis

Science degree and name: –

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Student of Civil Engineering Study.

Author's research interests: defects and deteriorations of road engineering structures.

Telephone and e-mail address: +37067921504, alfredas.gudelis@gmail.com

Author name, surname: Aidas Dibisteris

Science degree and name: –

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Student of Civil Engineering Study.

Author's research interests: defects and deteriorations of road engineering structures.

Telephone and e-mail address: +37065884126, aidas.dibisteris@gmail.com

Author name, surname: Matas Steniukynas

Science degree and name: –

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Student of Civil Engineering Study.

Author's research interests: defects and deteriorations of road engineering structures.

Telephone and e-mail address: +37068343003, matas.steniukynas@gmail.com

ANTIFILTRACINĖS ĮLAIDINIŲ POLIŲ SIENOS (SPRAUŠTASIENĖS) ĮRENGIMO POVEIKIS GEOFILTRACIJOS PROCESUI ŽEMIŲ UŽTVANKOS MASYVE

Raimondas Šadzevičius¹, Vitas Damulevičius¹, Rytis Skominas¹, Ona Blankienė²
Aleksandro Stulginskio universitetas¹, Kauno technikos kolegija²

Anotacija. Projektuojant, statant ir prižiūrint žemių užtvankas, dėl įvairių priežasčių (netinkamai parinktos žemių užtvankos vietos, netinkamos grunto sudėties, statybos darbų technologinių pažeidimų ir pan.) pasitaiko įvairių gedimų dėl per didelės geofiltracijos per užtvankos masę. Savalaikis pavojingų statinių geofiltracijos reiškinių priežasčių išaiškinimas, geofiltracijos vyksmo bei galimų pasekmių statiniui prognozavimas, apsaugos priemonių nuo nepageidaujamų geofiltracijos reiškinių įvertinimas – šie klausimai svarbūs ir aktualūs siekiant išvengti geofiltracijos sukeltų paplovimų, šlaitų nuošliaužų ir kitų žemių užtvankų deformacijų. Darbe atlikta įlaidinių polių sienos antifiltracinio poveikio analizė. Remiantis Utenos (Klovinių) žemių užtvankos geofiltracinio proceso modeliavimu ir analize pateiktas įrengtos įlaidinių polių sienos antifiltracinio poveikio įvertinimas. Nustatyta, kad netobulos įlaidinių polių sienos įrengimas dalinai sumažina geofiltracinės tėkmės srautą.

Reikšminiai žodžiai: žemių užtvanka, geofiltracija, antifiltracinės priemonės.

Įvadas

Geofiltracija – požeminio vandens tekėjimas užtvankoje, jos pagrindo ir šonų gruntuose dėl aukštesnio ir žemesnio bjefų vandens lygių skirtumo (patvankos). Susidaro vientisa geofiltracijos tėkmė, kuri prasideda aukštesnio bjefo grunto ir užtvankos paviršiuose, tęsiasi užtvankoje, jos pagrindo ir šonų gruntuose ir baigiasi drenažuose bei upėje (kanale) žemutiniame bjefe (STR 2.05.17:2005:3). Geofiltracija – sudėtingas reiškinys, kadangi gamtinėmis sąlygomis požeminio vandens judėjimas yra nenusistovėjęs, nuolat kintantis laiko atžvilgiu (Dobkevičius, 2001:18).

Gamtinėmis sąlygomis geofiltracija vyksta visur ir visada, todėl projektuojant, statant bei panaudojant statinius būtina žinoti svarbiausius jos parametrus (Engineer manual EM 1110–2–1901:14). Filtracijos intensyvumas priklauso nuo geofiltracijos tėkmės charakteristikų (geofiltracijos slėgio aukščio, taip pat – depresijos paviršiaus aukščio, geofiltracijos slėgio aukščio gradiento ir geofiltracijos debito) bei grunto poringumo. Žinant, kad supiltinis gruntas priskiriamas nepatvariųjų kategorijai, ypač nepatvarūs tokie gruntai užtvankų pylimuose, kai jie prisotinti vandens (Šukys ir kt., 2006: 75). Vandens geofiltracija po statiniais bei aplink ar per juos yra vienas svarbiausių veiksnių, nulemiančių jų ilgaamžiškumą, patvarumą ir naudojimo sąlygas. Dėl filtracijos per užtvankas patiriama vandens nuostolių, padidėjus filtracijos srauto greičiui ir kiekiui, galimi užtvankos pylimo ir pagrindo išplovimai, vyksta griūtims gresiančios užtvankų masių deformacijos. Sunkdamasis grunto poromis, filtracinis vanduo gali sukelti filtracinės grunto deformacijas: kolmataciją (išorinę ir vidinę), sufoziją (bendrąją mechaninę, kontaktinę mechaninę, cheminę), filtracinį išspaudimą, kontaktinį išspaudimą, kontaktinį išplovimą (STR 2.05.17:2005:18; Ruplys, 1988:45; Dobkevičius, 2001:34). Filtracinės deformacijos ypač pavojingos didesnėse, hidroenergetikai naudojamose užtvankose, kadangi šias deformacijas gali aktyvinti hidraulinių turbinų keliama vibracija ir pulsuojančias vandens lygio aukštesniame bjefe režimas (Šukys ir kt., 2006: 81).

Dažniausiai užtvankų masių pažeidos dėl filtracinių deformacijų pastebimos praėjus ilgesniam laikui. Šioms deformacijoms nustatyti, kaip teigia tyrėjai (Ramonas ir kt., 2001: 105–110; Kamble et al., 2014:8; Rong et al., 2016: 655; The Norwegian ..., 1986:14), reikia nuolatinių natūrinių stebėjimų. Kartais, tik pasirodžius filtraciniam vandeniui žemutiniame užtvankos šlaite, galima įtarti, kad vyksta filtracinės grunto deformacijos. Vienas iš filtracinių deformacijų požymių yra grunto prisotinimo vandeniu laipsnis, nuo kurio priklauso augalijos vešlumas ir botaninė sudėtis (Šukys ir kt., 2006:80). Užtvankų naudojimo Lietuvoje praktika rodo, kad dažniausiai dėl filtracinių deformacijų įvyksta šlaitų nuošliaužos ir grunto išnešimas (Vyčius ir kt., 2001:4; Andersons et al., 2011:248).

Užsienio tyrėjai (Foster et al., 1998:20, 2000:1012) išanalizavę 124 užtvankų griūtis Australijoje, Naujojoje Zelandijoje, Jungtinėse Amerikos Valstijose nustatė, kad net 48,7 % griūčių įvyko dėl geofiltracijos sukeltos erozijos (užtvankos masyve ar pagrinde). Lietuvoje 1997 m. griuvo Šaukoto žemių užtvanka (Radviliškio raj.) dėl filtracijos per užtvanką esant sufozijai ir kontaktiniam išplovimui (Barokas, 1997: 23–25). Dėl žiemą suintensyvėjusios geofiltracijos sukeltų pažeidų 2011 metais įvyko net dvi griūtys – sausio mėnesį Ramučių užtvankoje (Šilutės raj.) (<http://www.silutesetazinos.lt/9285/ramuciu-hidroelektrines-statybas-sustabde-avarija/>) ir vasario mėnesį Žlibinų užtvankoje (Plungės raj.) (<http://www.pzinios.lt/Rubrikos/Savivaldybeje/Prasidejo-Zlibinu-uztvankos-remonto-ir-zuvu-migracijos-tako-irengimo-darbai>).

Užtvankos žemutiniame bjefe ne kartą buvo šlaito išplovimų, kai kuriose pylimo papėdės vietose sunkėsi filtracinis vanduo.

2014 metais apžiūrėjus Utenos tvenkinio ant Rašės (Raudesos) upės nustatyta esminių Utenos (Klovinių) hidromazgo pažaidų – filtraciniai grunto išplovimai ties risberma žemutiniame šlaite. Pagal pastebėtus defektus ir pažaidas hidromazgo būklė įvertinta balais (Utenos rajono ... statinių ekspertizė, 2013:54), būklė įvertinta kaip labai bloga (avarinė), nes dėl pagrindinių elementų defektų tolimesnis naudojimas negalimas, Utenos rajono savivaldybė užsakė parengti rekonstrukcijos projektą (Utenos rajono ... užtvankos renovacija (I etapas), 2014). Šiame darbe nagrinėjamas pagal rekonstrukcijos projektą įrengtos įlaidinių polių sienos antifiltracinis poveikis.

Tyrimo tikslas – ištirti ir įvertinti rekonstrukcijos metu Utenos (Klovinių) žemių užtvankoje įrengtos įlaidinių polių sienos antifiltracinį poveikį.

Tyrimo objektas – Utenos rajono Utenos (Klovinių) tvenkinio ant Rašės (Raudesos) upės žemių užtvanka.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti literatūros analizę apie geofiltracijos procesą, jo modeliavimą, apsaugos priemones nuo nepageidaujamų geofiltracijos reiškinių.
2. Atlikti geofiltracijos proceso modeliavimą neesant antifiltracinių priemonių.
3. Atlikti geofiltracijos proceso modeliavimą įrengus įlaidinių polių sieną.
4. Įvertinti įrengtos įlaidinių polių sienos antifiltracinį poveikį.

2. Tyrimų metodika

Kameraliniai darbai – analizuota projekcinė ir hidrogeologinių tyrimų dokumentacija kurią ruošė: AB „Hidroprojektas“, Respublikinis vandens ūkio projektavimo institutas, VAI „Hidroprojektas“, Respublikinė tvenkinių priežiūros ir kontrolės valdyba, UAB „Projektų analizės institutas“, UAB „Vilniaus hidroprojektas“ (Užtvankos ant Rašės upelio hidrogeologinių tyrimų ataskaita. **I ir II** tomai, 1995:98; Užtvankos Hidrogeologinių tyrinėjimų ataskaita, 1995:28 ir kt.).

Atliekant natūrinius tyrimus taikyti šie konstrukcijų diagnostikos metodai: *vizualusis* – preliminarai žemių užtvankos ir konstrukcijų apžiūra. Jos metu nustatyta esminių Utenos (Klovinių) hidromazgo pažaidų – filtraciniai grunto išplovimai ties risberma žemutiniame šlaite. Atliekant hidromazgo rekonstrukcijos darbus filtraciniai grunto išplovimai pasireiškė ir risbermos dugne (1 pav.).



1 pav. Geofiltracijos išsikrovimo taškai užtvankos risbermos dugne

Šaltinis: sudaryta autorių

Instrumentiniai tyrimai. Vandens lygiai užtvankos žemutiniame bjeje po rekonstrukcijos matuoti atviraisiais pjezometrais (2 pav.), o geofiltracijos debitai – debitomačiais.



2 pav. Atvirųjų pjezometrų įrengimas užtvankos žemutiniame šlaite
Šaltinis: sudaryta autorių

Kompiuterinė analizė. Siekiant sustabdyti padidintos geofiltracijos srautą analizuota antifiltracinių priemonių įtaka geofiltraciniam režimui naudojant kompiuterinių programų paketą GeoStudio 2007.

Geofiltracijos procesas, jo schematizavimas, pagrindiniai dėsniniai

Žinant, kad požeminio vandens tėkmės dėsniniai pasireiškia įvairiomis hidrogeologinėmis sąlygomis, jas lemia šie pagrindiniai veiksniai (Ramonas, 2008:3):

1. Litologinė vandeningų ir vandensparinių sluoksnių sąranga ir slūgsojimo sąlygos;
2. Vandeningų sluoksnių mitybos ir iškrovos procesai;
3. Filtracinės vandeningų sluoksnių savybės.

Pagrindiniai hidrogeologiniai veiksniai turi būti tiesiogiai ar netiesiogiai aprašyti kokia nors skaičiavimo schema, daugiau ar mažiau išreiškiančia adekvačias gamtines geofiltracijos sąlygas. Tokios schemas (modelio) sudarymas vadinamas gamtinių sąlygų schematizavimu.

Schematizuojant gamtines sąlygas išskiriami trys tipai (Ramonas, 2008:5-6):

- *neslėginė požeminio vandens tėkmė* (neslėginė geofiltracija) su laisvu paviršiumi, kontaktuojančiu su atmosfera;
- *slėginė požeminio vandens tėkmė* (slėginė geofiltracija) izoliuota nuo atmosferos vandeniui nelaidžiais (vandenspara) arba mažai laidžiais sluoksniais ir pjezometrinis (depresinis) paviršius yra aukščiau viršutinės vandeningo sluoksnio ribos su vandenspara arba mažai laidžiu sluoksniu;
- *tarpinio tipo vandenų srautai* stebimi spūdinio vandens išėjimuose į paviršių, šalia drenuojančių elementų – upės arba kitų vandens telkinių, kur vandens lygis žemesnis už pjezometrinį vandens lygį spūdiniam sluoksnyje.

Gamtinėmis (natūraliomis) sąlygomis požeminio vandens tėkmė yra *nenustovi*, nes geofiltracijos tėkmės elementai laikui bėgant kinta. Natūralioje aplinkoje paprastai vyksta sudėtinga *erdvinė* trimatė geofiltracija, kurios slėgio aukščiai, jų gradientai, geofiltracijos greičiai bei debitai kiekvienu laiko t momentu kinta trijų koordinatų ašių x , y , z kryptimis.

Hidrogeodinaminuose skaičiavimuose dažniausiai susiduriame su didelėmis geofiltracinės tėkmės teritorijomis, kurių horizontalūs matmenys daug kartų didesni už vertikalius jų matmenis (nagrinėjamus gylius), tad daugeliu atvejų (ypač praktiniams tikslams) realią geofiltracinę situaciją galime nagrinėti plokščiaame plane, arba vertikaliame pjūvyje. Tokiais atvejais dažniausiai nagrinėjamos dvimatės plokščiosios tėkmės. Tuomet hidrogeodinaminė tėkmė deformuojasi vienoje plokštumoje dviejų koordinatų ašių (x , y arba y , z) atžvilgiu.

Plokščiosios tėkmės skirstomos į planines ir profilines, žiūrint kur vyksta tėkmės deformacija – plane ar profilyje.

Geofiltracinės tėkmės parametrai galutiniame schemas variante turi būti išreikšti skaitiniais rodikliais. Jie rodo išorinių ir vidinių vandeningų bei vandensparinių sluoksnių ribų savybes plane ir pjūvyje, taip pat mitybos ir iškrovos ribų ypatybes. Skaitinėmis vertėmis išreiškiami:

1. *Geofiltracijos tėkmės rodikliai* – slėgio aukštis, jo gradientai, geofiltracinis greitis bei debitas;
2. *Aplinkos filtracinės savybės*. Šiuo atveju pateikiami gruntų laidumo vandeniui ir vandenkaitos (uolienų talpumo) parametrai;
3. *Požeminio vandens mitybos ir iškrovos parametrai* – tai infiltracinės mitybos, pertekėjimo, atitekėjimo / nutekėjimo į kaimyninius vandeningus sluoksnius, požeminio vandens ryšio su paviršiniu vandeniu rodikliai.

Geofiltracija gali būti laminarinė ir turbulentinė. Tai priklauso nuo vandens tekėjimo greičio ir grunto porų skersmens. Laminarinė filtracija yra tada, kai vanduo teka sąlygiškai lygiagrečiais sluoksniais, kurie tarpusavyje nesimaišo. Tai būdinga mažai laidiems gruntams, kur filtracijos greitis v yra mažas.

Prasifiltruojančio vandens kiekis Q priklauso nuo filtracijos skerspjūvio ploto ω ir hidraulinio gradiento I . Ryšį tarp šių dydžių nusako pagrindinis geofiltracijos (Darsi) dėsnis, kuris sieja geofiltracijos srauto debitą su spūdzio pokyčiu ir nusako srauto energijos suvartojimą:

$$Q = k \cdot \omega \cdot I \quad (1)$$

čia: k – filtracijos koeficientas, priklausantis nuo grunto rūšies ir besifiltruojančio vandens klampos, kuri keičiasi, kintant vandens temperatūrai.

Darsi formulė, kurioje filtracijos greičio v ir hidraulinio gradiento I ryšys yra tiesinis, galioja esant laminarinei geofiltracijai. Šios formulės taikymo ribą galima nustatyti iš sąlygos:

$$v \cdot d \leq 0,01 - 0,07, \quad (2)$$

čia: d – vidutinis grunto dalelių skersmuo.

Jei (2) formulės sąlyga neišlaikoma, filtracija virsta turbulentine, ir Darsi dėsnis nebegalioja.

Turbulentinis tekėjimas gali vykti birių stambiagrūdžių gruntų (žvirgždo, gargždo) porose, uolinių gruntų plyšiuose. Tėkmė būna greita, skysčio dalelės juda sudėtinga trajektorija, susidurdamos tarpusavyje ir su porų sienelėmis, nuolat keisdamos tekėjimo kryptį.

Turbulentinės geofiltracijos atveju geofiltracijos greičio v ir hidraulinio gradiento I ryšys yra netiesinis ir išreiškiamas tokia formulė:

$$I = A \cdot v + B \cdot v^2, \quad (3)$$

čia: A ir B – duotam gruntui ir duotai vandens temperatūrai pastovūs, bandymais nustatyti koeficientai.

Geofiltracijos modeliavimo metodai ir būdai.

Pastaraisiais metais labai išplito skaitinis modeliavimas kompiuteriais. Mokslinėje literatūroje pabrėžiama, kad kiti geofiltracijos skaičiavimo būdai šiuo metu praktiškai nebetaikomi. Skaitmeninis modelis yra matematinių savybių, apibendrinančių tiriamą reiškinį, sistema. Skaitinis modeliavimas apima 4 tarpusavyje susijusias dalis: skaitinio modelio sudarymas, matematinis jo nagrinėjimas, rezultatų palyginimas su stebėjimo duomenimis ir skaitinio modelio tikslinimas (kalibravimas).

Skaitinis geofiltracijos modeliavimas turi įvertinti modeliuojamo proceso ypatybes ir kartu turėti aiškų matematinį pagrindą. Praktiniuose skaičiavimuose dažniausiai sprendžiama bendroji planinės nenusistovėjusios filtracijos diferencialinė lygtis, kurią išvedė Ž. Businesskas:

$$\mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(M \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(M \frac{\partial H}{\partial y} \right) + w, \quad (4)$$

čia: $\mu \frac{\partial H}{\partial t} dx dy$ – kaupimosi intensyvumas – įtekančio ir ištekančio vandens kiekio skirtumas; M –

atstojamasis laidumas; esant nevienalyčiam sluoksniuotam gruntui; $\frac{\partial H}{\partial x}$, $\frac{\partial H}{\partial y}$ – slėgio gradientai –

apibūdinami laisvo paviršiaus nuolydžiu; ω – filtracijos skerspjūvio plotas.

Analizuojant geofiltracijos sritį (požeminės erdvės dalį, kurioje vyksta geofiltracija), pirmiausia reikia nustatyti jos kraštines sąlygas. Jos gali būti trijų tipų (Ramonas, 2008:9-10): I-oji kraštinė sąlyga – žinome fiksuotą vandens lygį (Dirichle sąlyga); II-oji kraštinė sąlyga – žinome per ribą pratekančią debitą (Neumano sąlyga); III-oji kraštinė sąlyga yra netobulas kontūras (Koši sąlyga).

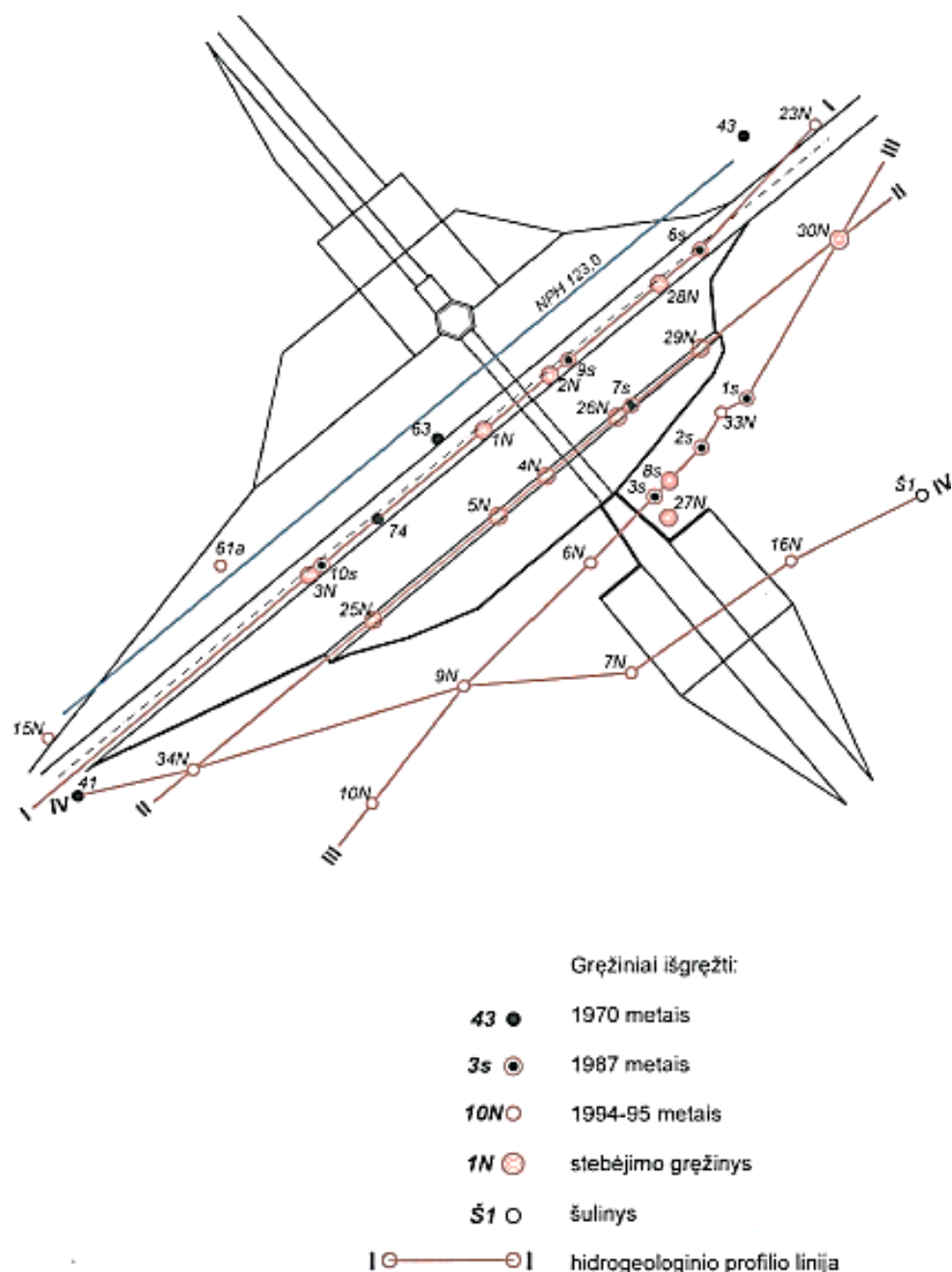
Geofiltracijos parametrų modeliavimas gali būti atliekamas įvairiomis kompiuterinėmis programomis. Geofiltracijos skaičiavimai kompiuteriais pagrįsti skaitiniais diferencialinių lygčių, aprašančių matematinį požeminio vandens judėjimo modelį, sprendimo metodais (Dargenis ir kt., 2009: 88–93). Šie metodai yra skirstomi į dvi grupes: baigtinių elementų ir baigtinių skirtumų. Dauguma kompiuterinių programų (MIKE

SHE, MODFLOW, PLAFI) diferencialinės lygtis sprendžia baigtinių skirtumų metodu, kuris yra paprastesnis. Baigtinių elementų metodas yra naudojamas kompiuterinėse programose FEFLOW ir GeoStudio.

3. Tyrimų rezultatai

Geofiltracijos proceso modeliavimas neesant antifiltracinių priemonių.

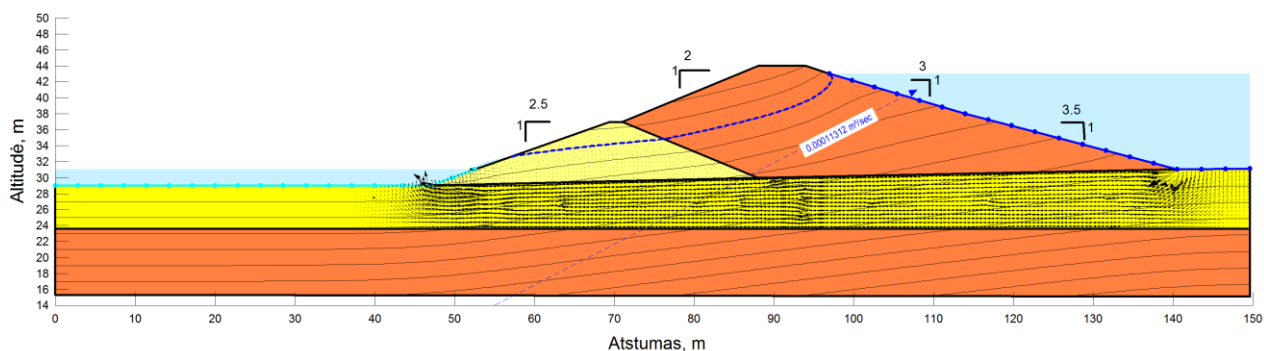
Remiantis ankstesniųjų tyrimų duomenimis (Priemonių avarinei situacijai Rašės..., 1995:68; Užtvankos ant Rašės upelio..., 1995:28; Utenos rajono Klovinių..., 2013:102) nustatyta, kad vanduo po užtvanka filtruojasi daugiausiai apatiniu (vidutinio rupumo, vietomis žvyringu smėlio) sluoksniu ir esamas pašlaitės drenažas jam įtakos nedaro. Remiantis I–I geologinio pjūvio (žr. 3 paveiksle) ir tyrimų duomenimis (Užtvankos ant Rašės upelio hidrogeologinių tyrimų ataskaita, 1995:28) kompiuterinėje programoje GeoStudio 2007 sudaryti skaitmeniniai modeliai, kuriais analizuoti filtracinės tėkmės parametrų pokyčiai.



3 pav. Inžinerinių geologinių gręžinių planas

Šaltinis: Užtvankos ant Rašės upelio..., 1995

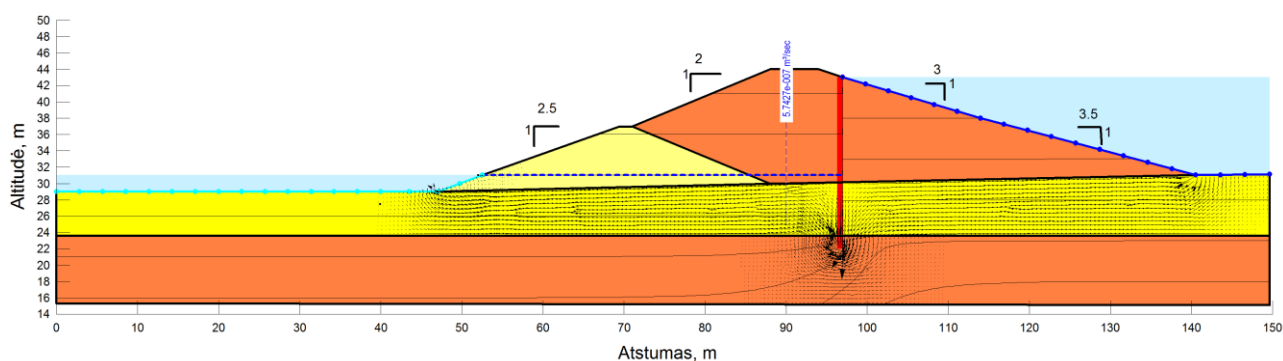
Bendrojo filtracinio debito per užtvanką dydis (113,12 l/s) neįrengus įlaidinių polių sienos pavaizduotas 4 pav.



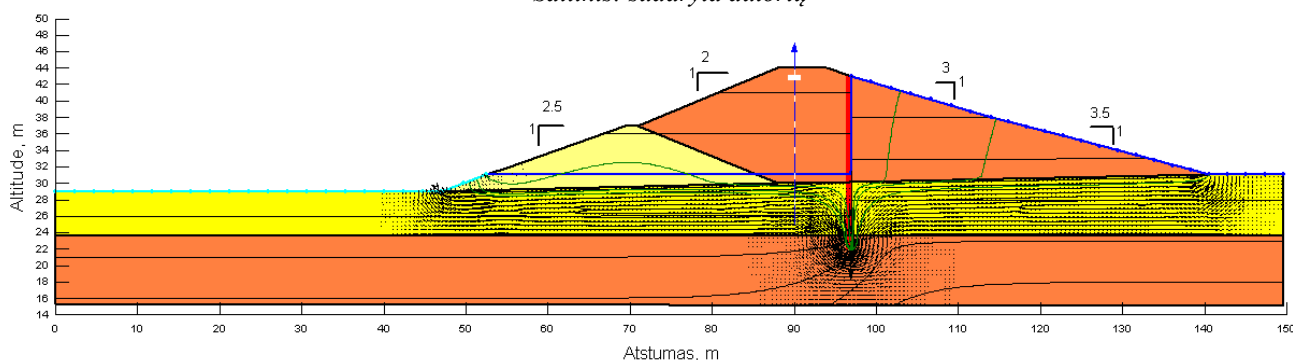
4 pav. Filtracinė tėkmė (bendrasis filtracinis debitas per užtvanką) neįrengus įlaidinės sienos
Šaltinis: sudaryta autorių

Įlaidinių polių sienos įrengimas žemių užtvankos aukštutiniame šlaite.

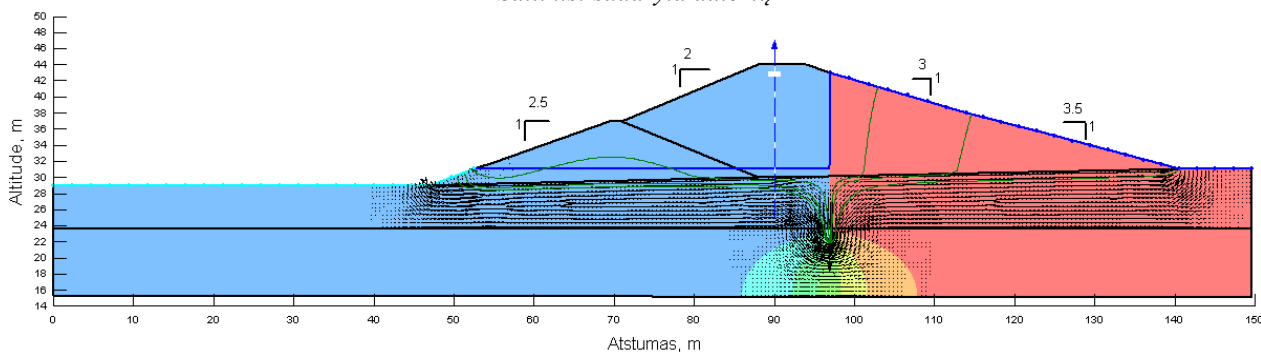
Išanalizavus 5 variantus, kuriuose įvertinta skirtinga įlaidinių polių sienos įrengimo vieta aukštutiniame šlaite, pasirinktas variantas, kuomet tobula įlaidinių polių siena įrengiama ties minimaliu vandens lygiu aukštutiniame žemių užtvankos šlaite.



5 pav. Filtracinė tėkmė (bendrasis filtracinis debitas per užtvanką) įrengus įlaidinių polių sieną
Šaltinis: sudaryta autorių

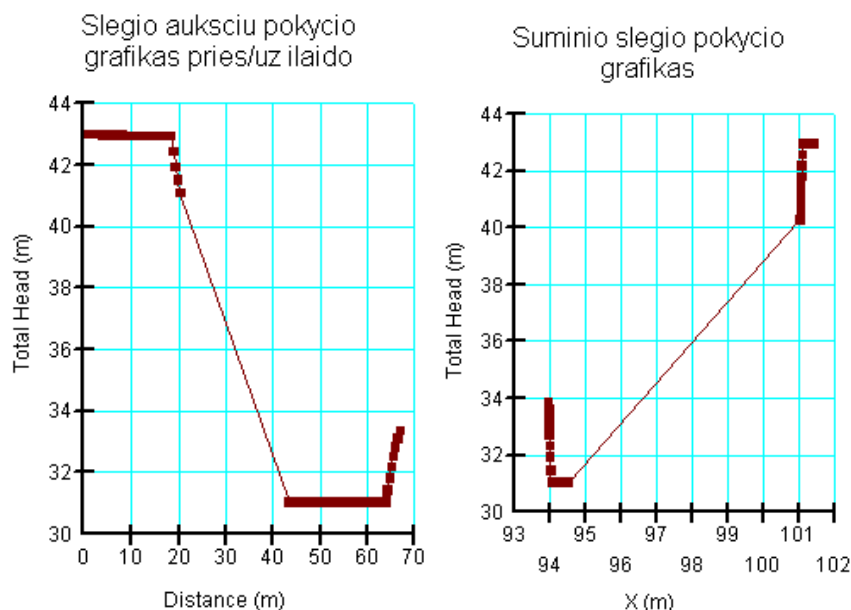


6 pav. Geofiltracinės tėkmės kelias (tėkmės kryptį nurodančios izohipsės) (nuo slėgio aukščio) įrengus įlaidinių polių sieną
Šaltinis: sudaryta autorių



7 pav. Geofiltracinės tėkmės kelias (tėkmės kryptį nurodančios izohipsės) (nuo bendro slėgio) įrengus įlaidinių polių sieną
Šaltinis: sudaryta autorių

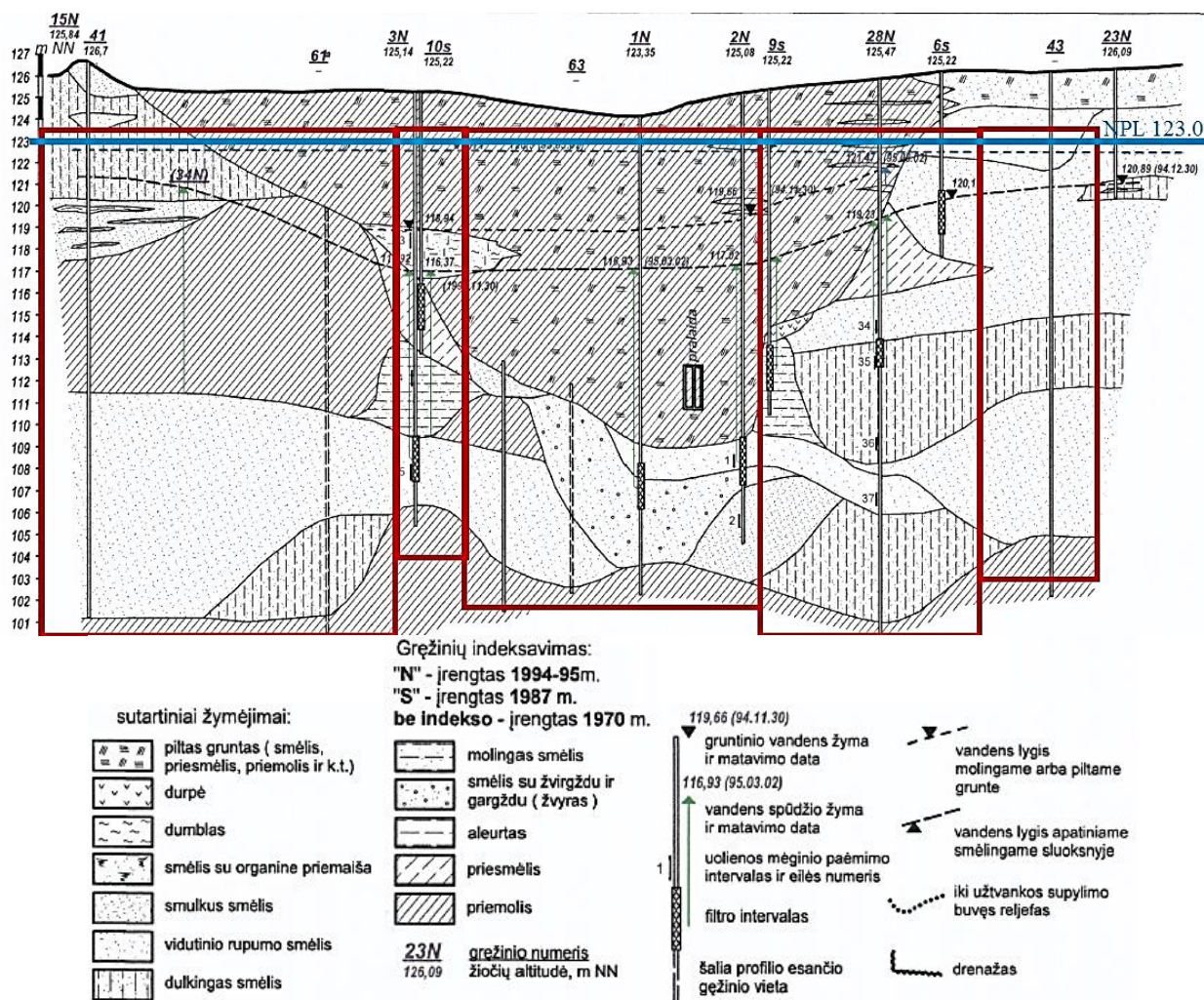
Slėgio pokyčio grafikai įrengus įlaidų sieną pavaizduoti sekančiuose paveiksluose.



8 pav. Slėgio pokyčio grafikai įrengus įlaidinių polių sieną

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš įlaidinių polių sortamento parinktas PU12 skerspjuvis. Tobulos įlaidinių polių sienos įrengimas, perkertant laidaus grunto sluoksnius ir įgilinant į moreninį molį daugiau nei 1m, pavaizduotas paveiksle.



9 pav. Tobulos įlaidinių polių sienos įrengimas iš PU12 profilių

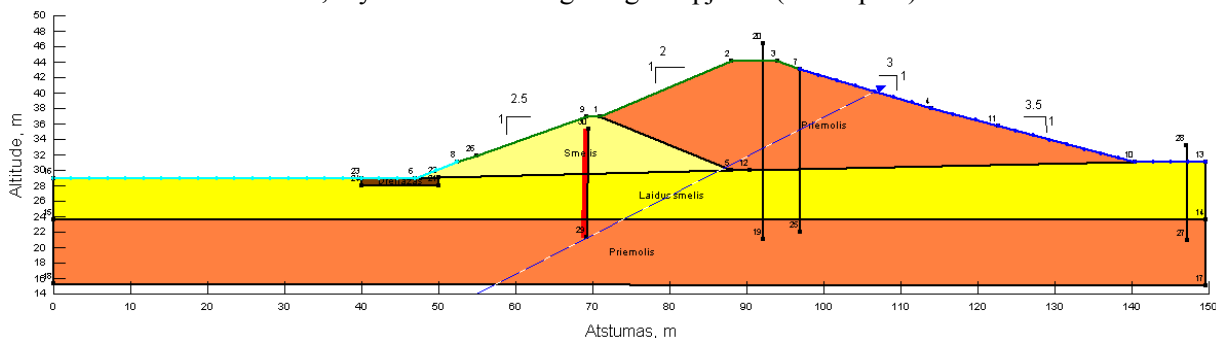
Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad tobulos įlaidinių polių sienos įrengimui ties minimaliu vandens lygiu aukštutiniame žemių užtvankos šlaite reikės 300 tonų metalinių PU12 profilio įlaidų. Atsižvelgiant į didelę įlaidinių polių sienos įrengimo kainą, analizuotas kitas variantas – įrengiant įlaidinių polių sieną žemutiniame šlaite.

Įlaidinių polių sienos įrengimas žemių užtvankos žemutiniame šlaite.

Utenos (Klovinių) žemių užtvankos pagrinde ir šonuose esančių vandeniu laidžių gruntų geofiltracijos apribojimui siūloma įrengti įlaidinių polių sieną. Atsižvelgiant į technines ir finansines galimybes, svarstoma netobula įlaidinių polių siena, tik iš dalies kertanti aktyviausią (filtracinę prasmę) pagrinde esantį smėlio sluoksnį. Utenos (Klovinių) užtvankoje depresijos kreivės pokyčiai įrengiant tobulą arba netobulą įlaidinių polių sieną iliustruoti žemiau pateikiamuose skaitlinio modeliavimo rezultatuose.

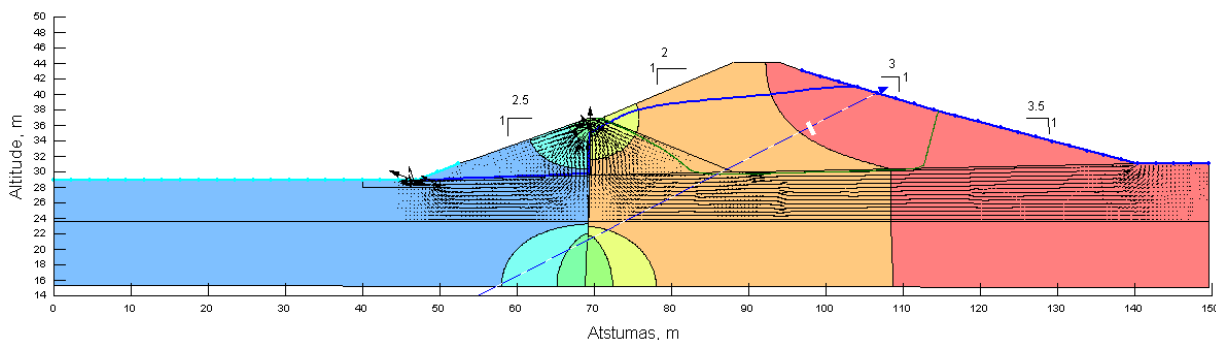
Remiantis II–II ir III–III hidrogeologinių pjūvių (žr. 3 paveiksle) ir tyrimų duomenimis (Užtvankos ant Rašės upelio hidrogeologinių tyrimų ataskaita, 1995:28) kompiuterinių programų paketu GeoStudio 2007 įvertinti 3 variantai, kuriais analizuoti filtracinės tėkmės parametrai, įvertinant skirtingas tobulo įlaidinių polių sienos įrengimo vietas žemutiniame šlaite. Vienas iš variantų, kai tobula įlaidinių polių siena įrengiama žemutiniame šlaite ties berma, t. y. ties II–II hidrogeologiniu pjūviu (žr. 10 pav.).



10 pav. Tobula įlaidinių polių siena įrengta ties II–II hidrogeologiniu pjūviu

Šaltinis: sudaryta autorių

Geofiltracinės tėkmės kelias įrengus tobulą įlaidinių polių sieną ties II–II hidrogeologiniu pjūviu pavaizduotas 11 pav.

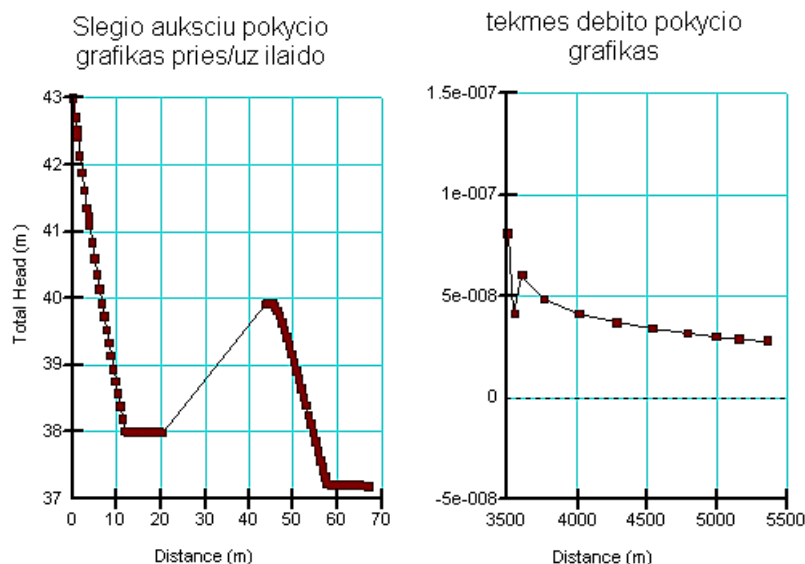


11 pav. Geofiltracinės tėkmės kelias (tėkmės kryptį nurodančios izohipsės) (nuo slėgio aukščio) įrengus tobulą įlaidinių polių sieną ties II–II hidrogeologiniu pjūviu

Šaltinis: sudaryta autorių

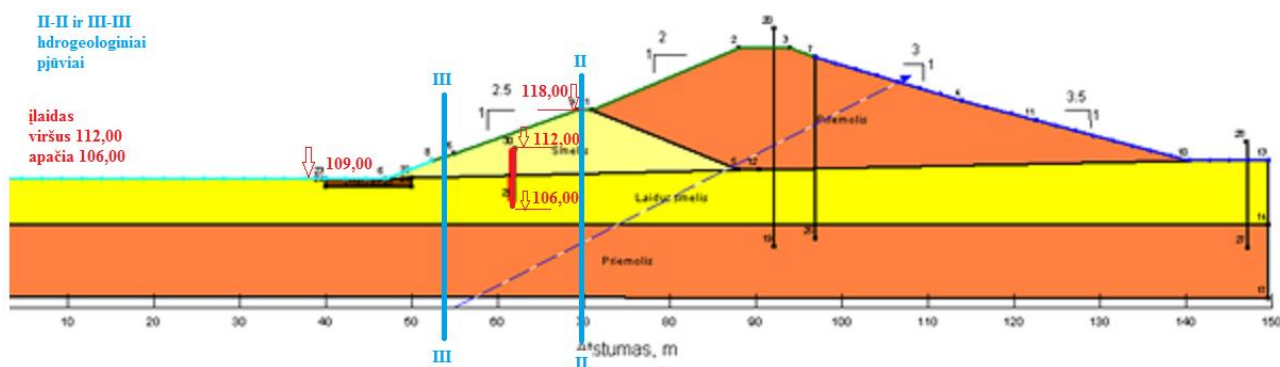
Kaip matyti 11 pav. pateiktuose geofiltracinės tėkmės kelio modeliavimo rezultatuose, įrengus tobulą įlaidinių polių sieną ties II–II hidrogeologiniu pjūviu galimas geofiltracinės tėkmės išsikrovimas virš įrengtos įlaidinių polių sienos. Toks atvejis yra nepalankus – galimos šlaito nuošliaužos, taip pat žiemą galimi užšalimai, o pavasarį atitirpus užšalusiam vandeniui ypač padidėtų nuošliaužų susidarymo tikimybė.

Slėgio pokyčio ir tėkmės pokyčio grafikai įrengus tobulą įlaidinių polių sieną ties II–II hidrogeologiniu pjūviu pavaizduoti 12 pav.



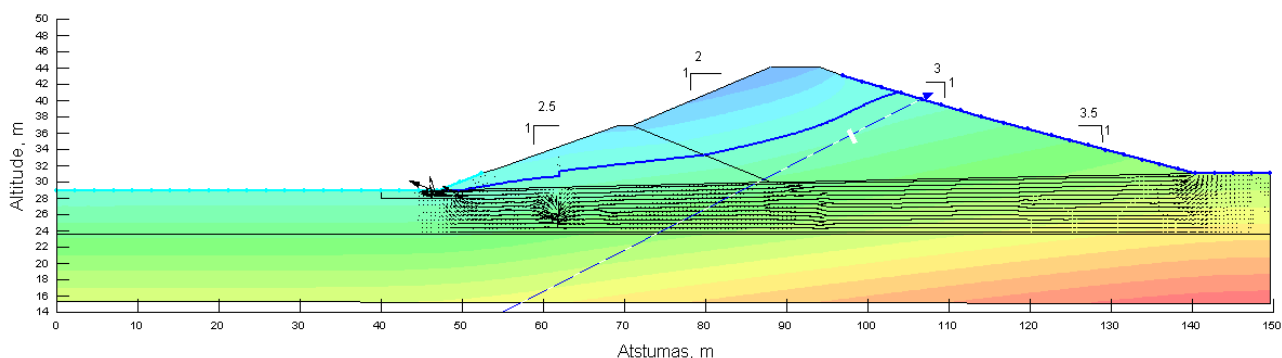
12 pav. Slėgio pokyčio grafikai įrengus tobulą įlaidinių polių sieną ties II–II hidrogeologiniu pjūviu
Šaltinis: sudaryta autorių

Išanalizavus tobulos įlaidinių polių sienos įrengimo vietų žemutiniame šlaite 3 variantus, pasirinktas variantas, kuomet netobula (pilnai neperkertanti laidaus sluoksnio) įlaidinių polių siena įrengiama tarp II–II ir III–III hidrogeologinių pjūvių (13 pav.).



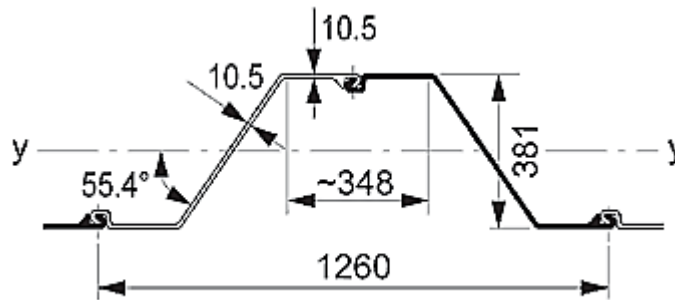
13 pav. Netobula įlaidinė siena įrengta tarp II–II ir III–III hidrogeologinių pjūvių
Šaltinis: sudaryta autorių

Slėgio pokyčio grafikai įrengus netobulą įlaidų sieną pavaizduoti 14 paveiksle.



14 pav. Geofiltracinės tėkmės kelias įrengus netobulą įlaidinių polių sieną tarp II–II ir III–III hidrogeologinių pjūvių
Šaltinis: sudaryta autorių

Analizuojant įlaidų įrengimo vietą ir įlaidų ilgį, vertinti du hidrogeologiniai pjūviai (II–II ir III–III). Pasirinkta, kad antifiltracinė įlaidinių polių siena įrengiama iš 12 m ilgio plieninių įlaidinių elementų AZ19 tipo (15 pav.).



15 pav. Plieninių polių įlaidiniai elementai AZ19 tipo.

Šaltinis: Acelor Mittal Prieiga per internetą: <www.aceor-mittal.com>

Įrengtos įlaidinių polių sienos antifiltracinio poveikio įvertinimas.

Įrengtos įlaidinių polių sienos antifiltracinis poveikis vertintas analizuojant geofiltracinius debitus ir slėgio aukščius skaičiuojamuosiuose modeliuose bei atlikus vandens lygių matavimus po įlaidinių polių sienos įrengimo įrengtuose pjezometruose.

Bendrojo filtracinio debito per Utenos tvenkinio ant Rašės (Raudesos) upės žemių užtvanką dydis (113,12 l/s) neįrengus įlaidinių polių sienos pavaizduotas 4 pav. Kai tobula įlaidinių polių siena įrengiama ties minimaliu vandens lygiu aukštutiniame žemių užtvankos šlaite, bendrasis filtracinis debitas sumažėja iki 57,6 l/s (žr. 5 pav.). Kai tobula įlaidinių polių siena įrengiama ties II–II hidrogeologiniu pjūviu žemutiniame žemių užtvankos šlaite, bendrasis filtracinis debitas 40÷80 l/s (žr. 12 pav.).

Įrengus tobulą įlaidinių polių sieną ties minimaliu vandens lygiu aukštutiniame žemių užtvankos šlaite, depresijos kreivė pažemėtų 12 m (6–8 pav.). Įrengus tobulą įlaidinių polių sieną tarp ties II–II hidrogeologiniu pjūviu žemutiniame žemių užtvankos šlaite, depresijos kreivė pažemėtų 5 m (12 pav.), tačiau tikėtinas nepalankus geofiltracinės tėkmės išsikrovimas virš įrengtos įlaidinių polių sienos. Įrengus netobulą įlaidinių polių sieną tarp II–II ir III–III hidrogeologinių pjūvių žemutiniame žemių užtvankos šlaite, depresijos kreivė ties įlaidu pažemėtų $\square 1$ m (14 pav.).

Atlikus vandens lygių matavimus po įlaidinių polių sienos sukalimo 2015.09.03 d. įrengtuose pjezometruose (2 pav.), nustatyta, kad vandens lygių skirtumas yra 1,4 m, tačiau vėliau, pjezometrams užsikimšus dribsmeliu, vandens lygių skirtumas yra 0,5 m.

Išvados

1. Kompiuterinių programų paketu GeoStudio sudarius skaitmeninius geofiltracijos proceso modelius ir atlikus skaičiavimus, nustatyta, kad neįrengus įlaidinių polių sienos bendrasis filtracinis debitas per Utenos tvenkinio žemių užtvanką siekia 113,12 l/s.

2. Remiantis geofiltracijos proceso modeliavimo rezultatais nustatyta, kad įrengus tobulą įlaidinių polių sieną bendrasis filtracinis debitas per užtvanką sumažėja 49%, kai siena įrengiama ties minimaliu vandens lygiu aukštutiniame žemių užtvankos šlaite ir 29,3 ÷ 64,64%, kai siena įrengiama ties berma žemutiniame žemių užtvankos šlaite.

3. Geofiltracijos proceso modeliavimo rezultatais nustatyta, kad įrengus įlaidinių polių sieną depresijos kreivė pažemėtų:

- kai tobula siena įrengiama ties minimaliu vandens lygiu aukštutiniame žemių užtvankos šlaite – 12 m;
- kai tobula siena įrengiama ties berma žemutiniame žemių užtvankos šlaite – 5 m, tačiau tikėtinas nepalankus geofiltracinės tėkmės išsikrovimas virš įrengtos įlaidinių polių sienos;
- kai netobula siena įrengiama tarp II–II ir III–III hidrogeologinių pjūvių žemutiniame žemių užtvankos šlaite $\square 1$ m.

4. Atlikus natūrinius tyrimus po sukalimo, nustatyta, kad įlaidinių polių sienos žemutiniame žemių užtvankos šlaite įrengtuose pjezometruose vandens lygių skirtumas yra 1,4 m, kas rodo teigiamą antifiltracinį įlaidinių polių sienos poveikį.

Literatūra

1. Acelor Mittal. Prieiga per internetą: www.aceor-mittal.com.
2. Andersons G.; Damulevičius, V.; Šadzevičius, R.; Sankauskienė, T. (2011). *Slope Stability of Earthfill Dams: a Case Study of Naudvaris Dam*. Rural development 2011 : the fifth international scientific conference, 24–25 November, 2011, Akademija : proceedings. Vol. 5, b. 2, p. 248–255.
3. Barokas, R. (1997). *Šaukoto užtvankos griūtis. Žemėtvarka ir melioracija*, Nr. 2, p. 23–25.

4. Dargenis, E.; Kusta, A.; Vyčius, Ž. (2009). *Geofiltracijos modeliavimas įvairiomis programomis*/ Vagos. Nr. 82 (35), p. 88–93.
5. Dobkevičius, M. (2001). *Hidrogeodinamika*, vadovėlis. Vilnius. Enciklopedija. 89 p.
6. Engineer manual EM 1110–2–1901, 1986 (1993). *Seepage analysis and control for dams*.
7. Foster M.A., Fell R., Spannagle M. (1998). Analysis of embankment dam incidents. Sydney : University of New South Wales. 30 p.
8. Foster, M., Fell, R., Spannagle, M. (2000), The statistics of embankment dam failures and accidents. *Canadian Geotechnical Journal*, 37(5), 1000–1024.
9. <http://www.pzinios.lt/Rubrikos/Savivaldybeje/Prasidejo-Zlibinu-uztvankos-remonto-ir-zuvu-migracijos-tako-irengimo-darbai>
10. <http://www.silutesetazinio.lt/9285/ramuciu-hidroelektros-statybas-sustabde-avarija/>
11. Kamble R. K., Muralidhar B., Hanumanthappa M. S., Patil A. V., Edlabadkar J. S. (2014) *Multiple approaches to analyse and control seepage in hydraulic structures*, ISH Journal of Hydraulic Engineering, 20:1, p. 7–13.
12. Ramonas Č. (2008). *Geofiltracijos modeliavimas*. Mokomoji knyga. K., Ardiva. 88 p.
13. Ramonas Č.; Ruplys B. (2001). *Research in geohydrodynamics at Lithuanian university of agriculture*. Vandens ūkio inžinerija. Kaunas–Akademija, Vilainiai. 14 (36), p. 105–110.
14. Ramonas, Č.; Vyčius, Ž. (2007). *Development of the Generalized Numerical Model of the Seepage in the Surroundings of Kruonis PSHP and Simulation Results*. Vagos. Nr. 74 (27),1, p. 57–63.
15. Rašės up. nuotekio reguliavimas. Tvenkinio ant Rašės up. (užtvanka ir šachtinė pralaida). Utenos raj. 1970. 68p.
16. Rong Y., Zengguang X., Junrui Ch., Yuan Q., Yanlong L. (2016) *Permeability test and slope stability analysis of municipal solid waste in Jiangcungou Landfill, Shaanxi, China*. Journal of the Air & Waste Management Association, 66:7, p. 655–662.
17. Šukys P., Ramoška E., Poškus V. (2006). *Žemių užtvankos grunto fizikinių savybių pokyčių tyrimai*. Vandens ūkio inžinerija. Kaunas–Akademija, Vilainiai. 30 (50), p. 75–81.
18. The Norwegian regulation for planning, construction and operation of dams. *Norwegian University Press, Oslo, 1986*.
19. Utenos rajono Klovinių (Utenos) tvenkinio ant Rašės (Raudesos) up. statinių ekspertizė (esamos techninės būklės įvertinimas) ir priešprojektiniai pasiūlymai, UAB. „Projektų analizės institutas“, 2013. 102 p.
20. Utenos rajono Utenos tvenkinio ant Rašės (Raudesos) upės statinių renovacijos (pirmojo etapo) projektas, UAB „Eccus“, 2014. 256 p.
21. Utenos tvenkinio ant Rašės upės Pagrindinės eksploatavimo taisyklės. Utenos raj. 1989. 62 p.
22. Užtvankos ant Rašės up. hidrogeologinių tyrimų ataskaita. II tomas Grafiniai priedai (brėžiniai). Kaunas. 1995. 20p.
23. Užtvankos ant Rašės upelio hidrogeologinių tyrimų ataskaita. I tomas. Tekstas ir tekstiniai priedai. Kaunas 1995. 28 p.
24. Užtvankos ant Rašės upelio kap. remonto darbo projektas. Utenos raj. 1987. 68 p.
25. Užtvankos ant Rašės upelio vertikalaus drenažo žemutiniame bjeje hidrogeologiniai skaičiavimai. Hidrogeologinių tyrinėjimų ataskaita. Kaunas 1995. 98p.
26. Vyčius, J.; Damulevičius V; Rimkus Z. Technical state of existing dams in Lithuania. *International Conference on small hydropower. Proceedings*, Kaunas–Akademija, 2001, p. 2–14.

THE INFLUENCE OF INSTALLATION CUT-OFF PILE WALL ON SEEPAGE PROCESS IN THE EARTH DAM

Summary

A variety of failures occurs due to excessive seepage through the dam body during the design, construction and maintenance of earth dams. It happens because of various reasons: unsuitable dam location at construction site, unsuitable soil composition, disturbance of construction technology, etc.). Timely noticing of the reasons of seepage phenomena, monitoring and evaluation processes dangerous for structure, prediction of seepage path and the possible consequences for structure, protective measures against undesirable effects of seepage - these issues are important and relevant in order to avoid undermining, landslides and other deformations of earth dams caused by seepage. The analysis of anti-seepage effect of cut-off pile wall is performed. According to results of analysis of seepage process modeling in Utena (Kloviniai) earth dam with and without the installed cut-off pile wall was performed assessment of anti-seepage effect of cut-off pile wall. It was found that installation of imperfect cut-off pile wall partially reduces the flow of seepage.

Key words: Earth fill dam, seepage, anti-seepage equipment.

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 pažeidos, būklės tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 860097176, raimondas.sadzevicius@asu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vitas Damulevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: –

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

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 868788153, vitas.damulevicius@asu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rytis Skominas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: 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: Ona Blankienė

Mokslo laipsnis ir vardas: –asistentė

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto asistentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: kelio statinių defektai ir pažaidos, statinių priežiūra

Telefonas ir el. pašto adresas: 862121772, ona.blankiene@edu.ktk.lt

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: +37060097176, raimondas.sadzevicius@asu.lt

Author name, surname: Vitas Damulevičius

Science degree and name: –

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

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

Telephone and e-mail address: +37068788153, vitas.damulevicius@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: Ona Blankienė

Science degree and name: –

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Assistant of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

Author's research interests: defects and deteriorations of road engineering structures, maintenance of buildings.

Telephone and e-mail address: +37062121772, ona.blankiene@edu.ktk.lt

PERTEKLINIO TEPALO KIEKIO ĮTAKA SUKĖTĖJUSIO BETONO PAVIRŠINĖMS ORO POROMS

Mindaugas Daukšys¹, Linas Levulis²

¹Kauno technologijos universitetas, ²UAB „Mitnija“

Anotacija. Šių dienų monolitinių konstrukcijų įrengimui naudojami klojinių skydai yra pagaminti iš skirtingų medžiagų: metalo, derva impregnuotos faneros ir pjautinos medienos. Neretai statybose naudojami ir guma dengti mediniai skydai, plastikų dengti metaliniai skydai arba drenuojantys klojinių skydai. Klojinių skydams sutepti naudojami tepalai augalinių aliejų, mineralinių aliejų, sintetinių aliejų bei vandeninės emulsijos pagrindu. Daugeliu atveju nuo pasirinkto klojinių tipo ir tepalo rūšies priklauso betono paviršiaus kokybė. Tyrimo metu tirta tepalo mineralinių aliejų pagrindu su tirpikliais perteklinio kiekio įtaka betono paviršinių oro porų kiekiui. Tyrimo naudotos iš skirtingų medžiagų pagamintos formos: plastiko, metalo, guma dengtos medienos, derva impregnuotos faneros ir pjautinos medienos. Naudotas mineralinių aliejų pagrindu tepalas. Nustatyta, kad klojinio paviršiaus medžiagos adsorbcinės savybės turi įtakos betono paviršinių oro porų kiekiui, spalvos intensyvumo netolygumui betono paviršiuje ir klojinio paviršiaus dulkėtumui.

Reikšminiai žodžiai: klojinių formos medžiagiškumas, klojinių tepalas, sukietėjusio betono paviršius, paviršinės oro poros, statistinė analizė

Įvadas

Siekiant įgyvendinti įvairius architektų sumanymus šiuo metu pastatų ir įvairių statinių statyboje plačiai naudojamos betono monolitinės ir gelžbetoninės konstrukcijos be papildomos paviršiaus apdailos. Tokiu atveju yra svarbu, kad objekte įrengtų betono monolitinių konstrukcijų ar į statybos aikštelę pristatytų gelžbetoninių konstrukcijų paviršius atitiktų projekte numatytą betono paviršiaus kokybės klasę. Norint pasiekti aukštą betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų paviršiaus kokybę reikia atsižvelgti į daugybę veiksnių: tinkamai parinkti įprastinio betono mišinio sudėtis; vengti klaidų, projektuojant betono monolitinę konstrukciją; naudoti tinkamos paviršiaus kokybės klojinių skydus, kokybiškai nuvalyti klojinių skydus bei tinkamai surinkti klojinių sistemą; klojinių skydų paviršiaus tepimui naudoti tinkamus tepalus ir laikytis gamintojo reikalavimų; tinkamai sukloti betono mišinį į betonuojamas konstrukcijas, laikytis mišinių tankinimui konstrukcijose keliamų reikalavimų; sudaryti tinkamas sąlygas betono kietėjimo bei priežiūros metu; atsižvelgti į žmogiškuosius veiksnius ir kita (Klovas and Daukšys 2012 a; Daukšys, 2015).

Dažniausiai užsakovas pasirašydamas sutartį su rangovu sutartyje nurodo betono monolitinių konstrukcijų paviršiui keliamus reikalavimus – atstumas, iš kurio gali būti matomos tam tikro dydžio paviršinės oro poros, didžiausiais galimas oro poros skersmuo ir galimas jų kiekis konstrukcijos viename kvadratiniam metre, paviršiaus struktūra, paviršiaus tekstūra ir kita. Atliekant betono monolitinių bei surenkamojo gelžbetonio konstrukcijų paviršiaus kokybės vertinimą pastebima, kad ne mažai defektų betono paviršiuje pasireiškia būtent dėl perteklinio klojinių tepalo kiekio klojinio paviršiuje.

Straipsnio temos aktualumui atskleisti iškeliamas pagrindinis tikslas – ištirti perteklinio klojinių tepalo kiekio klojinio paviršiuje įtaką sukietėjusio betono paviršiuje susidariusių oro porų kiekiui ir dydžiui. Tikslui įgyvendinti formuluojami šie uždaviniai:

1. Atlikti literatūros šaltinių analizę apie klojinių tepalo bei formos medžiagiškumo įtaką betono paviršiaus kokybei;

2. Ištirti perteklinio klojinių tepalo kiekio skirtingo medžiagiškumo formos paviršiuje įtaką sukietėjusio betono paviršinių oro porų kiekiui ir dydžiui.

Klojinių tepalo bei formos medžiagiškumo įtaka betono paviršiuje susiformavusių oro porų parametrams

Betono paviršiaus kokybė apibūdinama plika žmogaus akimi iš tam tikro atstumo sunkiai pastebimų ir santykinai mažų paviršinių oro porų kiekiu tam tikrame konstrukcijos plote nebuvimu, paviršiuje matomo išsisluoksniavimo ir iškorėjimo nebuvimu, cementinės tešlos išplovimo nebuvimu, vienuodu betono spalvos intensyvumu ir tolygumu.

CIB Working Commission W29 „Concrete Surface Finishing“ parengtame dokumente (CIB Report No. 24 1973) betonai pagal savo paviršiaus kokybę skirstomi į šias kategorijas: specialus betonai – betono paviršiaus kokybei keliami ypatingai aukšti reikalavimai; aukštos kokybės betonai – betono paviršiaus kokybei keliami apibrėžti reikalavimai; įprastas betonai – betono paviršiaus kokybė neturi didelės reikšmės; grubios tekstūros betonai – betono paviršiaus kokybei nėra keliami jokie reikalavimai. Standarte LST EN 13369:2013 „Bendrosios surenkamųjų betono gaminių taisyklės“ pateikiamos tokios surenkamojo betono gaminių paviršiaus charakteristikos: duobutė, gumbas, griovelis, rumbas, laiptelis, banguotumas. Taip pat paaiškinama kaip šios charakteristikos yra įvertinamos.

Paviršinės oro poros nėra įtraukto oro į mišinį pasekmė, tai yra mišinyje uždarytos oro poros, kurios neturėjo galimybės pasišalinti iš mišinio klojimo metu ir liko prie klojinio paviršiaus sienelės sukietėjus betonui (The SCC European Project Group 2005).

Betono monolitinių konstrukcijų paviršiuje esančios oro poros gali būti vertinamos vizualiai žmogaus akimi (CIB Report No. 24 1973; GOST 13015.0-83; Daukšys and Klovas 2012 b.) arba naudojant vaizdų analizės metodus (Lemaire et al. 2005; Klovas and Daukšys 2013 a; Klovas et al. 2013; Wilson and Petr 2013; Klovas et al. 2014).

Klojinių tepalai be tirpiklių, tirpiklių bei vandeninės emulsijos pagrindu purkštuvo pagalba užnešami tolygiu ir plonu sluoksniu ant klojinio paviršiaus. Kai išgaruoja tirpikliai arba vanduo, klojinio paviršiuje susiformuoja plona klojinių tepalo plėvelė (www.sika.com). Klojinių tepalai be tirpiklių ir tirpiklių pagrindu užpurškiami ant klojinio paviršiaus, po to perteklinis tepalo kiekis šluoste valomas tol, kol klojinio skydo paviršius įgauna blizgų paviršių. Klojinių tepalo vandeninės emulsijos pagrindu kiekis ~60 g/m² laikomas pertekliniu, optimalus tepalo kiekis klojinio paviršiuje turėtų būti ~8 g/m².

Autoriai (Libessar et al. 2015) teigia, kad tepalo sukibimo su klojinio skydo paviršiumi adhezijos energija yra parametras, lemiantis kokybišką gaminių išformavimą. Tepalai, pasižymintys aukštesniu klojinių skydų drėkinamumo laipsniu bei paviršiniais įtempiais, didina adhezijos energiją. Nuo adhezijos energijos ir paviršinių įtempių dydžio priklauso oro burbuliukų pasišalinimas iš sąlyčio zonos – betono mišinys/klojinio skydo paviršius. Tai turi įtakos betono paviršiaus kokybei: paviršinių oro porų kiekiui, betono paviršiaus dulketumui ir prie klojinio skydo paviršiaus prikibusių betono dėmių kiekiui. Remiantis adhezijos energija galima parinkti tinkamus klojinių tepalus gaminių išformavimui.

Klojinių tepalo augalinės alyvos pagrindu plėvelės storis klojinio skydo paviršiuje turi įtakos klojinio paviršiaus dulketumui. Reguluojant šios plėvelės storį galima išvengti dulketumo susidarymo klojinio skydo paviršiuje. Libessar et al. 2015 teigia, jog aukštesnė betono paviršiaus kokybė pasiekama naudojant klojinių tepalus augalinės alyvos pagrindu, lyginant su tepalu mineralinių alyvų tirpiklių ir rūgščių pagrindu.

Autorių (Bouharoun et al. 2013) nuomone polikarboksilo eterių pagrindu plastifikuojanti įmaiša neturi įtakos betono mišinio trinčiai į klojinio skydo paviršių, tačiau ši įmaiša disperguoja ir deflokuliuoja bei stabilizuoja ne tik cemento daleles mišinyje, bet taip pat stabilizuoja ir muilo micleles alyvoje arba muilo koloidines daleles alyvoje (augaliniu pagrindu).

Dauguma klojinių skydų, naudojamų monolitinėje statyboje, yra pagaminti iš metalo ar derva impregnuotos faneros. Tiek plienas, tiek derva impregnuota fanera pasižymi mažomis absorbcinėmis savybėmis (The SCC European Project Group 2005). Todėl perteklinis tepalo kiekis šių skydų paviršiuje gali turėti įtakos dėmių bei paviršinių oro porų atsiradimui sukietėjusio betono paviršiuje. Augalinių aliejų, mineralinių alyvų bei vandens pagrindu pagamintais tepalais klojinių skydai turi būti padengiami ypač plonu sluoksniu, o perteklinis jų kiekis turi būti nuvalytas šluoste. Taip pat svarbu, kad tepalai nebūtų praskiesti. Susitankintais betono mišinys leidžia pasišalinti uždarytomis oro poroms prie klojinio skydo paviršiaus jo klojimo metu. Atsižvelgiant į tai, tepalas turėtų būti parinktas tokio tipo, kad leistų laisvai migruoti mišinyje uždarytam orui prie klojinio sienelės ir jam pasišalinti iš mišinio. Atitinkamo tipo tepalai, naudojami nedrenuojančių klojinių skydų padengimui, gali būti per klampūs, dėl ko migruodami oro burbuliukai gali prilipti prie klojinio skydo paviršiaus ir sukietėjusiam betonui paviršiuje suformuoti paviršines oro poras. Todėl prieš tokių tepalų panaudojimą rekomenduojama atlikti papildomus tyrimus arba jie turėtų būti naudojami drenuojančių ar pusiau drenuojančių klojinių paviršių padengimui, kai siekiama išgauti atitinkamą betono paviršiaus kokybę.

Įprastiniai klojinių skydai sustabdo (uždaro) klojinio paviršiumi migruojantį orą bei vandenį mišinio klojimo bei tankinimo metu, ko pasekoje paviršiuje formuojasi paviršinės oro poros (Cuicui et al. 2012). Drenuojantys klojinių skydai (controlled permeable formwork (CPF)) leidžia klojinio paviršiumi laisvai migruoti orui bei vandeniui mišinio klojimo bei tankinimo metu (Jiaping et al. 2013). Ant klojinio skydo paviršiaus nuo centro į šonų puses yra klijuojamas įdėklas, paliekant 5 mm tarpus, kad galėtų pasišalinti oras ir vanduo.

Siekiant aukštos betono paviršiaus kokybės, nepartartina naudoti pjautinos medienos klojinių skydų (The SCC European Project Group 2005). Visiškai nauji pjautinos medienos skydai yra pakankami sausi ir pasižymi didelėmis absorbcinėmis savybėmis, kas gali sukelti chemines reakcijas betono paviršiuje bei turėti įtakos jo ištrupėjimui. Pjautinos medienos klojinių skydų paviršiai turi būti papildomai apdoroti, sandarūs, o jų tepimui naudojami skvarbūs tepalai. Papildomai neapdorotus pjautinos medienos klojinių skydus prieš naudojimą rekomenduojama impregnuoti cementinės tešlos pieneliu. Tai padės išvengti dėmių ir ištrupėjimų betono paviršiuje atsiradimo dėl cemento reakcijos su cukringomis medžiagomis, esančiomis medienoje. Kelis kartus panaudoti tokio tipo klojinių skydai reikalauja mažesnio klojinių tepalo kiekio, priešingu atveju, sukietėjusio betono paviršiuje bus stebimas betono spalvos netolygumas.

Betono monolitinių konstrukcijų įrengimui autorius (Spahr, 2014) rekomenduoja naudoti klojinių skydus, pagamintus iš tos pačios medžiagos, to pačio tipo ir/arba gamintojo. Autoriaus nuomone atsižvelgiant į klojinio skydo medžiagiškumą, galimas skirtingas tepalo kiekis klojinių skydų paviršiuje.

Naudotos medžiagos ir tyrimo metodai

Betono mišiniui paruošti rišančiąja medžiaga tyrimams buvo naudotas AB “Akmenės cementas” pagamintas portlandcementis CEM II/A-LL 42,5 R (1 lentelė).

1 lentelė

CEM II/A-LL 42,5 R fizikinės ir mechaninės savybės, cheminė bei mineralinė sudėtis

Savitas paviršius, m ² /kg	410
Cemento dalelių tankis kg /m ³	3050
Normalaus tirštumo tešla, %	26,5
Tūrio kitimo tolygumas, mm	0,8
Rišimosi terminai: pradžia, min.	195
Stipris gniuždant po 2 / po 28 parų, MPa	27,1/54,0
Kaitmenys, % (masės)	5,05
Netirpmenys, % (masės)	-
Kalcio sulfatas, išreikštas SO ₃ kiekiu, %	2,48
Chloridai, % (masės)	0,015
Šarmai, skaičiuojant Na ₂ O ekvivalentu, % (masės)	<0,8

Šaltinis: sudaryta pagal AB “Akmenės cementas” cemento bandymų laboratorijos protokolą

Smulkiuoju užpildu betonui naudoti Kvesų karjero 0/1 ir 0/4 frakcijos smėliai, kurių piltiniai tankiai atitinkamai yra 1460 kg/m³ ir 1550 kg/m³. Stambiuoju užpildu betonui naudotas 4/16 frakcijos žvirgždas, kurio piltinis tankis $\rho=1654$ kg/m³. Užpildų granulimetrinė sudėtis pateikta 2 lentelėje.

2 lentelė

Užpildų granulimetrinė sudėtis

Sieto akučių dydis, mm	Išbira, %		
	0/1 frakcijos smėlis	0/4 frakcijos smėlis	4/16 frakcijos žvirgždas
16,0	100,00	100,00	98,80
8,0	100,00	100,00	42,10
4,0	100,00	95,10	4,30
2,0	99,80	81,80	1,00
1,0	99,10	54,60	0,52
0,500	77,40	12,40	0,44
0,250	2,20	0,70	0,36
0,125	0,50	0,30	0,32
0,000	0,00	0,00	0,0

Šaltinis: sudaryta autorių

Plastifikuojančia betono įmaiša tyrimams naudotas „MC-Bauchemie“ (Vokietija) kompanijos pagamintas superplastiklis Muraplast FK 801.1. Techniniai duomenys: veiklioji medžiaga – polikarboksilato eteriai; išvaizda – gelsvas skystis; tirpalo tankis ~ 1,05 g/cm³. Rekomenduojama dozė nuo 0,6 iki 1,4% cemento masės. Paskirtis: naudojamas siekiant išgauti aukštą sukietėjusio betono paviršiaus kokybę.

Betono bandiniams spalvai suteikti naudotas „BASF“ (Vokietija) kompanijos Bayferrox 920 pigmentas. Techniniai duomenys: šarmų kiekis < 0,2%; tankis ~ 4,1 kg/l; pH nuo 3,5 iki 7,5; piltinis tankis nuo 0,3 iki 0,5 kg/l; dalelių dydis nuo 0,1 iki 0,6 μ m. Rekomenduojama dozė nuo 3 iki 6% rišančiosios medžiagos kiekio.

Formų paviršiui ištepti tyrime naudotas „MC-Bauchemie“ (Vokietija) kompanijos pagamintas klojinių tepalas Ortolan SEP 711. Techniniai duomenys: pagamintas mineralinių aliejų su priedais pagrindu; tirpalo tankis ~ 0,85 g/cm³. Rekomenduojamos sąnaudos nuo 10 iki 15 ml/m² įgeriančioms medžiagoms ir nuo 15 iki 30 ml/m² neįgeriančioms medžiagoms. Naudojant purkštuvą klojinių tepalas buvo užpurškiamas ant formų paviršiaus. Perteklinis tepalo kiekis šluoste nebuvo nuvalomas, kaip rekomenduoja tepalų gamintojas.

Betono mišiniams ruošti naudoti sausi užpildai. Cementas, užpildai ir pigmentas buvo dozuoti pagal masę, o vanduo ir plastifikuojanti betono įmaiša – pagal tūrį. Plastifikuojanti betono įmaiša buvo įmaišoma į mišinį kartu su vandeniu, naudojamu mišiniui paruošti. Pigmentas buvo įmaišomas į betono mišiniui paruošti reikalingą cemento kiekį. Betono mišinys maišytas laboratorinėje priverstinio maišymo maišyklėje apie 3 min. dviem stadijomis: 1 stadija – į sudrėkintą betono maišyklę supiltas cementas, užpildai ir 2/3 vandens maišomi apie 2 minutes; 2 stadija – supilamas likęs vandens kiekis ir betono mišinys maišomas apie 1 minutę.

Betono mišinio technologinės savybės nustatytos remiantis šiais standartais: sklidumas – pagal standartą LST EN 12350-5; mišinio tankis – pagal standartą LST EN 12350-6, įtraukto oro kiekis mišinyje – pagal standartą LST EN 12350-7 (žr. 3 lentelę).

3 lentelė

Betono mišinio sudėtis ir technologinės savybės

Betono mišinio sudėtis								
Betono mišinio sudėtis	Cementas, kg	Vanduo, l	0/1 frakcijos smėlis, kg	0/4 frakcijos smėlis, kg	4/16 frakcijos žvirgždas, kg	Plastifik. įmaiša (1,4%), l	Pigmentas (4%), kg	V/C
	293	158	277	733	970	4,20	11,7	0,54
Betono mišinio technologinės savybės								
Mišinio technologinės savybės	Oro kiekis, %			Sklidumas, mm			Tankis, kg/m ³	
	2,4			525			2374	

Šaltinis: sudaryta autorių

Betono bandiniai plokštės buvo formuojami formose, kurių paviršius yra iš plastiko, metalo, gumos, derva impregnuotos faneros ir pjautinos medienos (2 pav.). Bandiniai buvo tankinami ant vibro stalo, kurio amplitudė 0,5 mm; dažnis 50 Hz. Formose bandiniai buvo laikomi 20 val., esant aplinkos oro temperatūrai ~18°C, santykinei drėgmei ~65%.

Suformuotų betono bandinių paviršiaus kokybę vertinta pagal standarto GOST 13015.0-83 reikalavimus betono konstrukcijų paviršiaus kategorijai.

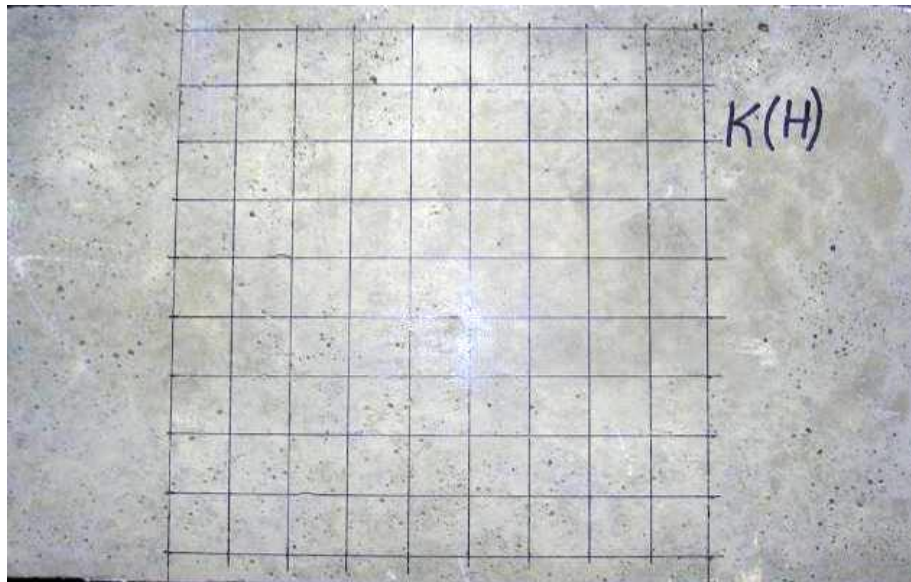
4 lentelė

Reikalavimai betono konstrukcijų paviršiaus kokybei

Betono konstrukcijos paviršiaus kategorija	Poros ar kavernos skersmuo arba didžiausias matmuo	Vietiniai iškilimai arba įdubų gylis	Briaunoje esančių ar ištrupėjimų gylis	Suminis nudažymų ar ištrupėjimų ilgis 1 m ilgio briaunoje
	Duomenys, mm			
A1	Ypač lygus paviršius (etalonas)		2	20
A2	1	1	5	50
A3	4	2	5	50
A4	10	1	5	50
A5	Nėra reikalavimų	3	10	100
A6	15	5	10	100
A7	20	Nėra reikalavimų	20	Nėra reikalavimų
<i>Pastabos:</i> Leistinos atskiros (ne daugiau 1 vnt. 1 m ² paviršiaus) konstrukcijos paviršiuje poros ar kavernos, kurių skersmuo arba didžiausias matmuo ne didesnis kaip: 2 mm – A2 paviršiaus kategorijai; 6 mm – A3 paviršiaus kategorijai; 15 mm – A4 paviršiaus kategorijai. Nesutankinto betono plotai konstrukcijos paviršiuje neleidžiami.				

Šaltinis: sudaryta pagal standartą GOST 13015.0-83. Reikalavimai betono konstrukcijų paviršiaus kokybei

Betono bandinių paviršiuje susiformavusios paviršinės oro poros buvo suskaičiuotos ir išmatuotas jų didžiausias matmuo pasirinktame 729 cm² plote, tai yra 27×27 cm dydžio kvadratas (Klovas et al. 2013 b). Kad būtų lengviau suskaičiuoti ir išmatuoti oro poras, 27×27 cm dydžio kvadratas sudalinamas į mažesnius kvadratus, kurių dydis yra 3×3 cm (1 pav.). Užsiduodama prielaida, kad skaičiuojamos ir matuojamos tik tos oro poros, kurių skersmuo yra didesnis nei 1 mm. Mažesnės nei 1 mm skersmens oro poros yra sunkiau pastebimos žmogaus akimi. Žinoma, tam įtakos turi ir atstumas, iš kurio jos yra stebimos.



1 pav. Oro porų skaičiavimo tinklelio bandinio paviršiuje vaizdas

Šaltinis: sudaryta autorių

Suskaičiavus paviršines oro poras ir išmatavus jų didžiausią matmenį, buvo atliktas duomenų statistinis apdorojimas. Apskaičiuotas duomenų išsibarstymo vidurkis ($\bar{x}$) ir geometrinis vidurkis ($\bar{x}_0$), dispersija (S^2), vidutinis standartinis nuokrypis ($\bar{S}$), variacijos koeficientas ($\bar{V}$). Gautos reikšmės surikiuotos didėjančia tvarka $x_{(1)} \leq \dots \leq x_{(n)}$ ir sudaryta variacinė seka. Surastos maksimali (x_{max}) ir minimali (x_{min}) imties reikšmės. Apskaičiuotas imties plotis (IP):

$$IP = x_{(n)} - x_{(1)}; \quad (1)$$

čia: $x_{(1)} = x_{min}$ imties minimali reikšmė, $x_{(n)} = x_{max}$ imties maksimali reikšmė.

Sudarant variacinę seką, pasirinktas intervalas $(a_0, a_r]$ su savybe $a_0 = x_{(1)}$, $a_r = x_{(n)}$, kuris bus lygus imties pločiui IP . Šis intervalas $(a_0, a_r]$ dalijamas į vienodo ilgio dalinius intervalus. Dalinių intervalų skaičių apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k = 1 + 3,22 \cdot \lg(n); \quad (2)$$

Skirtumas tarp minimalios ir maksimalios stebimų reikšmių padalintas į k lygių intervalų. Dalinio intervalo ilgis h apskaičiuotas pagal formulę: $h = (x_{max} - x_{min}) / k$. Duomenys pateikti 5.1÷5.5 lentelėse.

Stebimų reikšmių daliniai intervalai surašomi į 4 lentelę. Intervalo Nr.1, kurio ribos yra $(a_0, a_1]$, a_1 yra apskaičiuotas pagal formulę: $a_1 = a_0 + h$, taip apskaičiuotos ir kitų dalinių intervalų ribos. Apskaičiuota kiek duotų sąlygoje duomenų patenka į kiekvieną dalinį intervalą. Patekimo į intervalą $(a_{i-1}, a_i]$ dažnis žymimas m_i . Apskaičiuoti santykiniai dažnių tankiai:

$$W_i = m_i / n; \quad (3)$$

Betono bandinių paviršiuje susiformavusių oro porų analizės duomenys pateikti 5÷9 lentelėse.

Tyrimo rezultatai

Pertekliniu klojinių tepalo kiekiu padengtos formos paviršiaus vaizdas prieš bandinių formavimą, iš formų išimtų betono bandinių paviršiaus vaizdas ir formos, išėmus bandinį, paviršiaus vaizdas pateikti 2 pav.



forma plastiko paviršiumi



forma metalo paviršiumi



forma gumos paviršiumi



forma derva impregnuotos faneros paviršiumi



forma pjautinos medienos paviršiumi

a

b

c

2 pav. Pertekliniu tepalo kiekio padengtos formos vaizdas (a), iš formos išimto betono bandinio paviršiaus vaizdas (b) ir formos, išėmus bandinį, paviršiaus vaizdas (c)

Šaltinis: sudaryta autorių

Plastiko įtaka betono paviršinių oro porų parametrų. Plastiko formos paviršių padengus pertekliniu tepalo mineralinių aliejų su priedais kiekiu, sukietėjusio betono 27×27 cm matmenų plote susiformavo 666 vnt. paviršinių oro porų. Šių porų skersmuo kito nuo 1,0 iki 4,0 mm, o vidutinis skersmuo gautas apie 1,06 mm (5 lentelė). Didžiausias kiekis (593 vnt.) gautas paviršinių oro porų, kurių skersmuo kito nuo 1,0 iki 1,27 mm. Pagal standarto GOST 13015.0-83 reikalavimus plastiko formoje suformuotas betono paviršius priskirtas A3 kategorijai. Taip pat perteklinis tepalo mineralinių aliejų su priedais kiekis turėjo įtakos plastiko formos

dulkėtumui. Išėjus bandinį iš formos matyti, kad formos paviršius buvo padengtas dulkėmis (2 pav.). Spalvos intensyvumas bandinio plote buvo pasiskirstęs tolygiai, nebuvo aiškiai matomų dėmių.

5 lentelė

Paviršinių oro porų statistiniai duomenys, naudojant formą plastiko paviršiumi

<i>Oro porų dydžio statistiniai duomenys</i>												
$\bar{x}$, mm	$\bar{x}_0$, mm	S^2 , mm ²	$\bar{S}$, mm	$\bar{v}$	N	x_{min} , mm	x_{max} , mm	IP, mm	k	h		
1,089	1,064	0,0949	0,3081	0,2828	666	1,0	4,0	3,0	11	0,270		
<i>Stebimų reikšmių daliniai intervalai</i>												
Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
x	1,0	1,27	1,55	1,82	2,09	2,37	2,64	2,91	3,18	3,46	3,73	4,0
<i>Duomenų patekimo dažniai ir santykinių dažnių tankiai</i>												
Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Patekimo dažnis	593	45	0	23	0	2	0	0	0	0	3	
Santykinis dažnis	0,890	0,068	0	0,035	0	0,003	0	0	0	0	0,005	

Šaltinis: sudaryta autorių

Metalo įtaka betono paviršinių oro porų parametrų. Perteklinis tepalo kiekis metalo formos paviršiuje sudarė sąlygas sukietėjusio betono paviršiuje susiformuoti 582 vnt. paviršinių oro porų. Minėtų porų skersmuo kito nuo 1,0 iki 2,5 mm, o jų vidutinis skersmuo gautas apie 1,07 mm (6 lentelė). Gautas didžiausias kiekis (506 vnt.) paviršinių oro porų, kurių skersmuo kito nuo 1,0 iki 1,14 mm. Pagal standarto GOST 13015.0-83 reikalavimus betono paviršius priskirtas A3 kategorijai. Iš 2 pav. taip pat matyti, kad tepalo plėvelės storis turėjo įtakos formos paviršiuje prikibusių betono dėmių kiekiui bei nevienodam spalvos intensyvumui bandinio plote.

6 lentelė

Paviršinių oro porų statistiniai duomenys, naudojant formą metalo paviršiumi

<i>Oro porų dydžio statistiniai duomenys</i>																								
$\bar{x}$, mm	$\bar{x}_0$, mm		S^2 , mm ²		$\bar{S}$, mm		$\bar{v}$		N		x_{min} , mm	x_{max} , mm	IP , mm	k	h									
1,091	1,070		0,0657		0,2563		0,2349		582		1,0	2,5	1,5	11	0,136									
<i>Stebimų reikšmių daliniai intervalai</i>																								
Inter. Nr.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11			
x	1,0		1,14		1,27		1,41		1,55		1,68		1,82		1,95		2,09		2,23		2,36		2,5	
<i>Duomenų patekimo dažniai ir santykinių dažnių tankiai</i>																								
Inter. Nr.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11			
Patekimo dažnis	506		0		0		49		0		0		0		24		0		0		3			
Santykinis dažnis	0,869		0		0		0,084		0		0		0		0,041		0		0		0,005			

Šaltinis: sudaryta autorių

Gumos įtaka betono paviršinių oro porų parametrų. Perteklinis tepalo kiekis gumos formos paviršiuje sudarė sąlygas sukietėjusio betono paviršiuje susiformuoti 1281 vnt. paviršinių oro porų. Šių porų skersmuo kito nuo 1,0 iki 5,0 mm, o jų vidutinis skersmuo gautas apie 1,09 mm (7 lentelė). Esant šios medžiagos formos paviršiui buvo gautas didžiausias paviršinių oro porų kiekis 27×27 cm plote, lyginant su kita formos paviršiaus medžiaga. Gautas didžiausias kiekis (1051 vnt.) paviršinių oro porų, kurių skersmuo kito nuo 1,0 iki 1,33 mm. Pagal standarto GOST 13015.0-83 reikalavimus betono paviršius priskirtas A4 kategorijai. Naudojant formą gumos paviršiumi gauta žemiausia betono paviršiaus kategorija. Tepalo plėvelės storis turėjo įtakos formos paviršiaus dulkėtumui bei nevienodam spalvos intensyvumui bandinio plote (2 pav.).

7 lentelė

Paviršinių oro porų statistiniai duomenys, naudojant formą gumos paviršiumi

<i>Oro porų dydžio statistiniai duomenys</i>											
$\bar{x}$, mm	$\bar{x}_0$, mm	S^2 , mm ²	$\bar{S}$, mm	$\bar{v}$	N	x_{min} , mm	x_{max} , mm	IP , mm	k	h	
1,124	1,091	0,1267	0,3560	0,3168	1261	1,0	5,0	4,0	12	0,333	
<i>Stebimų reikšmių daliniai intervalai</i>											

Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
x	1,0	1,33	1,67	2,0	2,33	2,67	3,0	3,33	3,66	4,0	4,33	4,66	5,00
Duomenų patekimo dažniai ir santykinų dažnių tankiai													
Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Patekimo dažnis	1051	154	37	0	5	9	0	1	2	0	0	2	
Santykinis dažnis	0,833	0,122	0,029	0	0,004	0,007	0	0,001	0,002	0	0	0,002	

Šaltinis: sudaryta autorių

Derva impregnuotos faneros įtaka betono paviršinių oro porų parametrų. Derva impregnuotos faneros formos paviršių padengus pertekliniu tepalo kiekiu betono paviršiuje susiformavo 378 vnt. paviršinių oro porų. Šių porų skersmuo kito nuo 1,0 iki 6,0 mm, o jų vidutinis skersmuo gautas apie 1,12 mm (8 lentelė). Gautas mažesnis paviršinių oro porų kiekis 27×27 cm plote, lyginant su forma plastiko, metalo ar gumos paviršiumi. Didžiausias kiekis (359 vnt.) gautas paviršinių oro porų, kurių skersmuo kito nuo 1,0 iki 1,50 mm. Galima daryti prielaidą, kad derva impregnuotos faneros paviršiuje esantis perteklinis tepalo kiekis turėjo mažesnę įtaką laisvai migruoti mišinyje uždarytam orui prie formos sienelės ir jam pasišalinti iš mišinio jo klojimo bei tankinimo metu. Pagal standarto GOST 13015.0-83 reikalavimus betono paviršius priskirtas A3 kategorijai. Derva impregnuota fanera pasižymi mažomis absorbcinėmis savybėmis, todėl perteklinis tepalo kiekis šių skydų paviršiuje galėjo turėti įtakos dėmių bei paviršinių oro porų atsiradimui sukietėjusio betono paviršiuje. Iš 2 pav. matyti, kad tepalo plėvelės storis turėjo įtakos formos paviršiaus dulketumui bei nevienodam spalvos intensyvumui bandinio plote.

8 lentelė

Paviršinių oro porų statistiniai duomenys, naudojant formą derva impregnuotos faneros paviršiumi

<i>Oro porų dydžio statistiniai duomenys</i>											
$\bar{X}$, mm	$\bar{X}_0$, mm	S^2 , mm ²	$\bar{S}$, mm	$\bar{V}$	N	X_{min} , mm	X_{max} , mm	IP, mm	k	h	
1,160	1,121	0,1660	0,4073	0,3511	378	1,0	6,0	5,0	10	0,50	
<i>Stebimų reikšmių daliniai intervalai</i>											
Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
x	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
<i>Duomenų patekimo dažniai ir santykinių dažnių tankiai</i>											
Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Patekimo dažnis	359	15	1	1	0	1	0	0	0	1	
Santykinis dažnis	0,950	0,040	0,003	0	0	0,003	0	0	0	0,003	

Šaltinis: sudaryta autorių

Pjautinos medienos įtaka betono paviršinių oro porų parametrų. Pjautinos medienos formos paviršių padengus pertekliniu tepalo kiekiu betono paviršiuje susiformavo 76 vnt. paviršinių oro porų, kurių skersmuo kito nuo 1,0 iki 5,0 mm. Šių porų vidutinis skersmuo gautas apie 1,09 mm (9 lentelė). Naudojant formą pjautinos medienos paviršiumi gautas mažiausias paviršinių oro porų kiekis 27×27 cm plote, lyginant su forma plastiko, metalo, gumos ir derva impregnuotos formos paviršiumi. Didžiausias kiekis (61 vnt.) gautas paviršinių oro porų, kurių skersmuo kito nuo 1,0 iki 1,50 mm. Pjautinos medienos paviršius prieš bandymą nebuvo apdorotas jokiais kitais būdais. Galima daryti prielaidą, jog perteklinis tepalo kiekis buvo sugertas pačios medienos. Todėl medienos paviršiuje susiformavusios tepalo plėvelės storis buvo pakankamas, kad mišinyje uždarytas oras galėtų laisvai migruoti prie formos sienelės ir pasišalinti iš mišinio jo klojimo bei tankinimo metu. Pagal standarto GOST 13015.0-83 reikalavimus betono paviršius priskirtas A3 kategorijai. Iš 2 pav. matyti, kad tepalo plėvelės storis neturėjo įtakos formos paviršiaus dulketumui, nevienodam spalvos intensyvumui bandinio plote ir betono paviršiuje esančių ištrupėjusių plotų skaičiui.

9 lentelė

Paviršinių oro porų statistiniai duomenys, naudojant formą pjautinos medienos paviršiumi

<i>Oro porų dydžio statistiniai duomenys</i>										
$\bar{x}$, mm	$\bar{x}_0$, mm	S^2 , mm ²	$\bar{S}$, mm	$\bar{v}$	N	x_{min} , mm	x_{max} , mm	IP, mm	k	h
0,4675	1,192	0,4745	0,6889	1,474	76	1,0	5,0	4,0	8	0,50
<i>Stebimų reikšmių daliniai intervalai</i>										
Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8		

x	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
<i>Duomenų patekimo dažniai ir santykinų dažnių tankiai</i>									
Inter. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	
Patekimo dažnis	61	10	0	4	0	0	0	1	
Santykinis dažnis	0,803	0,132	0	0,053	0	0	0	0,013	

Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimo metu gauti rezultatai parodo, kad klojinio skydo medžiagiškumas arba jo savybė sugerti/nesugerti dalį klojinio tepalo turi įtakos sukietėjusio betono paviršiaus kokybei. Pavyzdžiui, gumos nesugertas perteklinis tepalo kiekis neleido laisvai migruoti mišinyje uždarytam orui prie formos sienelės ir jam pasišalinti iš mišinio jo klojimo bei tankinimo metu. Šiuo atveju gautas didžiausias oro porų kiekis nagrinėjamame plote ir žemiausia betono paviršiaus kategorija. Ir atvirkščiai, pjautinos medienos sugertas perteklinis tepalo kiekis leido laisvai migruoti mišinyje uždarytam orui prie formos sienelės ir jam pasišalinti iš mišinio jo klojimo bei tankinimo metu. Ir šiuo atveju gautas mažiausias oro porų kiekis nagrinėjamame plote ir aukštesnė betono paviršiaus kategorija.

Išvados

1. Tyrimo metu nustatyta, kad perteklinis tepalo kiekis skirtingos medžiagos paviršiuje turi įtakos betono bandinių paviršinių oro porų dydžiui ir jų kiekiui. Priklausomai nuo panaudotos medžiagos betono bandinių paviršinių oro porų skersmuo kito nuo 1,0 iki 6,0 mm, o jų vidutinis skersmuo – nuo 1,06 iki 1,12 mm. Mažiausias tokių oro porų kiekis (67 vnt.) 27×27 cm plote gautas bandinio, formuoto pjautinos medienos formoje, o didžiausias – gumos paviršiaus formoje (1261 vnt.).
2. Remiantis standarto GOST 13015.0-83 reikalavimais betono bandinių, formuotų plastiko, metalo, derva impregnuotos faneros ir pjautinos medienos formose, paviršiaus kategorija priskiriama A3, o bandinio, formuoto gumos paviršiaus formoje – A4 paviršiaus kategorijai.
3. Formos medžiagos savybė sugerti/nesugerti dalies klojinio tepalo kiekio turi įtakos paviršinių oro porų koncentracijai ir spalvos intensyvumo netolygumui bandinio plote bei formų paviršiaus dulkėtumui.

Literatūra

1. Bouharoun, S.; De Caro, P.; Dubois, I.; Djelal, Ch.; Vanhove, Y. 2013. Effect of a superplasticizer on the properties of the concrete/oil/formwork interface. *Construction and Building Materials*, 2013, vol. 47, p. 1137–1144.
2. CIB Working Commission W29 „Concrete Surface Finishing“ (1973). Tolerances on blemishes of concrete, CIB Report, No. 24, 17 p.
3. Cuicui, Ch.; Jianzhong, L.; Gong, C.; Jiaping, L. Effect of controlled permeable formwork on the improvement of concrete performances. *Procedia Engineering*, 2012, vol. 27, p. 405–411.
4. Daukšys, M. Betono paviršiaus kokybė: realybė ir siekiamybė. *Structum*, 2015, Nr. 3, p. 76-77.
5. Daukšys, M.; Klovas, A. 2012 b. Apdailinio betono paviršiaus kokybės įvertinimo metodai. Medžiagų inžinerija 2012: respublikinė konferencija: konferencijos pranešimų santraukos, 2012 m. lapkričio 16 d, Kaunas, p. 14-15.
6. Jiaping, L.; Changwen, M.; Cuicui, Ch.; Jianzhong, L.; Gong, C. 2013. Effect and mechanism of controlled permeable formwork on concrete water adsorption. *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 39, p. 129–133.
7. Klovas, A.; Daukšys, M. Monolitinių konstrukcijų vertinimas pagal jų paviršiaus kokybę: apžvalga. *Statyba ir architektūra: jaunųjų mokslininkų konferencijos pranešimų medžiaga* / Kauno technologijos universitetas, 2012a, p. 66–73.
8. Klovas, A.; Daukšys, M. The evaluation methods of decorative concrete horizontal surfaces quality. *Materials science = Medžiagotyra*, 2013a, vol. 19, p. 343–348.
9. Klovas, A.; Daukšys, M. The influence of form release agent application to the quality of concrete surfaces. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2nd International Conference on Competitive Materials and Technological Processes (IC-CMTP2)*, 8–12 October 2012, Miskolc-Lillafüred, Hungary, 2013b, vol. 47, p. 1–6.
10. Klovas, A.; Daukšys, M.; Levulis, L. The distribution analysis of concrete horizontal surface air pores. *Journal of sustainable architecture and civil engineering = Darnioji architektūra ir statyba*. 2013, vol. 2, p. 40–45.
11. Klovas, A.; Daukšys, M.; Villalon, F.I.; Bertašius, Š. The insights of formed concrete surface quality evaluation using open source software "ImageJ". *Advanced construction 2014: proceedings of the 4th international conference*, 9-10 October, Kaunas, Lithuania, 2014, p. 81–85.
12. Lemaire, G.; Escadeillas, G.; Ringot, E. Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. *Construction and Building Materials*, 2005, vol. 19, p. 604–611.
13. Libessart, L.; De Caro, P.; Djelal, Ch.; Dubois, I. Correlation between adhesion energy of release agents on the formwork and demoulding performances. *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 76, p. 130–139.
14. Spahr, R. Guide to Formed Concrete Surfaces. Presented by Technical Committee 347. Meva Formwork Systems. 2014. Prieiga per internetą: http://www.meva-international.com/meva-media/docs/de/ACI_2014_Webinar_Guide-to-Formed-Concrete-Surfaces-sp.pdf [žiūrėta 2015-10-27].

15. The Self Compacting Concrete European Project Group. The European Guidelines for Self Compacting Concrete. Specification, production and use. 2005, 68 p.
16. Da Silva, W.R.L.; Štemberk, P. Expert system applied for classifying self-compacting concrete surface finish. *Advances in Engineering Software*. 2013, vol. 64, p. 47–61.

INFLUENCE OF EXCESSIVE AMOUNT OF RELEASE OIL ON THE FORMWORK TO THE AIR PORES OF HARDENED CONCRETE SURFACE

Summary

These days for monolithic concrete structure constructions are used formwork panels, which made from different materials: steel, resin surfaced plywood, sawn timber, rubber coated plywood, plastic coated steel and controlled permeable formwork. In construction site for formwork panels are used release agents, which based on mineral oils, synthetic oils, vegetable oils and aqueous emulsions. In many cases, surface quality of concrete depends on chosen type of formwork and type of release agent. In this research was investigated influence of excessive amount of release oil on the formwork to the air pores of concrete surface. In this research were used five different moulds: plastic, steel, rubber coated wood, resin surfaced plywood and sawn timber. Release agent was based on mineral oils. This research study shows that adsorption properties of moulds has influence on the quantity of hardened concrete air pores, colour variation and dusting of the moulds.

Key words: materiality of formwork, release agent, hardened concrete surface, surface air pores, statistical analysis.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Linas Levulis.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Mitnija“, kokybės kontrolės specialistas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybų technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 631 01869, l.levulis@mitnija.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Mindaugas Daukšys.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, Statybos technologijų katedra.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybų technologijos, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 37 300479, mindaugas.dauksys@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Linas Levulis.

Science degree and name: master.

Workplace and position: JSC „Mitnija“, quality control inspector at JSC „Mitnija“.

Author's research interests: building technologies.

Telephone and e-mail address: +370 631 01869, l.levulis@mitnija.lt

Author name, surname: Mindaugas Daukšys.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Department of Construction Technologies.

Author's research interests: building technologies, material technologies, methodology of engineering sciences.

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

KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS PASTATŲ PAMATŲ TECHNINĖS BŪKLĖS TYRIMAI

Raimondas Šadzevičius, Edmundas Šimoliūnas, Ona Blankienė

Kauno technikos kolegija

Anotacija. Nuolat veikiamos išorinių ir vidinių poveikių statinių konstrukcijos, inžineriniai tinklai ir kita technologinė įranga nusidėvi, senėja ir pagaliau suyra. Darbo tikslas – įvertinti Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų būklę ir pasiūlyti pamatų stiprinimo variantus. Pagal darbo tikslą suformuluoti tokie uždaviniai: Atlikti Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų vizualinę apžiūrą; Įvertinti Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų būklę; Instrumentiniais tyrimais nustatyti Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų gniuždomąjį stiprį; Pagal Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų būklės tyrimo rezultatus pasiūlyti stiprinimo variantus.

Darbe atlikta literatūros (apie plyšių tipų, pločio, ilgio įvertinimą, deformacijų priežasčių) analizė. Remiantis Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų natūrinių tyrimų rezultatais įvertintas pamatų konstrukcijų gniuždomasis stipris, užfiksuoti defektai ir pažaidos, pasiūlyti pamatų stiprinimo variantai.

Reikšminiai žodžiai: pamatai, defektai ir pažaidos, techninės būklės vertinimas.

Įvadas

Konstrukcijų būklės tyrimo ir vertinimo tikslai. Svarbi statinių priežiūros dalis yra jų konstrukcijų tyrimai, kurių metu būklė tiriama ir vertinama vizualiai, kartu atliekant ir instrumentinę kontrolę (Jokūbaitis ir kt., 2012; Jokūbaitis, 2007; Venskevičius ir kt., 1996; Kamaitis, 1995). Remiantis konstrukcijų ir inžinerinės įrangos esamos būklės vertinimo išvadomis ir rekomendacijomis sprendžiama apie reikalingo remonto apimtį, trukmę, medžiagų sąnaudas, remonto darbų įrangą ir pan.

Statinio konstrukcijų būklės tyrimo darbus santykinai galima suskirstyti į tris etapus (Jokūbaitis, 2007). Statinių būklės tyrimų praktikoje šių etapų pavieniai darbai, priklausomai nuo konkrečių aplinkybių, gali būti atliekami lygiagrečiai arba iš viso neatliekami.

Pirmasis būklės tyrimų darbų etapas yra pažintinis parengiamasis. Šiame etape atliekama pažintinė statinio konstrukcijų vizuali apžiūra, kurios metu gaunama pradinė informacija apie konstrukcijų būklę, atkreipiant dėmesį į labiausiai pažeistas statinio konstrukcijų vietas. Dažniausiai šios vietos yra fotografuojamos arba filmuojamos. Detaliai analizuojami esami statinio projekto brėžiniai ir tekstiniai aprašymai, tipinių detalių ir jų mazgų albumai, statybos (remonto) paslėptų darbų aktai, statybos techninės ir projekto vykdymo priežiūros žurnalai.

Pagal parengtą būklės tyrimų programą *antrajame* etape konstrukcijos detaliai tiriamos. Šiame etape atliekami tokie darbai: nustatomi tikrieji konstrukcijų matmenys ir medžiagų savybės, išmatuojami aplinkos poveikių (temperatūros, drėgmės, agresyviųjų medžiagų) rodikliai, ištiriamos konstrukcijų ir jų elementų realios skaičiuojamosios schemos (konstrukcijų atrėmimo ir tvirtinimo pobūdis, apkrovų veikimo pobūdis ir dydis), surašomi ir klasifikuojami konstrukcijų defektai ir pažaidos, tiriamos defektų ir pažaidų priežastys bei jų raidos tendencijos, išmatuojamos konstrukcijų ir jų elementų deformacijos ir poslinkiai. Antrasis būklės tyrimų etapas yra sudėtingas, reikalaujantis atitinkamo specialistų pasirengimo, įgūdžių ir patirties, reikiamos techninės bei technologinės įrangos.

Trečiojo etapo darbai – statinio konstrukcijų būklės analizė ir vertinimas, paremti antrajame etape gautais tyrimų rezultatais ir tikrinamaisiais konstrukcijų laikomosios galios, pleišetumo ir kt. skaičiavimais, atsižvelgiant į šios būklės galimus pokyčius ateityje ir numatomas priemones šiai būklei pagerinti.

Pamatų atnaujinimas ir stiprinimas. *Atnaujinimo ir stiprinimo priežastys.* Pamatų konstrukcijų pažaidas sukeliančius veiksnius galima suskirstyti į kelias grupes:

- pagrindo deformacijos ir nevienodi pamato nuosėdžiai;
- pamato perkrovos;
- klaidos konstruojant pamatus ir parenkant jiems medžiagas;
- agresyvios aplinkos, vibracijos ir kitų nepalankių veiksnių poveikis.

Pamatų pažaidoms atsirasti dažnai turi įtakos netinkamas statinio naudojimas: žemės paviršiaus lygio prie jo pažeminimas, bloga prieegrindų būklė, gruntinio vandens lygio svyravimai ir kt.

Pamatų, kartu ir kitų pastato konstrukcijų, deformacijų priežastis gali būti jėgos, atsirandančios dėl šalčio sukeliama grunto brinkimo.

Pamatų stiprinimas paprastai atliekamas rekonstruojant statinius, kai keičiami ankstesni konstrukciniai sprendimai, įrengiamos angos ir nišos, didinamos apkrovos ir kt. Pamatų atnaujinimas (sutvirtinimas) ir stiprinimas glaudžiai susiję su pagrindų būkle, jų gruntų charakteristika, drėgme, todėl minėti darbai dažniausiai atliekami kompleksškai. Daugeliu atvejų šie darbai yra sudėtingi, gali turėti įtakos kitų statinio konstrukcijų būklei (Venckevičius ir kt., 2000).

Pamatų atnaujinimo ir stiprinimo būdai. Remontuojant bei rekonstruojant pastatus, jų pamatai atnaujinami arba stiprinami įvairiais būdais: šalinant pamatų pažaidas ir defektus, didinant pamatų geometrinius parametrus – pado plotą, įgilinimą, perduodant apkrovą į giliau slūgsančius grunto sluoksnius. Atnaujinant pamatus, jų geometriniai parametrai nesikeičia, o stiprinant – gali keistis net konstrukcinė schema.

Šiuolaikinėje geotechnikoje skiriamos dvi esminės pagrindų ir pamatų rekonstrukcijos kryptys (Mackevičius, 2009):

1) senųjų pamatų parėmimas naujai įrengiamais mažo (30 cm ar mažesnio) skersmens poliais (vadinamasis persodinimas ant polių);

2) pagrindo stabilizavimas porų injekcija arba didelio slėgio injekcija.

Be jų, galima paminėti klasikinius (senovinius) metodus (pamato pagilinimą, paplatinimą, pagilinimą kartu su paplatinimu) ir ypatinguosius metodus, kurie taikomi unikaliems objektams ypatingomis sąlygomis (pvz. Pizos bokštui).

Kauno technikos kolegijos juostinių pamatų laikomoji galia gali būti padidinama keičiant pamato konstrukciją (Medzvieckas ir kt., 2009):

- platinant pamato padą;
- gilinant pamato pamatą;
- stiprinant pamatą poliais.

Pagilinimas efektyvus tada, kai silpno grunto sluoksnis po pamato padu yra plonas, iki 1 m storio.

Paplatinimas tinka tuomet, kai pamatas stovi ne ant silpno, o ant gero grunto, bet norima labai padidinti slėgį, tenkantį pagrindui.

Pagilinimas su paplatinimu racionalus ten kur norima efektyviai išnaudoti negiliai esančio stipresnio grunto laikomąją galią.

Efektyvus juostinių pamatų stiprinimo būdas, nedidinant jų pločio, yra stiprinimas apsauginėmis sienelėmis ir monolitinio gelžbetonio apvalkalais. Norint sustiprinti labai pažeistus juostinio pamato ruožus ir kartu padidinti stiprinamo pamato pado plotį, daromi įvairūs betono arba gelžbetonio apvalkalai. Smarkiai pažeisti pamatai papildomai cementuojami. Efektyvūs plačiapadžiai betono arba gelžbetonio apvalkalai daromi su virš pamato įrengtomis plieninėmis paskirstomosiomis sijomis. Jos geriau įjungia apvalkalą į bendrą darbą su stiprinamu pamatu. Rekomenduojama vienu metu taip stiprinti ne ilgesnius kaip 2..2,5 m ilgio juostinių pamatų ruožus. Gelžbetoniniai apvalkalai būna standūs (armuoti konstruktyviai) arba liauni. Kai tokie apvalkalai įrengiami ant supilto grunto pagrindo, po jais kas 1 m daromi 1...1,5 m gylio ir 0,25...0,30 m skersmens smėlio betono poliai.

Juostinius pamatus galima sustiprinti vienu metu paplatinant ir pagilinant (Venckevičius ir kt., 2000). Be to, tai galima padaryti nesusardžius grunto struktūros prie pamato. Šiuo atveju paskirstomųjų gelžbetoninių sijų išilginė darbo armatūra prakišama pro horizontalią siūlę tarp betoninių blokų, nepažeidžiant pamato sienos.

Efektyviausias ir dažniausiai naudojamas pamatų stiprinimo būdas yra polių įrengimas (Medzvieckas ir kt., 2009).

Tyrimo tikslas – įvertinti Kauno technikos kolegijos pastatų (Tvirtovės al. 35, Kaunas) pamatų būklę ir pasiūlyti pamatų stiprinimo variantus.

Tyrimo objektas – Kauno technikos kolegijos pastatų (Tvirtovės al. 35, Kaunas) pamatų konstrukcijos.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų vizualinę apžiūrą.
2. Įvertinti Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų būklę.
3. Instrumentiniais tyrimais nustatyti Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų gniuždomąjį stiprį.
4. Pagal Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų būklės tyrimo rezultatus pasiūlyti stiprinimo variantus.

Tyrimų metodika

Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų vizualinės apžiūros metodika. Kauno technikos kolegijos (toliau - KTK) pastatų pamatų vizualinė apžiūra vykdyta pagal statybos techniniame reglamente STR 1.04.01:2002 "Esamų statinių tyrimai" nurodytą metodiką.

KTK pastatų ir inžinerinių statinių konstrukcijos apžiūrėtos vizualiai su reikiamais įrankiais bei instrumentais. Vizualios apžiūros metu apytiksliai užfiksuotos konstrukcijų deformacijos (įlinkiai, vertikalūs ir įstriži plyšiai), laikančiųjų konstrukcijų betono kokybė. Pagal pasirinktus pagrindinių defektų vertinimo kriterijus, pateiktos preliminarios išvados bei rekomendacijos.

Saugos ribinio būvio atžvilgiu aktualiausias yra defektų ir pažeidimų vertinimas pavojingumo požiūriu. Jie gali būti santykinai suskirstyti į keturias kategorijas (Jokūbaitis, 2007):

- pirmosios kategorijos – nepavojingi, neturintys tendencijos plisti, bet nepageidautini estetikos ir higienos požiūriu (gera konstrukcijų būklė);

- antrosios kategorijos – turintys neigiamą poveikį konstrukcijų laikomajai galiai, pleišėjamajam atsparumui, standumui ir naudojimo trukmei; laikui bėgant pažeidos gali plisti ir konstrukcijų ar jų elementų deformacijų ir plyšių rodikliai gali viršyti projektavimo normų leistinas reikšmes (patenkinama konstrukcijų būklė);

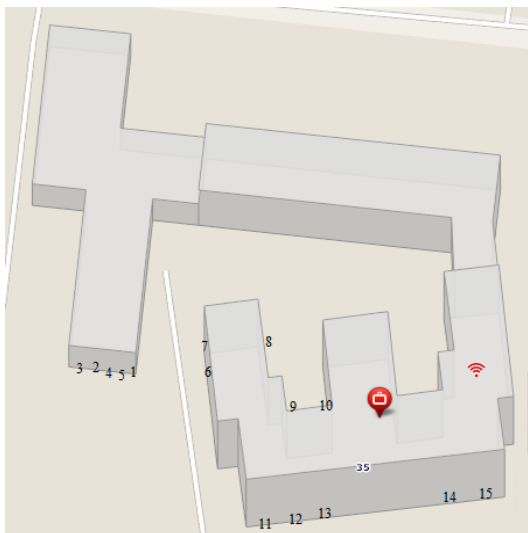
- trečiosios kategorijos defektai ir pažeidos yra pavojingi – reikšmingai sumažėjusi konstrukcijų laikomoji galia (vėliau gali būti pasiektas saugos ribinis būvis), atsivėrę neleistino didumo plyšiai ir pasireiškusios neleistinos deformacijos (nepatenkinama būklė, tačiau tyrimų metu konstrukcijos dar galimos naudoti);

- konstrukcijos ar jų elementai su ketvirtosios kategorijos defektais ir pažeidimais turi avarinės būklės požymių.

Statinio konstrukcijų avarinės situacijos (STR 1.10.01:2002) priežastis būna ketvirtosios kategorijos defektai ir pažeidos, kurie gali būti statinio projektavimo, statybos ar naudojimo klaidų pasekmė.

Taip pat naudota gelžbetoninių konstrukcijų pažeidimų ir būklės vertinimo klasifikacija pagal Jokūbaitį (2012).

Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų betoninių konstrukcijų gniuždomojo stiprio tyrimų metodika. KTK pastatų pamatų betoninių konstrukcijų betono tyrimai atlikti nustatant betono gniuždomąjį stiprį. Betono stipris gniuždant nustatytas 1 pav. skaičiais pažymėtose vietose.



1 pav. KTK pastatų pamatų betono gniuždomojo stiprio bandymo vietos

Šaltinis: [www.google maps](http://www.google.maps).



2 pav. Betono gniuždomojo stiprio nustatymo neardančiuoju metodu iliustracija

Šaltinis: sudaryta autorių

Neardantieji stiprio gniuždant bandymai atlikti pagal standartą LST EN 12504–2:2012 „Betono bandymas konstrukcijose. 2 dalis. Neardomieji bandymai. Atšokimo rodiklio nustatymas“ naudojant tampraus atšokimo principu veikiančią naują kalibruotą prietaisą – Šmito plaktuką (gamintojas – Šveicarijos firma „Proceq“, gamyklinis Nr. N–34 160752), kuris prieš ir po bandymų patikrintas ant etaloninio priekalo. Bandymų vietos buvo paruoštos naudojant abrazyvinį akmenį (2 pav.).

Tyrimų rezultatai

Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų pažeidimų tyrimų rezultatai. Dėl projektavimo, statybos ar statinio naudojimo neteisingų sprendimų labai dažnai drėksta mūrinės sienos. Sienų drėkimo priežastys yra įvairios. Senos statybos cokolinių ir pirmojo aukštų sienos drėksta dėl kapiliarinės drėgmės poveikio, t. y. dėl nepakankamos horizontaliosios hidroizoliacijos ar virš jos esančio grunto sąlyčio su mūru. Sienos drėksta po storu ir vandens garams mažai laidžiu fasadiniu tinku, tinkamai neapsaugotose nuo tiesioginių kritulių vietose, prie sugedusių lietaus vandens surinkimo ir nuvedimo lataukų, prie vandentiekio ir šildymo sistemų. Drėgmė taip pat gali patekti per nekokybiškas apdailos sluoksnio siūles į vidinius mūro sluoksnius. Vandens prisotinto mūro stipris gali sumažėti iki 15–20 %. Kai į neatsparias šalčiui mūro plytas ar bloklius patekęs vanduo

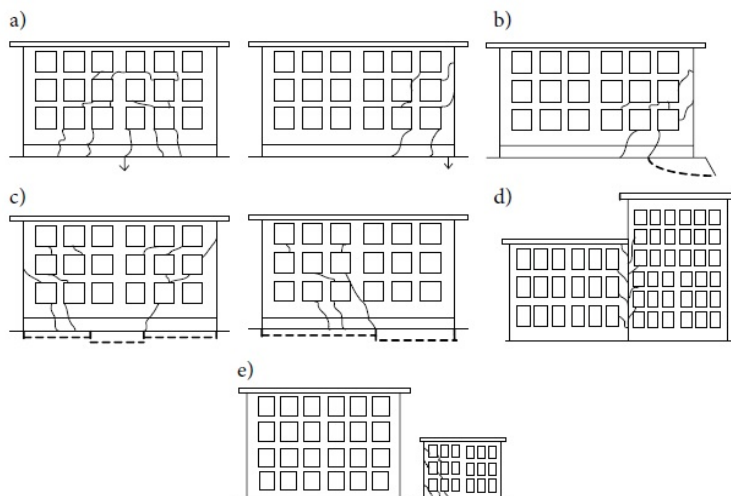
užšla, pasireiškia būdingi jų paviršinių sluoksnių irimo požymiai. Įsiskverbęs drėgmei į plytas, kuriose yra negesintų kalkių intarpų, plytų paviršiuje apie intarpus gali susidaryti atplaišų.



3 pav. Vyksta keraminių plytų irimas, erozija
Šaltinis: sudaryta autorių

Statinių naudojimo metu svarbiausia pažeida yra mūrinių konstrukcijų *pleišėjimas*.

Pamatų sėdimo pokyčiai gali atverti vertikaliuosius ir įstrižuosius plyšius (4 pav.), esant tarpuangių, stulpų ar ištisinių sienos ruožų šlyčiai. Kai yra vietinių nedidelio ruožo grunto deformacijų, gali atsiverti plyšiai, sudarydami sienose arkų pavidalo skliautus. Tokiu atveju tikrinamaisiais skaičiavimais reikia įsitikinti, ar nebus perkrauti mūro ruožai atramose. Taip pat statinių sienos gali pleišėti nuo greta pamatų augančių medžių šaknų, kurios ilgainiui didėdamos deformuoja pamatus. Ištisinėse be angų sienose atsivėrę plyšiai dėl pamatų nevienodų nuosėdžių paprastai yra nepavojingi, jeigu jų atsivėrimo plotis nedidelis (iki 0,5 mm) ir jie neplinta, o supleišėjusių sienų pastovumas užtikrintas, t. y. sienų ir perdangų, sienų ir stogo konstrukcijų jungtys yra nepažeistos (1–osios ar 2–osios kategorijos pažeidos).



4 pav. Sienų pleišėjimas dėl nevienodų pamatų nuosėdžių: a – kai po statinio dalimi yra silpnas gruntas; b – šalia statinio atliekami žemės darbai; c – pamatai yra nevienodo gylio ar laikomosios galios; d – statinio dalys yra skirtingo aukščio ir tarp jų nėra deformacinio pjūvio; e – naujasis statinys yra arti senojo
Šaltinis: Jokūbaitis, Šiaučiuvėnas, 2012

4 pav. schematiškai pavaizduoti plyšiai iliustruoti KTK pastatų pamatų pažeidų tyrimų rezultatais 5-8 paveiksluose.

Dėl netolygaus pamatų sėdimo vertikalieji plyšiai plinta ištisinėse ir angomis susilpnintose sienose, kurios yra lenkiamos kaip sijos, gulinčios ant tampraus pagrindo. Tokie plyšiai labiau atsiveria statinio viršuje (iki 10 mm pločio ir platesni). Paprastai jų nėra statinio cokolinėje dalyje (5 pav.).



5 pav. Plyšys, atšokantis tinkas

Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Įstrižieji ir vertikalieji plyšiai, tinko irimas

Šaltinis: sudaryta autorių

Atsivėrę statieji ar įstrižieji plyšiai ties sienų angų sąramų galais ir išplitę per visą mūro ruožo tarp angų aukštį yra pavojingi, nes gali būti pažeistos sąramų ir jų atramų konstrukcijos (3-osios ar net 4-osios kategorijos pažaidos). Kai statinių ilgose (didelio ploto) fasadinėse sienose neįrengta temperatūrinių pjūvių arba atstumai tarp jų yra per dideli, aplinkos temperatūros pokyčiai sukelia mūro tempimo deformacijas, kurių pasekmė – atsivėrę statieji sienų plyšiai. Dažniausiai šios pažaidos yra 1-osios ar 2-osios kategorijos. Tačiau gali pasitaikyti atvejų, kai kintant šių išilginių sienų plyšių pločiams dėl temperatūros pokyčių yra verčiamos statinio galinės skersinės sienos (7 pav.). Ilgainiui jos gali netekti pastovumo, nes dėl įstrigusių plyšiuose mūro dalelių susidaro savotiški pleištai, leidžiantys deformuotis mūrai tik viena galinės sienos vartimo į išorę linkme. Dėl temperatūros poveikio išplitę plyšiai mažina erdvinį statinio standumą.



7 pav. Plyšys susidaręs dėl pamatų sėdimo, tačiau jo plotis didėja dėl temperatūros poveikio

Šaltinis: sudaryta autorių



8 pav. Plyšiai mūro sienoje dėl netinkamo pastatų sujungimo

Šaltinis: sudaryta autorių

Tiriant mūrinių konstrukcijų būklę sudėtinga nustatyti naudojimo metu atsiradusių pažeidimų kilmės priežastis. Jų gali būti kelios, todėl sudėtinga prognozuoti tokių pažeidimų, ypač atsivėrusių plyšių, tolesnio plitimo tendencijas. Šiais atvejais būtini ilgalaikiai natūriniai tyrimai, todėl rekomenduotina atlikti ilgalaikius KTK pastatų pamatų plyšių vystymosi stebėjimus įrengiant žyminius.

Atlikus KTK pastatų pamatų vizualinę apžiūrą, nustatyta, kad neužfiksuota šių statinio galimos avarinės būklės požymių nurodytą STR 1.12.01:2004:

- tuštuma po pamatais, vizualiai pastebimas grunto išplovimas arba išspaudimas iš po pamatų pado;
- vertikali arba horizontali pamatų deformacija, didesnė negu 0,02 jos ilgio;
- kiauriniai plyšiai, platesni negu 5 mm;
- progresuojantis betono irimas, užfiksuotas įrašais statinio techninės priežiūros žurnale.

Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų betoninių konstrukcijų gniuždomojo stiprio tyrimų rezultatai.

KTK pastatų pamatų (1 pav.) betoninių konstrukcijų gniuždomojo stiprio tyrimų neardančiu metodu, naudojant originalųjį Šmito plaktuką (Original Schmidt Hammer) rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Betono gniuždomojo stiprio bandymo rezultatai

Konstrukcija, vieta, Šmito plaktuko padėtis atliekant tyrimą	Vidutinis stipris $f_{cm.cub}$ MPa (N/mm ²)		Charakteristinis stipris gniuždant $f_{ck.cub}$ MPa	Betono stiprio gniuždant klasė
	Neįvertinus betono karbonizacijos $f_{cm.cub}$	Įvertinus betono karbonizaciją $f_{cm}=0,7 f_{cm.cub}$		
1	2	3	4	5
1 vieta ←	48,0	33,6	29,6	C25/30
2 vieta ←	46,2	32,3	28,3	C25/30
3 vieta ←	37,1	26,0	22,0	C20/25
4 vieta ←	35,4	24,8	20,8	C16/20
5 vieta ←	40,7	28,5	24,5	C20/25
6 vieta ↓	37,4	26,2	22,2	C20/25
7 vieta ↓	28,3	19,8	15,8	C12/15
8 vieta ↓	49,1	34,4	30,4	C25/30
9 vieta ↓	48,2	33,7	29,7	C25/30
10 vieta ↓	39,2	27,4	23,4	C20/25
11 vieta ↓	37,4	26,2	22,2	C20/25
12 vieta ↓	62,8	43,9	39,9	C35/45
13 vieta ↓	51,9	36,3	32,3	C30/37
14 vieta ↓	67,9	47,5	43,5	C40/50
15 vieta ↓	61,7	43,2	39,2	C35/45
Vidutinės reikšmės	46,47	32,25	28,25	C25/30

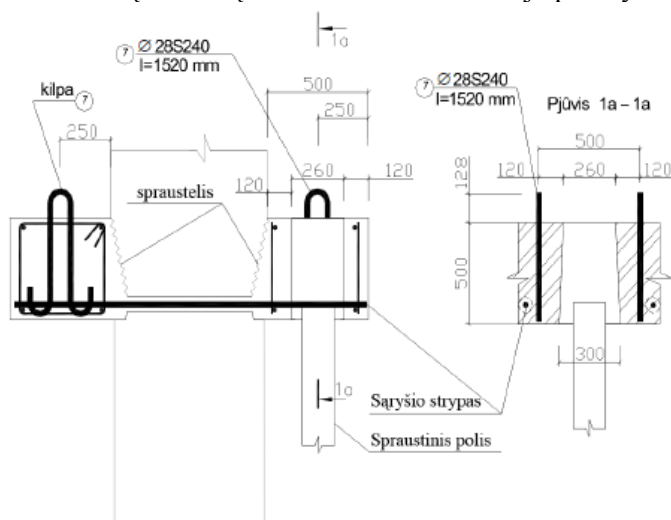
Šaltinis: sudaryta autorių

Pagal šiuo metu galiojančią standartą LST EN 206–1:2002 konstrukcijoms, kurias naudojimo metu veikia vidutiniškai drėgna bei cikliška aplinka ir sausa aplinka, bei STR 2.05.05:2005 1 lentelę (3 priedas), rekomenduojama minimali betono stiprio gniuždant klasė yra C30/37.

Pagal tyrimo duomenimis nustatyta, kad Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų betoninių konstrukcijų betono stipris yra mažesnis už rekomenduojamąjį (išskyrus pamatų konstrukcijas ties centriniu įėjimu – tyrimų vietos Nr.12-15 pav.1) ir konstrukcijų stiprio gniuždant klasė neatitinka reikalavimų, pagal kuriuos rekomenduojama minimali betono stiprio gniuždant klasė yra C30/37.

Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų stiprinimo rekomendacijos. Atkasus KTK pastatų pamatus reikalinga detaliau įvertinti pamatų konstrukcijų būklę. Detaliai įvertinus būklę rekomenduotinas vienas iš stiprinimo variantų pateiktas literatūroje (Medzvieckas ir kt., 2009): tai – labai efektyvus ir patikimas pamatų stiprinimo būdas, įrengiant sprautinius polius. Sprautiniai poliai gali būti įrengiami iš karto po esamais pamatais arba šalia esamų pamatų, papildomai įrengiant rostverką, kuriame paliekamos angos poliams įsprausti.

Poliai į gruntą įsraudžiami sekcijomis, kurių ilgis priklauso nuo įsraudimo įrangos tipo. Sprauti baigiama, kai, pasiekus projekcinę įsraudimo jėgą, polis nustoja smigti. Poliai įsraudžiami naudojant hidraulinius domkratus. Stiprinant pastato pamatus, poliai turi perimti visą sienų apkrovą arba papildomą apkrovą, kuri atsiras renovavus statinį. Pamatų sutvirtinimo konstrukcija parodyta 9 pav.



9 pav. Sprautinių polių rostverko konstrukcija

Šaltinis: Medzvieckas J., Sližytė D., 2009

Pamatai stiprinami dviem etapais. Pirmajame etape išbetonuojamas rostverkas su įsraudimo angomis ir inkaravimo kilpomis. Rostverkas betonuotas iš C20/25 klasės betono naudojant išilginę S400 klasės armatūrą, inkaravimo kilpos S240 klasės armatūros. Rostverko padėtis ir armavimas nurodomi projekte. Antrasis pamatų stiprinimo etapas vyksta po 28 parų, sukietėjus betonui. Šiame etape įsraudžiami Ø 159 arba Ø219 mm skersmens metaliniai poliai su 5–6 mm storio sienute.

Įsraudus vamzdis užpildomas C20/25 klasės betonu. Poliai suspaudžiami projekte numatytose vietose. Sudaromas kiekvieno polio įsraudimo pasas.

Tvirtinimo darbų eilės tvarka:

- iki reikiamo gylio atkasami pamatai. Pamatų atkasimo lygis – ne žemiau esamų pamatų pado;
- esamuose pamatuose iškertami akmenys, trukdantys įsprausti polius. Rostverko įrengimo vietoje nuo pamatų nuvalomos žemės, iškalamas sprautelis ir pragręžiamos angos sąryšio strypams;
- sustatomi karkasai, inkaravimo kilpos, dėžės būsimų polių angoms ir betonuojamas rostverkas;
- sukietėjus betonui (praėjus 28 paroms po betonavimo), įsraudžiami poliai (metaliniai vamzdžiai);
- įsraudžiant matuojama įsraudimo jėga;
- polis baigiamas sprauti, kai nustoja smigti pasiekus reikiamą įsraudimo jėgą ir gylį;
- įspraustas polis nupjaunamas 35 cm žemiau rostverko viršaus, o įsraudimo anga ir polis užbetonuojami gerai vibruojant betoną.

Išvados

1. Atlikus Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų vizualinę apžiūrą, nustatyta, kad pagrindinės pažaidos yra: nukritęs tinkas, betono ir mūro erozija, plyšiai. Nors užfiksuotos pažaidos pagal pavojingumą priklauso 2 ir 3 kategorijai, tačiau pamatuose neužfiksuota galimų statinio galimos avarinės būklės požymių nurodytų STR 1.12.01:2004, todėl Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų būklė nėra avarinė.

2. Atlikus Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų betoninių konstrukcijų stiprio gniuždant tyrimus neardančiu metodu nustatyta, kad pamatų betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų betonas atitinka C25/30

klasę, t. y. netenkina dabar galiojančių norminių dokumentų reikalavimų (C30/37), išskyrus pamatų konstrukcijas ties centriniu įėjimu – tyrimų vietos Nr.12-15.

3. Stebint Kauno technikos kolegijos pastatų pamatų plyšių pločio kitimą reikalinga įrengti gipsinius ar kitokios konstrukcijos žyminius, taip pat prieš atliekant pamatų stiprinimą rekomenduotina detali apžiūra atkasus pamatus.

4. Darbe pateiktos galimos Kauno technikos kolegijos pastatų juostinių pamatų stiprinimo schemos, rekomenduotinas efektyvus ir patikimas pamatų stiprinimo būdas, įrengiant spraustinius polius.

Literatūra

1. Jokūbaitis, V. (2007). Statinių gelžbetoninių ir mūrinių konstrukcijų techninės būklės tyrimai ir vertinimas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 80 p.
2. Jokūbaitis, V., Šiaučiūvėnas, G. (2012). Statinių konstrukcijų techninės būklės vertinimas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 201 p.
3. LST EN 12390–3:2003. Betono bandymas. 3 dalis. Bandinių gniuždomasis stipris.
4. LST EN 12504–2:2012 Betono bandymas konstrukcijose. 2 dalis. Neardomieji bandymai. Atšokimo rodiklio nustatymas.
5. LST EN 13791:2007 en Konstrukcijų ir gamyklinių betoninių komponentų gniuždomojo stiprio įvertinimas darbų vietoje.
6. LST EN 206–1:2002/A1:2004/A2:2005 Betonai. 1 dalis. Techniniai reikalavimai, savybės, gamyba ir atitiktis.
7. LST EN 12390–3:2003. Betono bandymas. 3 dalis. Bandinių stipris gniuždant.
8. LST L ENV 1992–3:2002. Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 3 dalis. Betoniniai pamatai.
9. LST EN 13369:2005. Bendrosios surenkamųjų betoninių gaminių taisyklės.
10. Kamaitis, Z. (1995). Gelžbetoninių tiltų būklė ir jos vertinimas: monografija. Vilnius: Technika. 182 p.
11. Mackevičius, R. (2009). Geotechnikos naujosios technologijos: mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 93 p.
12. Medzvieckas, J., Sližytė, D. (2009). Pastatų pamatų stiprinimas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 44 p.
13. ST 120793378.01:2014 „Bendrieji statybos darbai“, įregistruotas LR aplinkos ministerijoje 2004.11.30. 325 p.
14. STR 1.04.01:2002. Esamų statinių tyrimai.
15. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.
16. STR 1.06.03:2002. Statinio projekto ekspertizė ir statinio ekspertizė.
17. STR 1.12.05:2002. Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė.
18. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.
19. Venckevičius, V., Žilinskas, R. (2000). Statinių rekonstrukcija ir remontas: vadovėlis. Kaunas: Technologija. 316 p.
20. Venskevičius, V.; Janickas, A. (1996). Statinių tyrimas ir bandymas. Kaunas: Technologija. 250 p.

THE INVESTIGATIONS OF TECHNICAL STATE OF FOUNDATIONS IN KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

Summary

Structures, engineering and other technological equipment worn, aging and finally disintegrate due to constantly exposed external and internal impacts. The aim to evaluate the technical state of foundations in Kaunas University of Applied Engineering Sciences and offer the solutions for strengthening and rehabilitation of foundations. According to the objective of the work were formulated the following tasks: 1. to perform visual inspection of foundations in Kaunas University of Applied Engineering Sciences. 2. to evaluate technical state of foundations in Kaunas University of Applied Engineering Sciences. 3. to perform instrumental tests to determine compressive strength of concrete and reinforced concrete structures in foundations in Kaunas University of Applied Engineering Sciences. 4. to suggest the solutions for strengthening and rehabilitation of foundations in Kaunas University of Applied Engineering Sciences according to evaluation of technical state results.

The analysis of the literature (about the types of cracks, width, length, reasons of deformation assessment) was performed. According to result of field investigations were evaluated compressive strength, defects and deteriorations of concrete and reinforced concrete structures in foundations in Kaunas University of Applied Engineering Sciences, the solutions for strengthening and rehabilitation of foundations were suggested.

Key words: foundations, defects and deterioration, evaluation of technical state.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 860097176, raimondas.sadzevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Edmundas Šimoliūnas

Mokslo laipsnis ir vardas: –

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statinių defektai ir pažaidos, statinių priežiūra.

Telefonas ir el. pašto adresas: 861112081, edmundas.simoliunas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Ona Blankienė

Mokslo laipsnis ir vardas: –

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto asistentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: kelio statinių defektai ir pažaidos, statinių priežiūra.

Telefonas ir el. pašto adresas: 862121772, ona.blankiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius

Science degree and name: Doctor, Associated Professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associated Professor of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

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

Telephone and e-mail address: +37060097176, raimondas.sadzevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Edmundas Šimoliūnas

Science degree and name: –

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Lector of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

Author's research interests: defects and deteriorations of building structures, maintenance of buildings.

Telephone and e-mail address: +37061112081, edmundas.simoliunas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Ona Blankienė

Science degree and name: –

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Assistant of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

Author's research interests: defects and deteriorations of road engineering structures, maintenance of buildings.

Telephone and e-mail address: +37062121772, ona.blankiene@edu.ktk.lt

PASTATO PLOTO ĮTAKA DIDŽIAANGIŲ METALINIŲ SANTVARŲ EKONOMIŠKUMUI

Jūratė Mockienė¹, Odeta Viliūnienė², Zita Zajankauskaitė²

¹Kauno technikos kolegija, ²Kauno technologijos universitetas

Anotacija. Lietuva, įgyvendindama ES suformuotas sustainable building nuostatas, ne visuomet yra pajėgi panaudoti visus tam tinkamus būdus ir galimybes. Lietuva neturi galimybių pasigaminti daugumos metalo dirbinių, pavyzdžiui, metalo profiliuotųjų, reikalingų ir statybinių konstrukcijų montavimui ir t.t. Telleka galimybė juos išradingiau komponuoti ir tinkamai prižiūrėti eksploatacijos metu, apsaugant konstrukcijas nuo pirmalaikio susidėvėjimo, juolab – avarijos prieštara. Tokiais atvejais kaupiasi nemaža taupymo prieštaravimų inžinerinio-ekonominio pobūdžio ir pan.

Lygia greta ir įvairiais lygmenimis (ES, LR etc) yra akcentuojamos resursų taupymo tendencijos. Ypatingai rūpinamasi neatsinaujinančiais resursais ir jų tausojimu. Moderniame pasaulyje tai vėlgi tapo neišvengiama būtinybė. Pažymima, kad statybos procesas yra vienas imliausių resursų vartotojų ir turi daug galimybių juos taupyti.

Taip susiklostė resursų taupymo ir statinių konstrukcijų patikimumo priešara. Tai vienas svarbiausių iššūkių statybos srityje pastaruoju metu. Jo sprendimui naudingos tiek gausios praktikos pamokos, tiek ir šiuolaikiniai imitaciniai metodai.

Reikšminiai žodžiai: darnioji statyba, didžiaangės konstrukcijos, metalinės santvaros, ekonominis efektyvumas

Įvadas

Lietuva, įgyvendindama ES suformuotas sustainable building nuostatas (An agenda, 2001), ne visuomet yra pajėgi panaudoti visus tam tinkamus būdus ir galimybes. Lietuva neturi galimybių pasigaminti daugumos metalo dirbinių, pavyzdžiui, metalo profiliuotųjų, reikalingų ir statybinių konstrukcijų montavimui ir t.t. Telleka galimybė juos išradingiau komponuoti ir tinkamai prižiūrėti eksploatacijos metu, apsaugant konstrukcijas nuo pirmalaikio susidėvėjimo, juolab – avarijos prieštara. Tokiais atvejais kaupiasi nemaža taupymo prieštaravimų inžinerinio-ekonominio pobūdžio ir pan.

Todėl nemaža galimų resursų taupymo būdų šiuo metu nėra labai realūs, vykdant LR aplinkos apsaugos direktyvas (NDVS, 2011), sukonkretinusias ES nuostatas konstrukcijų projektavimo, gamybos ir eksploatacijos procese.

Lygia greta ir įvairiais lygmenimis (ES, LR etc) yra akcentuojamos resursų taupymo tendencijos. Ypatingai rūpinamasi neatsinaujinančiais resursais ir jų tausojimu. Moderniame pasaulyje tai vėlgi tapo neišvengiama būtinybė. Pažymima, kad statybos procesas yra vienas imliausių resursų vartotojų ir turi daug galimybių juos taupyti.

Taip susiklostė resursų taupymo ir statinių konstrukcijų patikimumo priešara. Tai vienas svarbiausių iššūkių statybos srityje pastaruoju metu. Jo sprendimui naudingos tiek gausios praktikos pamokos, tiek ir šiuolaikiniai imitaciniai metodai.

Statyba yra ekonominio gyvenimo atspindys. Tobulinant pastatų tipus, jų formas ir konstrukcijas statybinė medžiaga (medis, metalai, betonas) nulemdavo pastato konstrukcijos tipą, ekonomikos tendencijos – medžiagos pasirinkimą. Tobulejo pastatų ir jų konstrukcijų projektavimo bei eksploatavimo metodai, įgalinantys geriau išnaudoti medžiagų savybes bei užtikrinti patikimą pastatų eksploatavimą (Kudzys et al., 2005, Dzemyda et al., 2007, Duggal, 2000, Farkas et al., 2013, Subramanian, 2010 ir kt.).

Lietuvoje tapo populiarūs didelių plotų prekybiniai kompleksai nuo kelių šimtų iki dešimčių tūkstančių kvadratinų metrų ploto. Šio tipo pastatuose pastaruoju metu yra naudojamas mišrus karkaso tipas, gelžbetoninės kolonos ir plieninės santvaros. Plieninės santvaros – tai vienas ekonomiškiausių sprendimų didelio tarpatramio pastatuose. Santvaros yra naudojamos ir įvairiems visuomeniniams statiniams.

Pagrindinis darbo tikslas yra ištirti paplitusių didžiaangių metalinių santvarų racionalumo prielaidas, tam palankias konstrukcines priemones, bei nepalankius veiksnius (Janušaitis et al., 2003, Keras et al., 2005, 2009, Mockienė et al., 2008, 2010).

Efektyviausias sprendimas pastaruoju metu parenkamas pagal daugelį kriterijų, tačiau vienas iš pagrindinių tai kaštų kriterijus. Tuo atžvilgiu yra naudinga išnagrinėti:

- tinklėlio aukščio pokyčių įtaką santvarų efektyvumui;
- naujo tipo medžio metalo santvarų konstrukcinį efektyvumą;
- medžio metalo santvarų efektyvumo pokyčius, įvertinant kainų svyravimą rinkoje;
- konstrukcinių elementų lyginamąjį svorį patalpas perdengiančių konstrukcijų kaštuose.

Tyrimų priemonės – kompiuterinės programos SolidWorks, Nemetschek SCIA Engineering, Aegis Metal Framing realiai naudojamos projektuojant metalines santvaras. Tarp jų ir tos, kurios įgalina optimizuoti santvarų masę, naudojant egzistuojančių metalo gaminių nomenklatūrą.

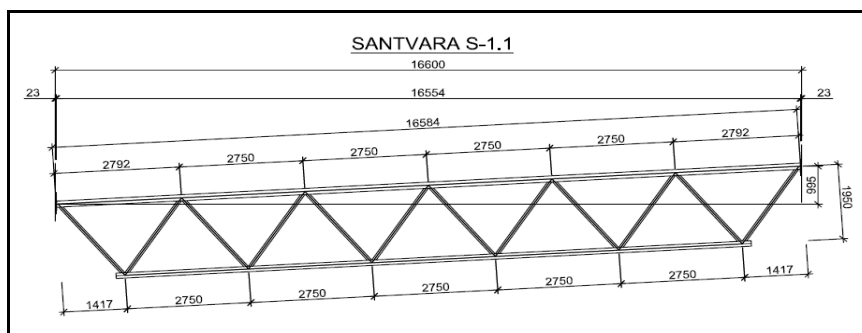
Įvairūs užsakovai pageidauja ganėtinai skirtingų formų metalo santvarų. Santvaros dažniausiai gaminamos iš kvadratinų ar stačiakampių uždarų profilių, nes juos lengviausiai apsaugoti nuo korozijos bei nudažyti ugniai atspariais dažais.

Aktualu tirti šių schemų variantų efektyvumą ir patikimumą, siekiant pasiūlyti racionaliausią variantą bei konsultuoti užsakovus. Viena iš naudingiausių pasirodė santvara su lygiagretėmis juostomis, naudojama mažo nuolydžio stogams.

1. Plieninių santvarų projektavimo tyrimai

Pagrindinė santvarų medžiaga dabartiniu metu yra plienas. Vienas iš įdomių variantų yra mišri santvara, kurios juostos būtų plieninės, o tinklelio strypai – mediniai. Klijuoto medžio strypai yra lengvesni, didesnis jų inercijos spindulys. Panaudojus plieninę – medinę santvarą suteikiama pastatui originalumo bei sunaudojama mažiau plieninių elementų. Santvaros iš kampuočių yra ganėtinai neišvaizdžios, sunku jas nudažyti antikoroziniais bei ugniai atspariais dažais. Dabar gaminamos iš uždarų profilių, dažniausiai kvadratinio ar stačiakampio profilio vamzdžių santvaros. Tokio tipo santvaras patogiau apsaugoti nuo korozijos, jos atrodo tvarkingesnės. Kvadratiniai ir stačiakampiai profiliuočiai yra lanksčiai taikomi elementai plieno konstrukcijose. Dėl nesudėtingos šių profiliuočių skerspjūvio formos ir gerų mechaninių savybių jų panaudojimas, projektuojant plienines santvaras, leidžia išvengti sudėtingų skaičiavimų ir įgalina pasiekti reikiamą laikomąją galią. Būtent šių profiliuočių panaudojimas santvarinėms konstrukcijoms, dėl jų didelės klumpamosios galios, leidžia projektuoti didesnių tarpatramių statinius.

Toliau teikiamų tyrimų objektas –santvaros ir jų alternatyvos (Jų pavyzdžiai –1; 2; 3 pav.).

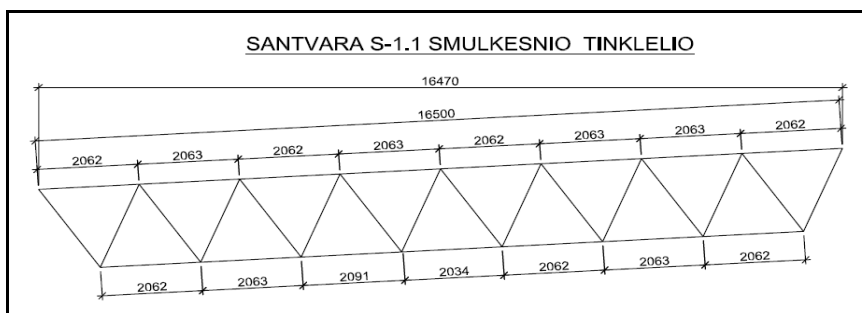


1 pav. Santvara S-1.1

Šaltinis: sudaryta autorių

Visų trijų santvarų stogo apkrovą sudaro ritininė hidroizoliacinė danga, šilumos izoliacija (Paroc ROB 80t bei ROS 30g), profiliuota skarda, santvaros masė, sniegas.

Dažnai santvaros tinklelio žingsnis yra nustatomas pagal tai, kaip yra apkraunama santvara. Kai santvaros yra tolygiai išskirstytu sloginiu panaudoti dažnesnį tinklelį. Tuomet santvaros juostos patirs mažesnę lenkimą. Tokio paties tarpatramio kaip 1 pav., tačiau smulkesnio tinklelio variante, 2 pav. vietoje dvylikos spyrių naudota šešiolika.

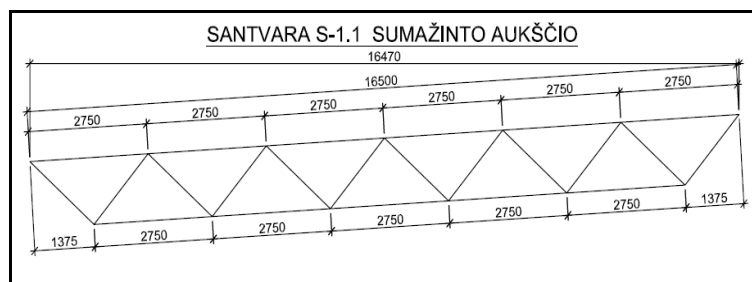


2 pav. Santvara S-1.2 smulkesnio tinklelio

Šaltinis: sudaryta autorių

Optimalų santvaros aukštį sąlygoja mažiausia santvaros masė ir reikiamas jos standumas. Santvarų aukštį dažnai riboja transportavimo galimybės, nes gamyba statybos aikštelėje nėra tokia patikima ir reikalauja didesnių kaštų.

Pirmame ir antrame variante (pav. 1,2) santvaros aukštis priimtas 1,95 m (apytiksliai 1/8 tarpatramio ilgio). Trečiame variante santvaros aukštis priimtas 1,40 m (1/12 tarpatramio ilgio) (3 pav.).

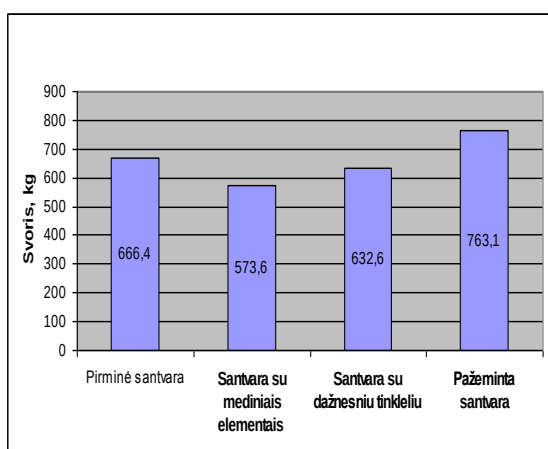


3 pav. Santvara S-1.3 sumažinto aukščio
Šaltinis: sudaryta autorių

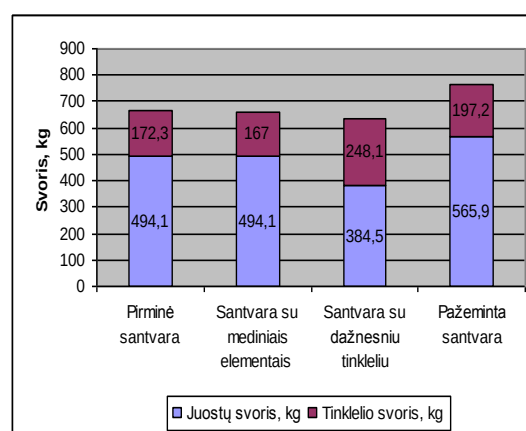
Taip pat nagrinėtos santvaros iš mišrių medžiagų – plieno ir klijuotos medienos.

Pradiniai duomenys apie medieną yra: tamprumo modulis $E = 1 \times 10^4$ MPa; stipris gniuždant $R_{gn} = 13$ MPa; medienos darbo sąlygų koeficientas $m_e = 1$; konstrukcijos aukščio koeficientas $m_b = 0,8$; sluoksnių storio koeficientas $m_{sl} = 1,1$; medžio rūšies koeficientas $m_v = 1,0$.

Nagrinėtų santvarų parametrų techninio – ekonominio palyginimo pavyzdžiai yra teikiami 4; 5 pav.



4 pav. Santvarų svorių palyginimas
Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Juostų ir tinklelio elementų svorių palyginimas
Šaltinis: sudaryta autorių

1 lentelė

Santvarų gamybos kainų palyginimas, Eur

Objekto plotas, m^2	Santvaros, t	Kaina, Eur
812,00	11,101	22 997
3240,00	29,950	62 044
3942,00	67,018	138 835
4096,40	48,299	100 056
7270,80	60,442	125 212
12305,40	93,570	193 840
14192,50	166,127	344 149

Šaltinis: sudaryta autorių

Siekiant paspartinti statybą, projektuotojai turi tobulinti plieninių santvarų konstrukcijas, ypač sujungimo mazgus. Neteisingai idealizuojant santvaros mazgų elgsenas galima suprojektuoti neekonomišką konstrukciją, sumažinti jos saugumą, bei paskatinti konstrukcijos ribinių būvių atsiradimą.

2. Denginių konstrukcinių schemų efektyvumas

Laikančioji konstrukcija turi būti patikima, lengvai pagaminama bei sumontuojama ir ekonomiškai. Konstrukcijos patikimumas ir ekonomiškumas yra šių priešingų savybių optimizacijos pasekmė. Vienu svarbiausiu ekonominių rodiklių yra kaina. Ją sudaro daug faktorių, vienas iš pagrindinių metalo kaina, kuri sudaro apie 60% galutinės konstrukcijos kainos. Siekiant konkretesnės informacijos buvo atliekamas stogų konstrukcinių schemų – santvarų denginių efektyvumo tyrimas.

Norint tinkamai įvertinti metalinių denginio konstrukcinių schemų ekonomiškumą, tikslinga tai atlikti matematiniais metodais. Įvairūs autoriai siūlo skirtingus metodus ir rekomendacijas (Antuchevičienė,

2005, Banaitienė et al., 2008, Ginevičius et al., 2008, Šaparauskas et al., 2006, Turskis et al., 2009, Zavadskas et al., 2008). Kiekvienas suprojektuota denginio konstrukcinė schema gali būti įvertinta pagal tam tikrus kriterijus arba reikalavimus. Visi šie kriterijai gali būti suformuluoti ir suskirstyti, atsižvelgiant į ekonominio efektyvumo teorijos klausimus, daugiakriterinio įvertinimo ir kitas teorijas. Apie denginio konstrukcinės schemas įvertinimo ar parinkimo metodikos praktiškumą galima spręsti pagal metalinio denginio gamybai reikalingą darbo imlumą. Siūloma įvertinimo metodika turi būti tokia, kad projektuojama denginio konstrukcinė schema būtų galima lyginti visapusiškai, įvertinant jos savybes, bei ekonominius reiškinius, iš kurių kiekvienas gali būti išreikštas tam tikru kiekybiniu parametru. Skaičiavimais galima gauti daugiafaktorines regresijos lygtis, parinkti ryšio esmingumą, nustatyti atskirų argumentų įtaką tiriamajai funkcijai, atrinkti reikšmingiausius veiksnus ir gauti regresijos lygtį: $y = \sum_{i=1}^n$, čia $i=1,2,3,\dots,n$.

Gaunami tiriamąjį ryšį charakterizuojantys parametrai. Straipsnyje išanalizuoti septyni skirtingo ploto prekybinės sandėliavimo bei visuomeninės paskirties pastatai su panašiais stogo konstrukciniais sprendimais bei jų techniniai ekonominiai rodikliai.

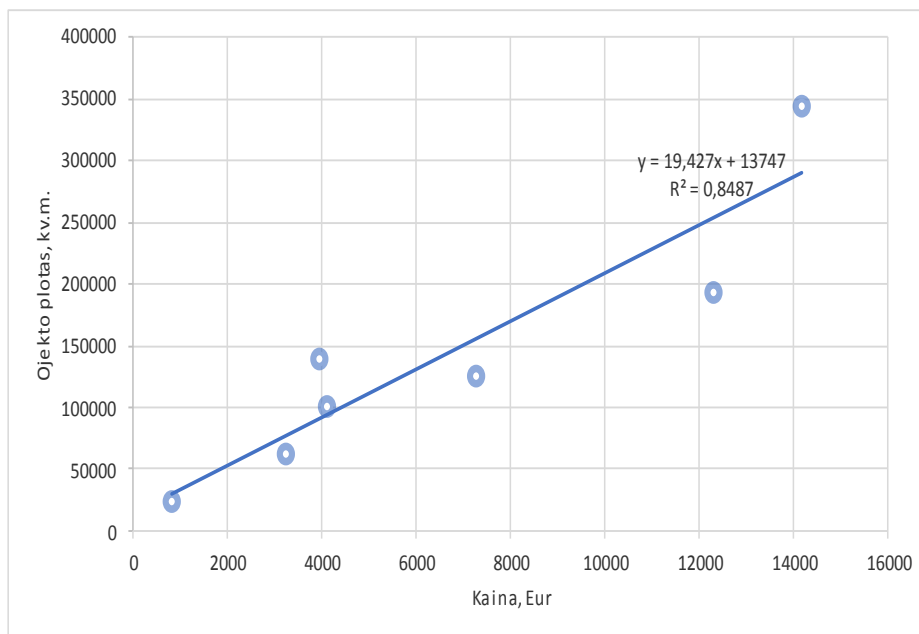
Įvertinti visų veiksmų įtaką denginio konstrukcinei vertei neįmanoma ir netikslinga. Todėl, išnagrinėjus visų septynių objektų stogo konstrukcijų techninius ekonominius rodiklius, juos galima suskirstyti į pagrindines grupes: techninius (santvarų svoriai, objektų plotai); ekonominius (kaina). Šie techniniai ekonominiai rodikliai leido nustatyti bei apibendrinti tuos dėsningumus, pagal kuriuos kinta nagrinėjamų denginio konstrukcinių schemų lyginamoji vertė. Skaičiavimai rodo, kad kai objekto plotai 812 m^2 ; 3942 m^2 ; $4096,4 \text{ m}^2$ - antkoloniai yra nenaudojami. Kai objekto plotas $12305,4 \text{ m}^2$ - tai antkolonių svoris siekia 15,399 t., o kai objekto plotas $14192,5 \text{ m}^2$ - tai antkolonių svoris sumažėja iki 12,727 t. Posantvarės nenaudojamos, kai objekto plotas 812 m^2 ; 3942 m^2 . Didėjant objektų plotui, posantvarių svoris didėja tolygiai. Kai objekto plotas $4096,4 \text{ m}^2$; $14192,50 \text{ m}^2$ - sijos nebuvo naudojamos. Kai objekto plotas 3240 m^2 , tai sijų svoris siekė 10,626 t. Objekto plotas padidėjus iki 3942 m^2 , sijų svoris sumažėjo iki 1,471 t. Kai objektų plotas $7270,8 \text{ m}^2$; $12305,4 \text{ m}^2$ - tai sijų svoris yra vienodas – 38,35 t.

Didėjant objekto plotui, ryšių svoris palaipsniui didėja. Kai objekto plotas 3942 m^2 , jis sumažėja iki 4,439 t. o kai objekto plotas $4096,4 \text{ m}^2$, tai ryšių svoris yra tik 2,371 t. Kai objekto plotas $7270,8 \text{ m}^2$, ryšių svoris padidėja iki 32,872 t.

2 Lentelė

Nr.	Objekto plotas, m^2	Bendras svoris, t	kg/m^2	Santvaros, t	Posantvarės, t	Sijos, t	Ryšiai, t	Antkoloniai, t
1	812,00	21,971	27,058	11,101	0,000	4,525	6,346	0,000
2	3240,00	66,666	20,576	29,950	14,850	10,626	7,364	3,876
3	3942,00	90,318	22,912	67,018	0,000	1,471	4,439	0,000
4	4096,40	71,861	17,543	48,299	13,851	0,000	2,371	0,000
5	7270,80	166,901	22,955	60,442	27,005	38,350	32,872	8,232
6	12305,40	209,902	17,058	93,570	29,517	38,350	37,261	15,399
7	14192,50	258,794	18,235	166,127	43,025	0,000	36,915	12,727

Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Santvarų lyginamoji vertė priklausomai nuo objekto ploto

Šaltinis: sudaryta autorių

Skaičiavimai atlikti kompiuterio pagalba. Kuris iš N skaičiaus atrinko N reikšmingiausius argumentus. Sudarius naują regresijos lygtį su šiais veiksniais, nustatytas ryšys tarp tiriamojo reiškinių ir nagrinėjamų veiksnių. Didžiausią įtaką nagrinėjamų denginio konstrukcinių vertei turi didžiausių metalinių santvarų sąmatinė vertė ir atskirų pastatų plotas. Kaip kinta santvarų lyginamoji vertė priklausomai nuo objekto ploto pavaizduota 6 pav.

Išvados

1. Sprendžiant projektavimo uždavinį labai svarbu tiksliai parinkti tokių kriterijų skaičių ir derinį, kuris geriausiai atspindėtų suinteresuotų grupių interesus. Todėl konstrukcinių kriterijų aibę yra aktualu papildyti techniniais ekonominiais kriterijais.

2. Kriterijų reikšmingumo įvertinimas daro įtaką galutiniams skaičiavimo rezultatams, todėl svarbus jų nustatymo procesas, vykdomas kriterijų aibėje, apimančioje konstrukcinių, gamybinių, eksploatacinių racionalumo kriterijų poaibius.

3. Skaičiavimai parodė stiprų ir statistiškai reikšmingą determinacijos koeficientą $R^2 = 0,8487$ tarp didžiausių metalinių santvarų sąmatinės vertės ir atskirų pastatų plotų.

Literatūra

1. An agenda for sustainable construction in Europe/Drawn up by the Working Group for Sustainable construction with participants from the European Commission, Member States and Industry. Brussels. 2001.
2. Antuchevičienė, J. 2005. Evaluation of alternatives applying TOPSIS method in a fuzzy environment, *Technological and Economic Development of Economy* 11(4): 242-247.
3. Banaitienė, N.; Banaitis, A.; Kaklauskas, A.; Zavadskas, E.K. 2008. Evaluating the life cycle of building: a multivariant and multiple criteria approach, *Omega* 36(3): 429-441.
4. Duggal S.K. 2000. Design of steel structures. Tata McGraw-Hill Education. 821 p.
5. Dzemyda, G.; Šaltenis, V.; Tiešis, V. 2007. Optimizavimo metodai. Vilnius: Mokslo aidai.
6. Farkas J., Jarmai K. 2013. Optimum design of steel structures. Springer. 280 p.
7. Ginevičius, R.; Podvezko, V.; Bruzgė, Š. 2008. Evaluating the effect of state aid to business by multi criteria methods, *Journal of Business Economics and Management* 9(3): 167-180.
8. Jakimavičius, M.; Burinskienė, M. 2009. Assessment of Vilnius city development scenarios based on transport system modeling and multicriteria analysis, *Journal of Civil Engineering and Management* 15(4): 361-368.
9. Janušaitis, R.; Keras, V.; Mockienė, J. 2003. Development of methods for designing rational trusses, *Journal of Civil Engineering and Management* IX (3): 192-197.
10. Keras, V.; Valys, A.; Mockienė, J. 2005. Stress-strain concentrations in high-rise structure elements and monotonic disintegration under the influence of environment contamination, *Journal of Civil Engineering and Management* XI (1): 49-55.
11. Keras, V.; Mockienė, J. 2009. Applied Mechanics into System of Harmonious Development of Mankind. *Mechanika 2009: proceedings of the 14th international conference*, April 2-3, 2009 Kaunas, Lithuania. p. 209-214.

12. Kudzys, A.; Juocevičius, J. 2005. Konstrukcijos darniosios statybos strategijoje. *Advanced construction: materials of conference reports*. Kaunas. 16-24.
13. 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.
14. Mockienė, J.; Keras, V. 2010. The lost of strength recourses on exploitation of steel building structures in corrosive environment. *Advanced construction: proceedings of the 2-th international conference*, November 11-12, 2010, Kaunas: Technologija, p. 95-101
15. Nacionalinė darnaus vystymosi strategija. 2011. Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija. Vilnius. 100p.
16. Subramanian N. 2010. Steel structures: design and practice. Oxford University Press. 768p.
17. Šaparauskas, J.; Turskis, Z. 2006. Evaluation of construction sustainability by multiple criteria methods, *Technological and Economic Development of Economy* 12(4): 321-326.
18. Turskis, Z.; Zavadskas, E.K.; Peldschus, F. 2009. Multicriteria optimization system for decision – making in construction design and management, *Inžinerinė Ekonomika – Engineering Economics* 1(61): 7-17.
19. Zavadskas, E.K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2008. Selection of the effective dwelling house walls applying attributes determined in intervals, *Journal of Civil Engineering and Management* 14 (2): 85-93.
20. Zavadskas, E.K.; Turskis, Z. 2008. A new logarithmic normalization method in games theory, *Informatica* 19(2): 303-314.

INFLUENCE OF THE BUILDING AREA TO THE LARGE SPAN METAL TRUSS ECONOMY

Summary

Construction is an important branch of economy. In many ways it is a reflection of the economic situation. The attitude of EU Sustainable development (An agenda, 2001) rightly points out that construction is the branch of industry which is the most susceptible to resources; therefore, resource saving construction is a particularly important task in terms of economic sustainability. (These tasks are discussed in the documents of the Ministry of Environmental Protection of Lithuania.) Building has to respond to the needs of the economy. The publication is trying to carefully examine the potential of building structures in terms of consumable options. Lithuanian designers and specialized literature has studied resource saving while constructing various building elements for overlapping medium-sized openings.

The recommendations and catalogs, especially during the Soviet era and later, were meant to summarise a different experience in rational design and manufacture of various beams and slabs. A demand for large span structures has lately increased in Lithuania and the orders for such buildings and structures are being recieved from abroad. Such structures are used for covering tens of thousands of square meters of space. A large variety of truss structures is used in the world. Truss complexes are among the most economical resource saving didžiausių building structures. Their effectiveness depends on the conditions in which they are used. Currently, trusses are widely used for cladding commercial and public centers.

Even in the recent past metal truss design was relatively low. This is especially typical of the period when calculations based on the permissible stresses were changed to the design technique based on limit state method, therefore, truss construction experience is not widespread.

Key words: sustainable building, large span structures, metal truss, economic efficiency.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Mockienė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 68227397, juratemo@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Odetė Viliūnienė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, Statybos technologijų katedra, lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Statybos ekonomika, technologija, organizavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 61430031, odeta.viliuniene@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Zita Zajankauskaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas, Šiuolaikinių kalbų ir tarpkultūrinės komunikacijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Užsienio kalbų mokymo metodika, specialybės kalba, IT panaudojimas kalbų mokyme.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 8618 06576, zitazajan@hotmail.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: 8 68227397, juratemo@gmail.com

Author name, surname: Odetā Viliūniene

Science degree and name: Master degree

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering Technologies, Lecturer

Author's research interests: Construction economy, technology and organizations

Telephone and e-mail address: 8 614 30031, odeta.viliuniene@ktu.lt.

Author name, surname: Zita Zajankauskaitė

Science degree and name: Master degree.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Social Sciences, Arts and Humanities, Department of Modern Languages and Intercultural Communication, Lecturer

Author's research interests: Foreign language teaching methodology, ESP, application of electronic tools in language teaching.

Telephone and e-mail address: +370 8618 06576, zitazajan@hotmail.com

GAMTINIŲ DUJŲ IR BENZINO NAUDOJIMO KIBIRKŠTINIO UŽDEGIMO VARIKLYJE EFEKTYVUMO TYRIMAS

Jevgenij Kibickij, Vilius Bartulis, Alfredas Rimkus, Mindaugas Melaika
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Straipsnyje pateikti „Nissan Qashqai HR16DE” variklio energetinių ir ekologinių rodiklių pokyčio tyrimai, benziną pakeitus suslėgtomis gamtinėmis dujomis (SGD). Suslėgtų gamtinių dujų panaudojimo vidaus degimo variklyje efektyvumas analizuojamas atliekant eksperimentinius tyrimus bei naudojant skaitinę modeliavimo programą „AVL Boost”. Gauti tyrimų rezultatai rodo, kad varikliui veikiant SGD degalais sumažėja jo galia, lyginamosios degalų sąnaudos, išmetamųjų dujų temperatūra, azoto oksidų (NO_x), angliavandenilių (CH), anglies oksidų (CO), anglies dioksido (CO_2) koncentracija deginiuose, bei padidėja variklio naudingumo koeficientas.

Reikšminiai žodžiai: vidaus degimo variklis, suslėgtos gamtinės dujos, variklio galia, 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.

Vienas išmetamųjų teršalų emisijos mažinimo sprendimas – suslėgtų gamtinių dujų panaudojimas. Sudegus šioms dujoms, į aplinką yra išmetama mažesnė kenksmingų medžiagų emisija. Taip pat šios dujos turi didesnę oktaniškumą 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 uždegti 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.

Šio darbo tikslas – išanalizuoti „Nissan Qashqai HR16DE” vidaus degimo variklio energetinių ir ekologinių rodiklių pokytį, pakeitus benziną į SGD.

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_z , 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

Tyrimo metodika

Eksperimentiniai bandymai yra atlikti Vilniaus Gedimino technikos universitete, Transporto inžinerijos fakultete, Automobilių transporto katedroje, vidaus degimo variklių laboratorijoje.

Tyrimams atlikti naudojamas automobilio Nissan Qashqai HR16DE benzininis vidaus degimo variklis, kurio techniniai duomenys pateikti 2 lentelėje.

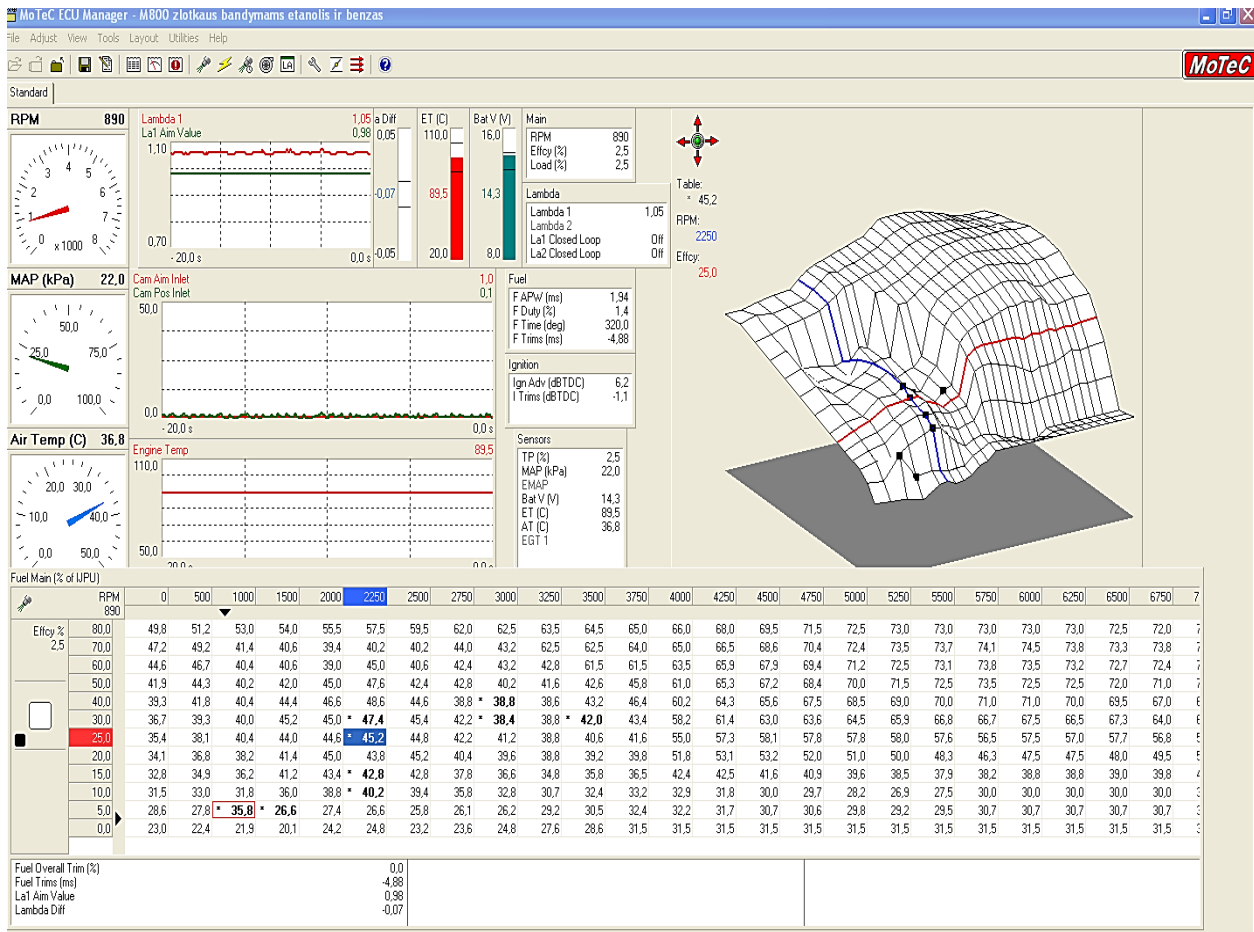
2 lentelė

Variklio HR16DE techniniai duomenys

Parametras	Dydis
Cilindrų skaičius	4
Cilindro skersmuo, mm	78
Stūmoklio eiga, mm	83,6

Parametras	Dydis
Darbinis tūris, cm ³	1598
Nominalioji galia, kW	84
Maksimalus variklio sukimo momentas $M_{e\max}$, Nm	156/4400
Suspaudimo laipsnis ϵ	10,7 : 1
Vožtuvų skaičius cilindrui	4
Cilindrų išsidėstymas	eilėje
Aušinimo sistema	skystinė

Šaltinis: sudaryta autorių



1 pav. Variklio darbo valdymo žemėlapis

Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimams naudojama suslėgtų gamtinių dujų įranga turi programuojamą valdymo bloką, kuris veikia nepriklausomai nuo vidaus degimo variklio valdymo bloko. Šis pranašumas leidžia skirtingais kiekiais įpurškėti dujas į siurbimo traktą. Įpurškiamų dujų kiekis reguliuojamas purkštukų atidarymo trukme. Atliekant eksperimentą, kiekvieno bandymo metu variklio valdymo blokas *MoTeC M800* yra programuojamas, t. y. atliekama įpurškiamų degalų kiekio korekcija. Benzino purkštuvų išpurškiamo degalų kiekio programos valdymo langas pateiktas 1 pav. Šiame lange matomas degalų kiekio įpurškimo žemėlapis priklausomai nuo droselinės sklendės padėties ir nuo variklio sūkių. Lango viršutinėje kairėje pusėje matomi variklio darbo parametrai: sūkliai, slėgis įsiurbimo kolektoriuje, įsiurbiamo oro temperatūra, degiojo mišinio sudėtis. Degiojo mišinio sudėtis, atliekant tyrimą, yra prilyginama stechiometriniam ($\lambda = 1$).

Tyrimai atliekami dviem etapais – pirmiausia variklio energetiniai ir ekologiniai rodikliai yra fiksuojami varikliui dirbant benzinu, o paskui – suslėgtomis gamtinėmis dujomis. Bandymai atliekami varikliui dirbant skirtingais sūkliais: 1500 min⁻¹; 2500 min⁻¹. Šie sūkliai yra aktualiausi, kadangi tai yra sūkliai, kuriais variklis dirba važiuojant miesto režimu. O būtent miestuose ir yra išmetami didžiausi kenksmingųjų dalelių kiekiai.

Gamtinės dujos turi savybę ilgiau degti, lyginant su benzinu. Todėl norint nustatyti geriausius variklio rodiklius reikia parinkti optimaliausią uždegimo paskubos kampą. Atliekant bandymus variklis dirbo prie šių uždegimo paskubos kampų: -36°; -34°; -32°; -30°; -28°; -26°; -24°; -22°; -20°; -18°; -16°; -14°. Prie kiekvieno uždegimo paskubos kampo variklio energetiniai ir ekologiniai rodikliai yra fiksuojami po 10 kartų ir

apskaičiuojami nagrinėjamų parametrų vidurkiai. Toks duomenų fiksavimas vyksta prie kiekvienų anksčiau minėtų sūkių. Variklis bandomas esant 15 % atidarytai droselinei sklendei.

Tiriamą variklio degimo proceso analizę atlikta šį procesą modeliuojant AVL BOOST programa. Į AVL BOOST paprogramę BURN įvedus variklio veikimo parametrus (slėgį cilindre darbo ciklo metu, degalų ir oro sąnaudas) nustatome variklio cilindre vykstančio degimo pradžią φ_0 , trukmę φ_C ir Vibe degimo intensyvumo rodiklį m_v . Šilumos išsiskyrimo intensyvumas ciklo metu nustatomas naudojant Vibe šilumos išsiskyrimo funkciją:

$$\frac{dx}{d\varphi} = 6.908 \frac{m_v + 1}{\varphi_C} \left(\frac{\varphi}{\varphi_C} \right)^{m_v} \exp \left[-6.908 \left(\frac{\varphi}{\varphi_C} \right)^{m_v + 1} \right] dx = \frac{dQ}{Q}. \quad (1)$$

čia Q – per darbo ciklą degalų išskirtas šilumos kiekis; φ – alkūninio veleno pasisukimo kampas; m_v – Vibe degimo intensyvumo rodiklis; φ_C – degimo trukmė, išreikšta alkūninio veleno pasisukimo kampu.

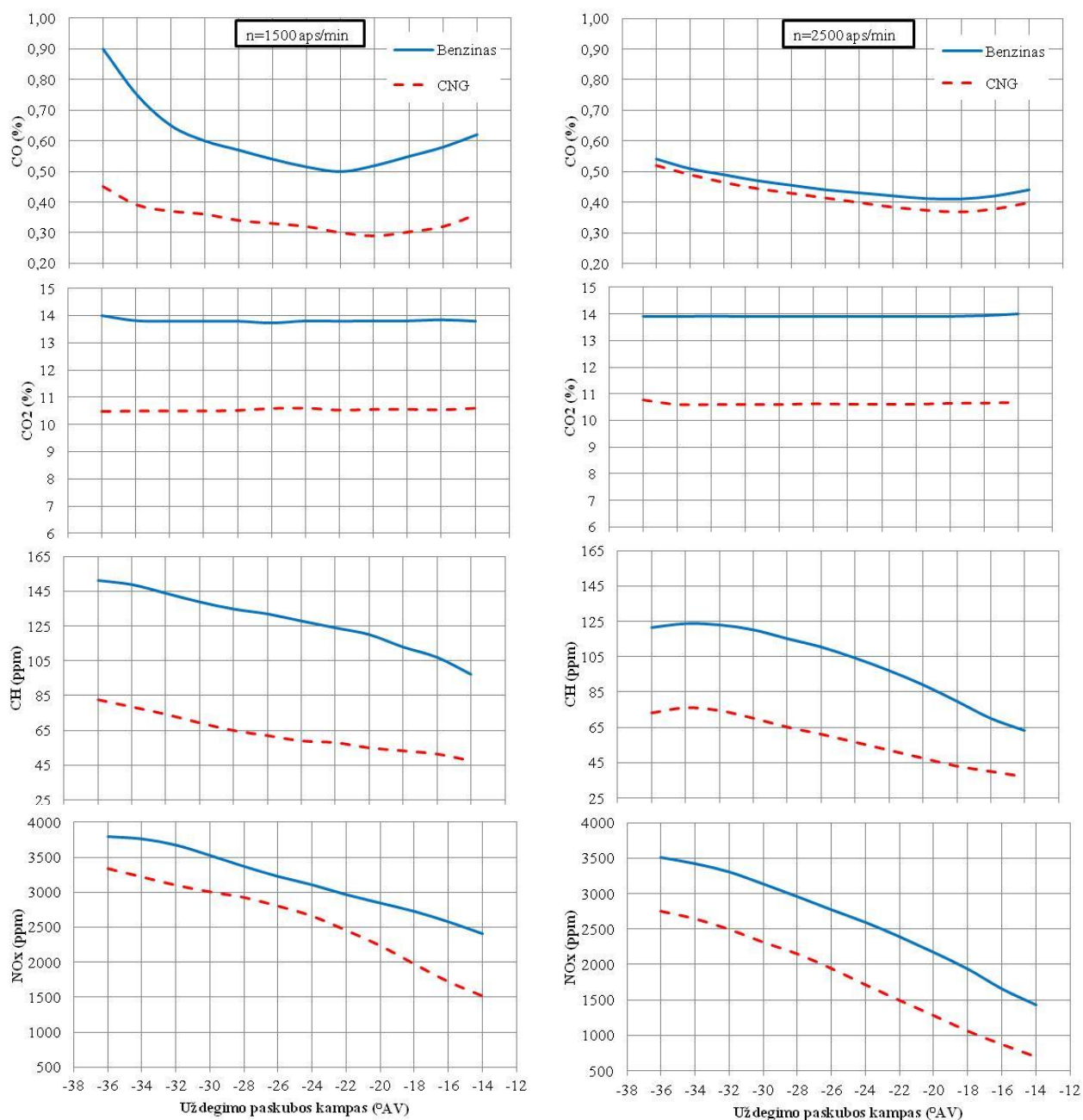
Tyrimų rezultatai ir jų analizė

2 pav. matyti, jog anglies monoksido (CO) emisija nors ir santykinai nedaug (~4 %), tačiau sumažėjo. Mažėjimą lemia trumpesnė suslėgtų gamtinių dujų molekulinė grandinė lyginant su benziniais degalais (įvyksta pilnesnis degimas). Didžiausias skirtumas tarp kreivių pastebimas varikliui dirbant 1500 aps/min sūkiu, o mažiausias – dirbant 2500 aps/min. Iki tam tikros ribos mažinant uždegimo paskubos kampą vyksta CO emisijos mažėjimas, tačiau uždegimo paskubos kampui esant -16°AV ir -14°AV - CO reikšmės vėl pradeda didėti. Nustatyta, jog optimaliausias uždegimo paskubos kampas, prie kurio mažiausia CO emisija yra -18°AV .

Anglies dioksido (CO_2) emisija sumažėjo ženkliai (~24 %). Taip yra dėl mažesnio anglies kiekio suslėgtose gamtinėse dujose (C/H santykio). CO_2 emisijos mažėjimas stebimas nepriklausomai nuo to, koks yra uždegimo paskubos kampas. Skirtumas tarp kreivių nepriklauso nuo to, kokiais sūkiu dirba variklis. Angliavandenilių (CH) emisija taip pat pastebimai (~35 %) sumažėjo. Taip atsitiko dėl trumpesnės degalų angliavandenilių grandinės gamtinėse dujose (lengviau reaguoja ir geriau sudega).

Azoto oksidų (NO_x) emisija sumažėjo (~24%). Taip atsitiko dėl žemesnės dujų degimo temperatūros (dujos turi savybę lėčiau degti). Varikliui dirbant tiek benzinu, tiek suslėgtomis gamtinėmis dujomis, mažiausias kiekis azoto oksidų yra išmetamas esant uždegimo paskubos kampui -14°AV , o didžiausias – esant -36°AV . Didžiausias skirtumas tarp kreivių pastebimas varikliui dirbant 1500 aps/min sūkiu, o mažiausias – dirbant 2500 aps/min. Remiantis anksčiau pateiktais duomenimis galima teigti, jog ekologiskumo atžvilgiu suslėgtos gamtinės dujos yra geresnės už benzininius degalus ir tai yra puiki alternatyva iškastiniams degalams.

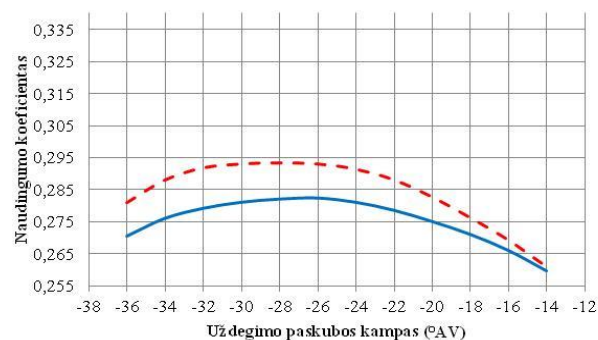
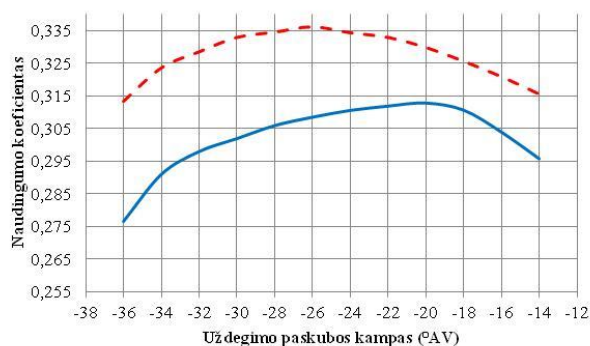
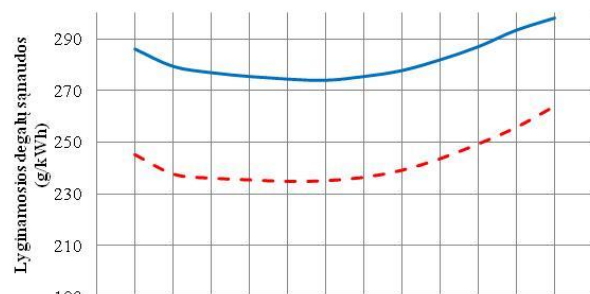
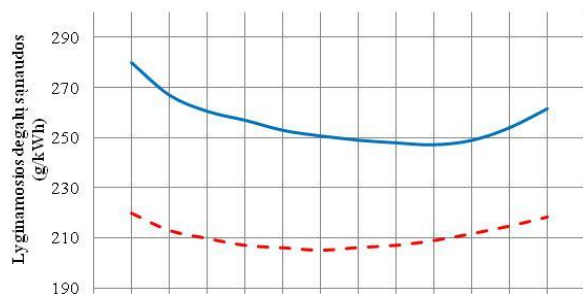
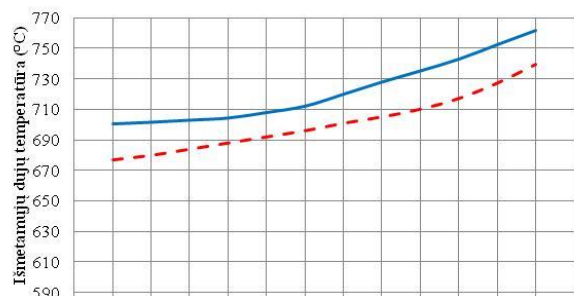
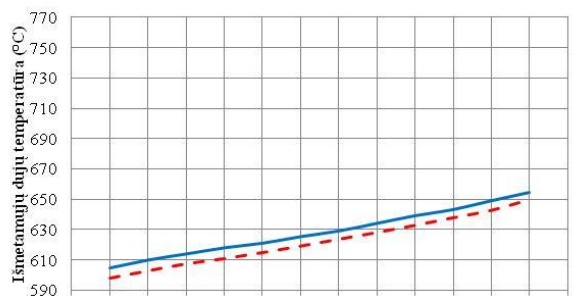
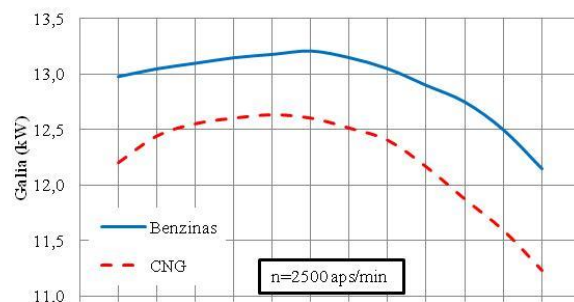
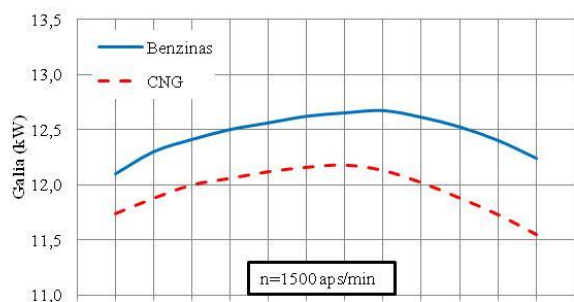
3 pav. matome, jog benzininius degalus pakeitus suslėgtomis gamtinėmis dujomis, variklio galia (~11 %) sumažėjo. Dujas įpurškiant į įsiurbimo kolektorių, jos užima tam tikrą tūrį, todėl sumažėja cilindro pripildymas oru. Kadangi palaikomas stochiometrinis mišinys, automatiškai pablogėja cilindro pripildymas degiuoju mišiniu. Tai pagrindinė priežastis, dėl kurios sumažėjo variklio galia, degimo temperatūra ir atitinkamai išmetamųjų dujų temperatūra. Dėl sumažėjusio degiojo mišinio kiekio sumažėja ir CO, CO_2 , CH ir NO_x koncentracija deginiuose. Reikia pastebėti, jog varikliui dirbant skirtingais sūkiu, didžiausia variklio galia pasiekama esant skirtingiems uždegimo paskubos kampams.



2 pav. Išmetamųjų dujų emisijos (CO; CO₂; CH; NO_x) rodikliai

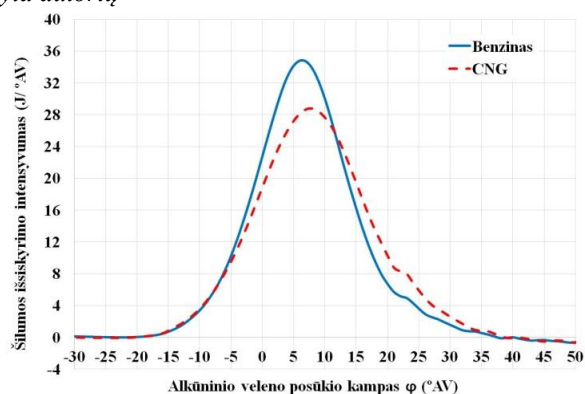
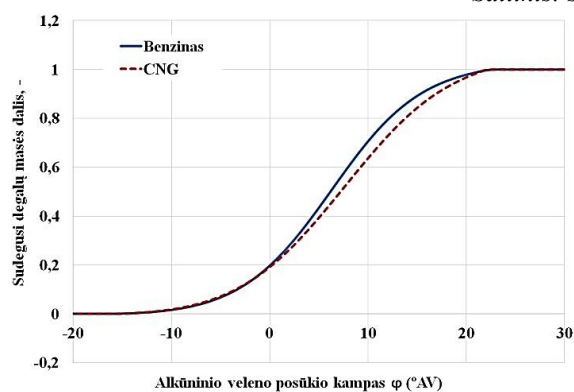
Šaltinis: sudaryta autorių

Varikliui dirbant suslėgtomis gamtinėmis dujomis, lyginamosios degalų sąnaudos (~15 %) sumažėjo. Didžiausias skirtumas tarp kreivių pastebimas varikliui dirbant 1500 aps/min sūkiams, o mažiausias – dirbant 2500 aps/min. Benzina pakeitus suslėgtomis gamtinėmis dujomis variklio naudingumo koeficientas (~2 %) padidėjo. Tai reiškia, jog dirbdamas suslėgtomis gamtinėmis dujomis, variklis efektyviau panaudoja degimo metu gautą šiluminę energiją naudingam darbui atlikti. To priežastis – trumpesnė dujų molekulinė grandinė, dėl ko degalai geriau sudega. Didėjant variklio sūkiams, skirtumas tarp kreivių mažėja.



3 pav. Variklio energetiniai rodikliai

Šaltinis: sudaryta autorių



4 pav. Degimo proceso analizė: sudegusi degalų masės dalis

Šaltinis: sudaryta autorių

5 pav. Degimo proceso analizė: šilumos išsiskyrimo intensyvumas

Šaltinis: sudaryta autorių

Degimo proceso analizė, atlikta AVL BOOST programa, parodė, kad suslėgtos gamtinės dujos dega mažesniu greičiu. Tai parodo sudegusių degalų masės dalies pokytis priklausomai nuo veleno pasisukimo kampo (4 pav.) ir nuo to priklausantis šilumos išsiskyrimo intensyvumas (5 pav.). Remiantis degimo proceso analize ir variklio galios pokyčio tendencijomis, galima teigti, kad benzina pakeitus suslėgtomis gamtinėmis dujomis, siekiant geriausių variklio energetinių rodiklių, uždegimą reikia ankstinti 2 – 4 °AV.

Išvados

Atlikti suslėgtų gamtinių dujų panaudojimo benzininiame vidaus degimo variklyje eksperimentiniai tyrimai ir degimo proceso skaitinis modeliavimas leidžia suformuluoti apibendrintas išvadas:

1. Benzina pakeitus suslėgtomis gamtinėmis dujomis sumažėja CO, CO₂, CH ir NO_x koncentracija deginiuose bei išmetamųjų dujų temperatūra. Šį rezultatą lėmė mažesnė anglies koncentracija dujose, paprastesnė dujų molekulinė grandinė. Dujos užima didesnę degimo kameros tūrį nei benzino garai ir tai sumažina cilindro pripildymą degiuoju mišiniu ir daro įtaką deginių emisijai.

2. Varikliui dirbant suslėgtomis gamtinėmis dujomis, lyginamosios degalų sąnaudos sumažėjo ~15 % ir ~2 % padidėjo variklio naudingumo koeficientas. Šiems rodikliams didžiausią įtaką turi efektyvus gamtinių dujų degimas dėl paprastesnės jų molekulinės grandinės. Tačiau dėl blogesnio cilindro pripildymo variklio galia sumažėjo iki 11 %.

3. Variklio energetinius rodiklius, naudojant gamtines dujas, galima pagerinti uždegimą paankstinus 2 – 4 °AV, nes dujų – oro mišinys dega lėčiau už benzino degų mišinį.

4. Įvertinus eksperimentiniu ir skaitinio modeliavimo būdu ištirtą kibirkštinio uždegimo variklio energetinius ir ekologinius rodiklius galima daryti išvadą jog variklio modifikavimas benzina pakeičiant SGD yra tikslingas.

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 2017 m. kovo 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. Katinas, V., Savickas, J. 2012. *Dujinių degalų vartojimo transporto plėtros analizė*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 151 p.
9. 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.
10. Tonkonogij, J. 2012. *Gamtinių dujų parametų pokyčio analizė ir tinkamų vartotojams verčių nustatymas AB „Lietuvos dujos“ perdavimo sistemoje. Galutinė ataskaita*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 16 p.
11. Bosch, R. 2000. *Автомобильный справочник*. Москва: Зарулем, 895 p.

RESEARCH OF NATURAL GAS AND GASOLINE USE EFFICIENCY IN SPARK-IGNITION ENGINE

Summary

This paper presents the Nissan Qashqai HR16DE engine efficient and ecological indices when replacing gasoline fuel with compressed natural gas (CNG). The effectiveness of compressed natural gas use in the internal combustion engine was analyzed during the experimental studies and using a numerical simulation software AVL Boost. The obtained results indicate that the engine running on CNG fuel achieve lower power, brake specific fuel consumption, exhaust gas temperature, nitrous oxides (NO_x), hydrocarbons (HC), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) concentration in the exhaust gases and has an increased engine efficiency.

Key words: internal combustion engine, compressed natural gas, engine power, exhaust gas emissions.

Padėka. Straipsnyje atlikti tyrimo rezultatai gauti naudojant AVL BOOST vidaus degimo variklių modeliavimo programą, įsigyta pasirašius bendradarbiavimo sutartį tarp AVL Advanced Simulation Technologies ir VGTU Transporto inžinerijos fakulteto.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jevgenij Kibickij.

Mokslo laipsnis ir vardas: studentas, magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Faktoauto“, kėbulų remonto vadybininkas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 62512973, zennkaz4@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Vilius Bartulis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ VGTU, Transporto technologinių įrenginių katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: kasybos mašinos ir procesai, mašinų sauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: vilius.bartulis@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ VGTU, 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: Mindaugas Melaika.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorius.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ VGTU, Automobilių transporto katedros lektorius.

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: Jevgenij Kibickij.

Science degree and name: student, postgraduate.

Workplace and position: UAB „Faktoauto“, body repair manager.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 62512973, zennkaz4@gmail.com

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: VGTU, 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: Vilius Bartulis.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: VGTU, Department of Transport Technological Equipment associated professor.

Author's research interests: mining machinery and processes, machinery safety.

Telephone and e-mail address: vilius.bartulis@vgtu.lt

Author name, surname: Mindaugas Melaika.

Science degree and name: science doctor.

Workplace and position: VGTU, Automobile Transport department, lecturer.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: mindaugas.melaika@vgtu.lt

ANTROS KARTOS BIODYZELINO IR DYZELINO MIŠINIŲ NAUDOJIMO SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIUOSE EFEKTYVUMO TYRIMAS

Alfредas Rimkus, Aleksandr Robert Ščerbuk, Mindaugas Melaika
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Šiame tyrime nagrinėjamas antros kartos biodyzelino (*NexBTL*) ir dyzelino mišinių naudojimo slėginio uždegimo varikliuose energetinis ir ekologinis efektyvumas ir šie rodikliai lyginami su rodikliais, gautais naudojant degalus, kurie atitinka galiojantį degalų standartą. Straipsnyje pateikta biodyzelino rūšių apžvalga bei pagrindinės sąlygos nulėmusios biodyzelino vystymosi raidą. Aprašyta tyrimo metodika bei bandymo rezultatai naudojant įvairius dyzelino ir II kartos biodyzelino mišinius ir keičiant deginių recirkuliacijos (EGR) intensyvumą. Nustatyta, kad degalų mišinyje didinant *NexBTL* koncentraciją gerėja variklio energetiniai ir ekologiniai rodikliai. Ištirta EGR įtaka variklio rodikliams.

Reikšminiai žodžiai: Slėginio uždegimo variklis, antros kartos biodyzelinas, *NexBTL*, *AVL BOOST*.

Įvadas

Globaliniai žemės klimato pokyčiai, kuriuos pastaruoju metu tiria daugelis pasaulio mokslininkų, susiję su intensyvia pramonine ir žemės ūkio veikla bei neleistinai didele atmosferos tarša. Jau senokai susirūpinta dėl susidariusios ekologinės situacijos planetoje, kurios būklė kritinė, ir galimomis šio reiškinio pasekmėmis. Kadangi daugiau kaip 80 % aplinkos taršos tenka vidaus degimo varikliams, tai biodegalų naudojimas efektyviai spręstu šią problemą. Atmosferos oro tarša išlieka ypač aktuali labiausiai išsivysčiusiose šalyse.

Lietuvos biodegalų gamintojai yra pajėgūs gaminti pirmos kartos biodegalus, tačiau susiduriama su jų realizavimo problemomis. Mažeikių įmonės *Rapsoila* gaminamo biodyzelino *Lukoil* tinkle pavyko parduoti vos 500 tonų, o įmonė pajėgi per metus pagaminti 10 tūkst. tonų šių degalų. Pagrindinė problema yra ta, kad pirmos kartos degalai turi neigiamą poveikį variklio efektyvumui, nes yra naudojamas didesnis biodyzelino kiekis. Šią problemą išsprendė *Neste Oil* kompanija, savo laboratorijoje sukūrusi naujos kartos biodyzeliną, pavadintą *NexBTL*. Šių degalų atradimas padeda realizuoti aplinkos apsaugos keliamus reikalavimus išmetamųjų dujų emisijos mažinimui.

Literatūros apžvalga

Šiuolaikiniame pasaulyje biodegalai kol kas užima tik nedidelę dalį visos degalų rinkos. Tačiau valstybės turi įsipareigojimų plėsti biodegalų gamybą bei panaudojimą, bet to vis tik neužtenka, todėl yra ir kitos priežastys, skatinančios biodegalų plėtrą, ne tik pasaulyje, bet ir Lietuvoje: (Miliūnas, 2006).

- kiekvienais metais griežtėjantys aplinkos apsaugos reikalavimai, susiję su šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos kiekio mažinimu;
- didėjanti aplinkos tarša, susijusi su mineralinių išteklių naudojimu;
- nuolat didėjanti dyzelino paklausa lyginant su benzinu;
- energetikos priklausomybė nuo importuojamų mineralinių išteklių;
- komplikauta žemės ūkio produkcijos rinka, verčianti ieškoti naujų žemės ūkio produkcijos panaudojimo sričių;
- socialinės problemos, susijusios su gyventojų užimtumu.

Įgyvendinant Madrido deklaracijos, pagal kurią numatoma ne mažiau kaip 10 % mineralinių degalų pakeisti biodegalais ir Kioto susitarimo sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją 8 % nuostatas, Europoje dyzeliniams varikliams vis dažniau vartojami biodegalai - augalinių aliejų metilo esteriai ar jų mišiniai su mineraliniu dyzelinu. Intensyviai tiriamos variklių, kuriems vartojami šie degalai, charakteristikos, ekonominiai ir deginių emisijos rodikliai (Miliūnas, 2006).

Šiuo metu egzistuojančios pagrindinės biodegalų rūšys: biodyzelinas, bioetanolis, metanolis, biodujos, sintetiniai degalai. *NexBTL* po ilgų bandymų buvo išrastas Suomijos naftos koncerno *Neste Oil Oyj* laboratorijos mokslininkų. Tai unikalus dyzelinas, kuris dėl savo savybių yra pripažintas garsiausių pasaulio automobilių gamintojų. Maišant *NexBTL* su mineraliniais degalais, gaunamas taip vadinamas *Pro Diesel*. Prekyba *Pro Diesel* degalais Suomijoje buvo pradėta 2012 metais, o Lietuvoje – nuo 2014 metų. Lietuva tapo pirmąja užsienio šalimi, į kurią buvo pradėtas tiekti naujos kartos dyzelinas *Pro Diesel*.

Apžvelgus teorinę medžiagą, galima išskirti šiuos pagrindinius *NexBTL* privalumus:

- Atsinaujinamumas ir patikimumas – gaminamas iš nuolat atsinaujinančių šaltinių: augalinių aliejų, maisto atliekų, medienos ir t. t..
- Mažiau teršia aplinką - CO₂ emisijos degalų ciklo metu sumažėja nuo 40 % iki 90 %.
- Žema drumstimosi temperatūra – gali būti naudojamas ir esant ypač žemai temperatūrai.
- Cetaninis skaičius nuo 75 iki 95 – dėl aukštesnio cetaninio skaičiaus net šaltuoju metu laiku variklis išleidžia mažiau dūmų, lengviau užsiveda ir tyliau dirba.

- Ilgesnis variklio eksploatacijos laikas – dėl daug geresnės cheminės sudėties, nei pirmos kartos biodyzelinas, *NexBTL* prailgina variklio eksploatacijos laiką, nes neturi ėsdinančių savybių, kurios teršia variklį, todėl variklio alyvos nereikia taip dažnai keisti.
- Patvarumas ir kokybiškumas – net laikant ilgą laiką jo cheminės savybės nepasikeičia, nepablogėja kokybė, nesikaupia vanduo (priešingai nei pirmos kartos biodyzelinas).
- Cheminė sudėtis – grynas angliavandenilis – prilygsta iškastinių degalų cheminei sudėčiai, būtent todėl net ir naudojamas grynas neteršia aplinkos. (Neste Corporation, 2015., Yung, M. et al., 2009., K. Sunde et al., 2011).

Kaip minėta, vienas iš *NexBTL* pagrindinių tikslų sumažinti išmetamųjų dujų emisijos kiekį. *NexBTL* degalai turi žymiai didesni cetaninių skaičių, yra beveik be sieros ir aromatinių angliavandenilių, todėl variklis išmeta mažiau dūmų. Galima daryti prielaidą, kad dėl biodyzelino didelio cetaninio skaičiaus sutrumpėja degiojo mišinio užsiliepsnojimo uždegimo momentas, todėl turėtų sumažėti išmetamųjų dujų emisijos bei variklio triukšmas. Tačiau prieš išrandant šiuos degalus, išmetamųjų dujų kenksmingumui mažinti naudojama deginių recirkuliacijos sistema, todėl, norint patikrinti abiejų šių priemonių efektyvumą, buvo atlikti tyrimai. Vienas iš tyrimų parodė, kad esant standartiškai suprogramuotai deginių recirkuliacijos sistemai ir naudojant *BTL* galima sumažinti žymiai labiau sumažinti NO_x kiekį. Ir toks rezultatas buvo pasiektas be dūmingumo padidėjimo, variklio šiluminio efektyvumo sumažėjimo bei degalų kiekio padidėjimo. (Abu-Jrai et al., 2009., Demirbas, A. 2007).

Taigi apibendrinus, galima teigti, kad tinkamai suprogramavus EGR deginių tiekimo kiekį, įmanoma pasiekti mažesnius išmetamųjų dujų emisijos kiekius.

Darbo tikslas – išanalizavus mokslinę literatūrą ir atlikus slėginio uždegimo variklio, veikiančio įvairiais *NexBTL* ir dyzelino mišiniais, eksperimentinius tyrimus bei degimo proceso skaitinį modeliavimą – nustatyti *NexBTL* naudojimo vidaus degimo varikliuose efektyvumą, įvertinti EGR įtaką variklio rodikliams

Tyrimo metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti VGTU Automobilių transporto katedros Vidaus degimo variklių laboratorijoje. Bandymams naudoti įvairūs dyzelino mišiniai su *NexBTL* ir Lietuvos rinkoje parduodami degalai *Statoil Miles*. Šių degalų fizinės ir cheminės savybės ištirtos Klaipėdos universiteto laboratorijoje ir pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Degalų mišinių bandymo rezultatai

	Statoil Miles	D100%	BTL 30%	BTL 50%	BTL 100%
Dinaminis klampis, MPa·s	1,8171	3,2714	2,5504	1,584	2,2617
Kinematinis klampis, mm ² /s	2,2341	3,9477	3,1488	1,9967	2,959
Tankis, g/ml	0,8134	0,8441	0,8213	0,8094	0,7779
Pliūpsnio temp., °C	64,1	>90	>90	63,9	>90
Filtruojamumo temp., °C	-19 / -19	-10	-27 / -30	-34	-40
Ribinė takumo temp., °C	-28	-39	-37	-45	-58
Vandenilio kiekis, %	14,63	14,69	15,31	15,72	16,75
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	42,565	42,570	42,827	42,873	43,449

Šaltinis: Klaipėdos universiteto laboratorija

1 lentelėje matyti, kad gryno *NexBTL* šilumingumas yra 2,2 % didesnis už mineralinio dyzelino. Toks skirtumas gali įtakoti bandymo rezultatus. Didžiausias poveikis turėtų būti tiriant variklio efektyvųjį naudingumo koeficientą, nes variklio efektyvusis naudingumo koeficientas tiesiogiai priklauso nuo šilumingumo. Kitas ryškus skirtumas yra degalų mišinių tankis. Gryno *NexBTL* tankis yra 8,6 % mažesnis už mineralinio dyzelino. Toks skirtumas gali įtakoti lyginamąsias degalų sąnaudas (ml/kWh) – mažėjant tankiui, litrinės degalų sąnaudos, aktualios vairuotojams, turėtų didėti. Ryškus poveikis galimas ir dėl degalų cetaninio indekso skirtumo, nes tarp gryno *NexBTL* ir mineralinių degalų skirtumas yra ~60 %. Naudojant mišinius su didesne dalimi *NexBTL*, keičiasi degimo procesas ir galimas NO_x emisijos sumažėjimas.

Tyrimai atlikti naudojant slėginio uždegimo variklį 1.9 TDI (1Z). Bandymai atlikti esant variklio sukiamams $n = 2000 \text{ min}^{-1}$. Apkrovos stendu KI-5543 (matavimo paklaida $\pm 1,23 \text{ Nm}$) variklis apkrautas 60 Nm apkrova, kuri yra artima variklio apkrovai, eksploatuojant miesto režimu. Kiekvieno mišinio poveikis aplinkos taršai vertinamas naudojant dujų analizatorių AVL DiCom 4000 bei dūmomačių AVL DiSmoke.

Išmetamųjų dujų temperatūrai matuoti naudojamas K tipo termopora. Šio jutiklio temperatūros matavimo ribos – $50^\circ\text{C} \div 800^\circ\text{C}$. Slėgis cilindre fiksuojamas kaitinimo žvakėje integruotu pjezoelektriniu jutikliu GG2 1569 ir įrašomas naudojant AVL DiTEST DPM 800 įrangą. Slėgio matavimo tikslumas 1 %.

Slėgis variklio įsiurbimo kolektoriuje matuojamas slėgio matuokliu *Delta OHM HD 2304.0*, prietaiso jutiklis *TP704-2BAI* montuojamas prieš įsiurbimo kolektorių. Matavimo paklaida $\pm 0,0002$ MPa.

Bandymo metu, keičiant EGR vožtuvo valdymo signalą, buvo keičiamas išmetamųjų dujų recirkuliacijos intensyvumas. EGR vožtuvo pralaidumas apskaičiuotas pagal formulę:

$$M_{EGR} = \frac{(M_{p.oro} - M_{n.oro}) \cdot T_{oro} \cdot p_k}{p_0 \cdot T_{ex} \cdot 0.8}, \text{ kg/h} \quad (1)$$

čia: $M_{p.oro}$ – oro masės sąnaudos esant uždarytam EGR vožtuvui, kg/h; $M_{n.oro}$ – oro masės sąnaudos esant dalinai atidarytam EGR, kg/h; T_{oro} – įsiurbiamo oro temperatūra, K; T_{ex} – išmetamųjų dujų temperatūra, K; p_k – turbokompresoriaus priputimo slėgis, MPa; p_0 – atmosferos slėgis, MPa.

Koeficientas, vertinantis EGR veikimą, nustatytas pagal formulę:

$$k_{EGR} = \frac{M_{EGR}}{M_{EGR} + M_{n.oro}} \quad (2)$$

EGR vožtuvo reguliavimui naudojamas valdymo valdiklis *TESTER – TMW1*. Valdymo ribos 0% - 100%, paklaida $\leq 1\%$.

Tiriamąjį variklio degimo proceso analizę ir sintezę atlikta šį procesą modeliuojant *AVL BOOST* programą. Į *AVL BOOST* paprogramę *BURN* įvedus variklio veikimo parametrus (slėgį cilindre darbo ciklo metu, degalų ir oro sąnaudas) nustatome variklio cilindre vykstančio degimo pradžią ϕ_0 , trukmę ϕ_C ir Vibe degimo intensyvumo rodiklį m_v .

Šilumos išsiskyrimo intensyvumas ciklo metu nustatomas naudojant Vibe šilumos išsiskyrimo funkciją:

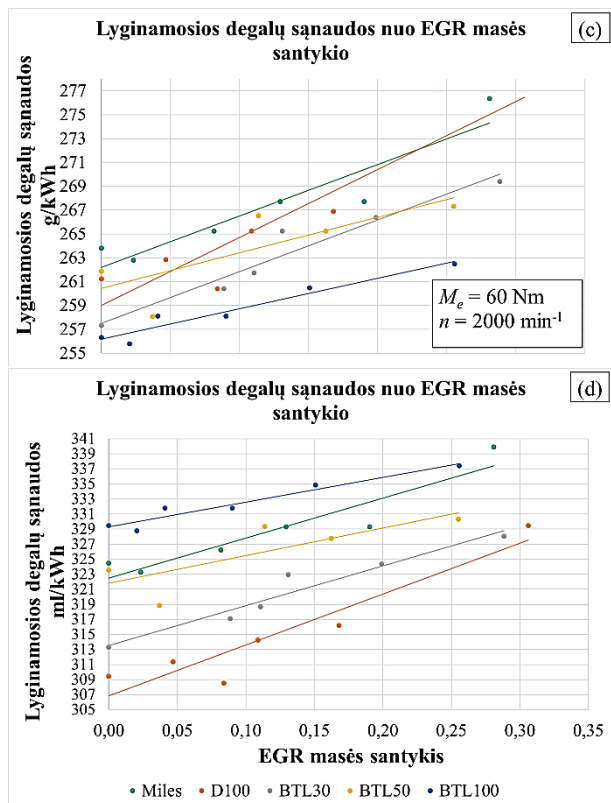
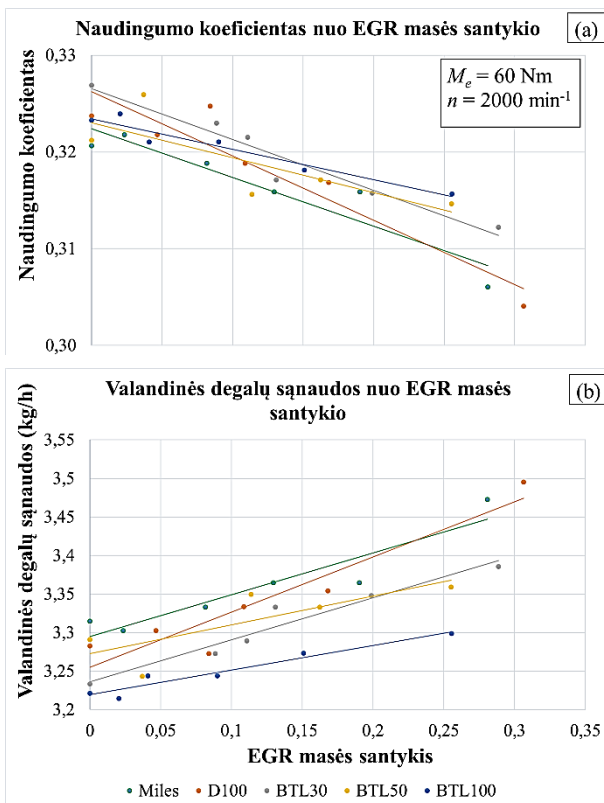
$$\frac{dx}{d\phi} = 6.908 \frac{m_v + 1}{\phi_C} \left(\frac{\phi}{\phi_C} \right)^{m_v} \exp \left[-6.908 \left(\frac{\phi}{\phi_C} \right)^{m_v + 1} \right] dx = \frac{dQ}{Q} \quad (3)$$

čia: Q – per darbo ciklą degalų išskirtas šilumos kiekis; ϕ – alkūninio veleno pasisukimo kampas; m_v – Vibe degimo intensyvumo rodiklis; ϕ_C – degimo trukmė, išreikšta alkūninio veleno pasisukimo kampais.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

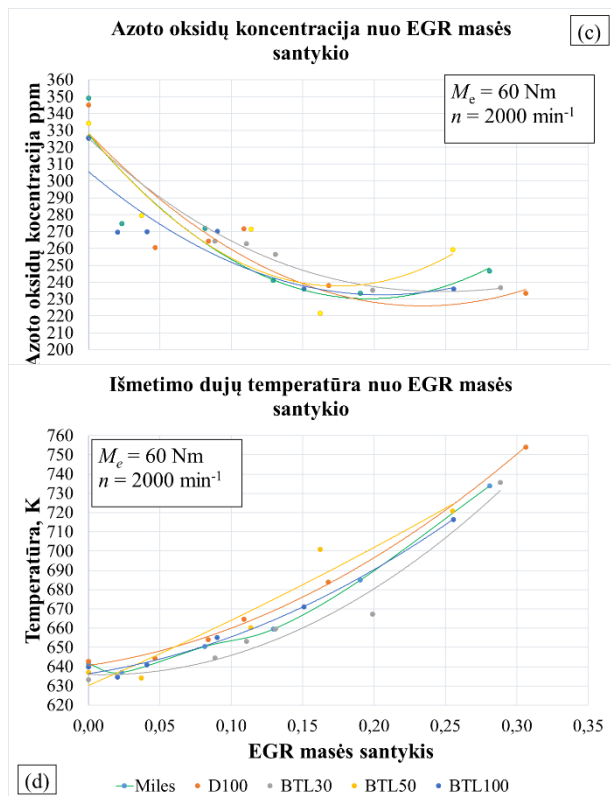
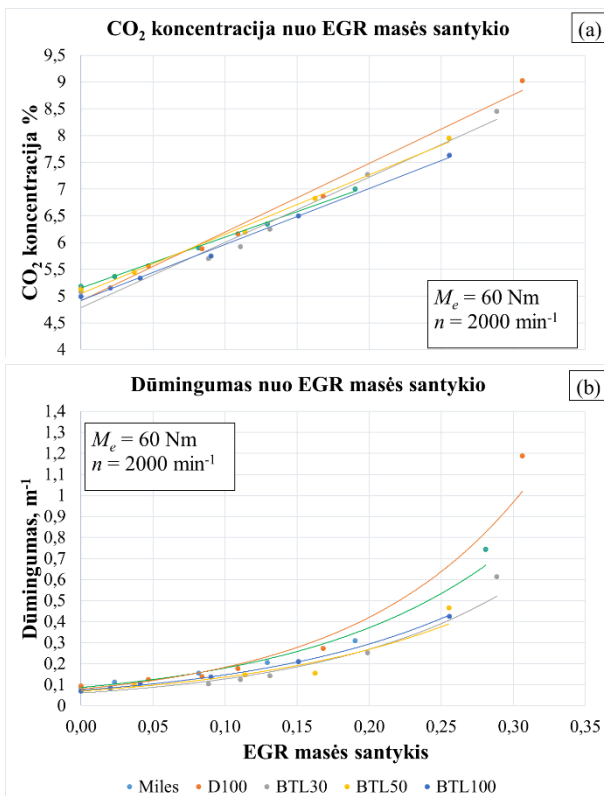
Mišiniai su *NexBTL* pasižymi mažesnėmis valandinėmis (b) ir lyginamosiomis (c) degalų masės sąnaudomis (g/kWh). Kadangi *NexBTL* žemutinis šilumingumas yra didesnis, todėl jie turi daugiau energijos ir šių degalų reikia mažiau nei mineralinio dyzelino. Lyginant dyzelino mišinius su *NexBTL* ir *Statoil Miles* degalus, matomas gana ženklus skirtumas – 30 % *NexBTL* ir dyzelino mišinio sąnaudos yra ~7,56 % mažesnės. Įvertinus degalų mišinių tankį, pateiktas grafikas su visai kitokiomis tūrinių lyginamųjų (d) degalų sąnaudų (ml/kWh) reikšmių tendencijomis. Ekonomiškiausias šiuo atveju yra grynas mineralinis dyzelinas, o blogiausias *NexBTL*. Tai galima paaiškinti tuo, kad *NexBTL* degalų tankis yra 8,6 % mažesnis nei gryno mineralinio dyzelino.

Esant uždarytam deginių recirkuliacijos vožtuvui, mineralinio dyzelino naudingumo koeficientas yra vienas didžiausių, nes mineralinių degalų šilumingumas yra pats mažiausias iš tiriamų degalų mišinių. Pastebimas nežymus degalų mišinių su *NexBTL* naudingumo koeficiento sumažėjimas, kuris atsiranda dėl sintetinių degalų didesnio žemutinio šilumingumo reikšmės, nors santykinės degalų sąnaudos yra ir mažesnės nei grynų mineralinio dyzelino, tačiau laipsniškai didinant EGR vožtuvo pralaidumą, naudingumo koeficientas krenta. Koeficiento kritimą galima paaiškinti ir tuo, kad ir didėja valandinės bei santykinės degalų sąnaudos. Santykinai mažiausias naudingumo koeficientas nustatomas naudojant *Statoil Miles* degalus, nes šių degalų lyginamosios degalų sąnaudos yra vienos didžiausių. Taip pat, iš grafiko matyti, kad, didinant EGR vožtuvo atidarymą, didėja valandinės ir lyginamosios degalų sąnaudos bei mažėja efektyvusis naudingumo koeficientas.



1 pav. Naudingumo koeficiento (a), valandinių (b), lyginamųjų (c) ir (d) degalų sąnaudų priklausomybė nuo deginių recirkuliacijos masės santykio

Šaltinis: Sudaryta autorių

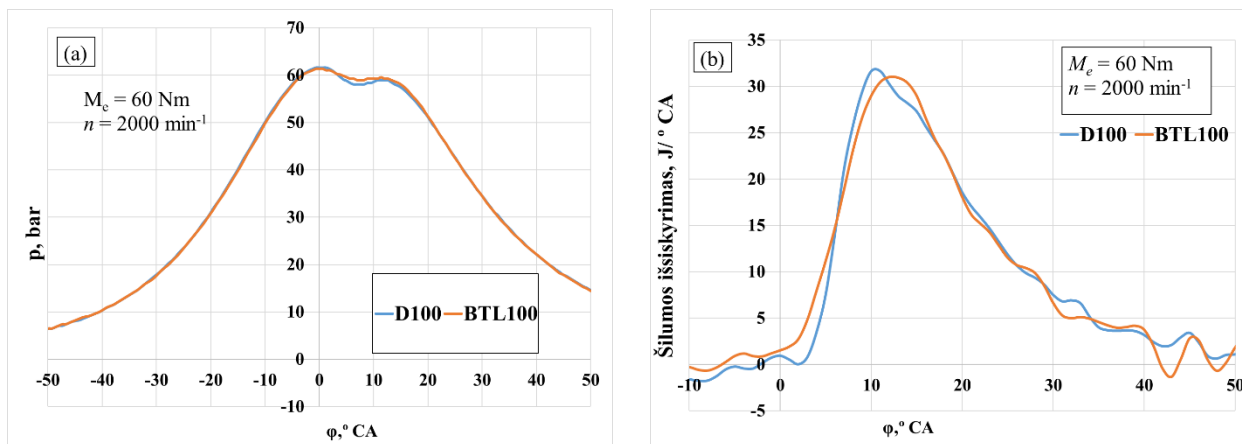


2 pav. CO_2 koncentracija (a), NO_x koncentracija (c), dūmingumo (b) ir (d) temperatūros priklausomybė nuo deginių recirkuliacijos masės santykio

Šaltinis: Sudaryta autorių

Mažiausia CO_2 koncentracija (a) gaunama bandymo metu naudojant gryną NexBTL (~5%) nes šie degalai turi mažiausią C/H santykį. Tai įtakoja ir mažesnę dūmingumą. Mažiausias dūmingumas (~26 %)

nustatytas naudojant 50 % *NexBTL* ir 50 % mineralinio dyzelino mišinį. Naudojant grynus *NexBTL* degalus NO_x koncentracija ~5,79 % mažesnė nei dyzelino. Tai nulėmė ~40 % didesnis biodegalų cetaninis indeksas ir mažesnis šilumos išsiskyrimo intensyvumas pirminėje degimo stadijoje. Nustatyta, kad didinant deginių recirkuliaciją iki 0,25 %, NO_x koncentracija mažėja, tačiau didinant daugiau – vėl pradeda augti. Tai apsprendžia augančios degalų sąnaudos. Augant EGR didėja ir deginių dūmingumas bei temperatūra.



3 pav. Slėgio cilindruose (a) ir šilumos išsiskyrimo (b) priklausomybė nuo alkūninio veleno kampo
Šaltinis: Sudaryta autorių

Atliekant degimo proceso analizę AVL BOOST programa, naudotas eksperimento metu užfiksuotas slėgio cilindre pokytis (3 pav. (a)). Skaitinio modeliavimo būdu gautas šilumos išsiskyrimo grafikas (3 pav. (b)) rodo, kad, varikliui veikiant *NexBTL100*, degimo procesas prasideda anksčiau ir pirminėje degimo stadijoje šiluma išsiskiria mažesniu intensyvumu, dėl ko mažiau išauga temperatūra ir tai paaiškina mažesnę NO_x koncentraciją deginiuose naudojant *NexBTL* priedą (2 pav. (a)). Esant mažesniai šilumos išsiskyrimui, degimo pradžioje yra mažesnis slėgio prieaugis ir variklis veikia „švelniau“, tai sumažina alkūninio mechanizmo termines ir mechanines apkrovas.

Išvados

Atlikus antros kartos biodyzelino ir dyzelino mišinių slėginio uždegimo varikliuose efektyvumo tyrimą ir išanalizavus gautus bandymų rezultatus pateikiamos tokios išvados:

1. Valandinės bei lyginamosios degalų masės sąnaudos (g/kWh) naudojant *NexBTL* degalus yra mažesnės, nes degalai turi daugiau energijos t.y. jų žemutinis šilumingumas yra ~2,2 % didesnis nei mineralinių degalų. Tačiau lyginamosios tūrinės degalų sąnaudos (ml/kWh) naudojant 100 % *NexBTL* yra didžiausios, dėl mažo II kartos biodyzelino tankio.
2. Variklio efektyvusis naudingumo koeficientas yra ~1% didesnis naudojant mišinius su *NexBTL* degalais, nes II kartos biodyzelino molekulinė grandinė yra paprastesnė, jie geriau sudega ir didesnę dalis šilumos yra paverčiama naudingu darbu.
3. Mažiausia NO_x koncentracija nustatyta naudojant grynus *NexBTL* degalus (~5,79 % mažesnė negu mineralinio dyzelino). Tai nulėmė ~40 % didesnis cetaninis indeksas.
4. Mažiausias dūmingumas (~26 %) nustatytas naudojant 50 % *NexBTL* ir 50 % mineralinio dyzelino mišinį. Mažiausia CO_2 koncentracija (~5 %) nustatyta naudojant gryną *NexBTL*. Tai nulėmė mažesnis *NexBTL* C/H santykis.
5. Didinant EGR, variklio naudingumo koeficientas mažėja, dūmingumas auga, tačiau mažėja NO_x koncentracija. Pastebėta, kad viršijus tam tikrą EGR ribą, NO_x koncentracija taip pat pradeda augti.

Literatūra

1. Abu-Jrai, A., et al.: *Effect of gas-to-liquid diesel fuels on combustion characteristics, engine emissions, and exhaust gas fuel reforming*. Comparative study. *Energy fuels* 20. 2006. 2377-2384 p.
2. Alfredas Rimkus, Justas Žaglinskis, Paulius Rapalis, Paulius Skačkauskas. 2015. *Research on the combustion, energy and emission parameters of diesel fuel and a biomass-to-liquid (BTL) fuel blend in a compression-ignition engine*. *Energy Conversion and Management*. 106. 1109-1117p.
3. AVL BOOST. 2011. *AVL BOOST theory*. Graz, Austria. 113 p.
4. AVL BOOST. 2011. *AVL BOOST Users Guide*. Graz, Austria. 297 p.
5. *Biodegalų gamybos ir naudojimo pasaulyje ir Lietuvoje tendencijos*. K.Miliūnas. Lietuvos žemės ūkio universitetas.

6. Neste Corporation *NExBTL review*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. spalio 7 d.]. Prieiga per internetą: https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste_nexbtl.pdf
7. Demirbas, A. *Progress and recent trends in biofuels*. 2007 Prog Energ Combust 33:1–18.
8. Yung, M. M., Jablonski, W. S., Magrini-Bair, K. A. 2009. *Review of catalytic conditioning of biomass-derived syngas*. Energ Fuel 23(4):1874–1887.
9. K. Sunde, A. Brekke, B. Solberg. *Environmental impacts and costs of woody Biomass-to-Liquid (BTL) production and use*. Forest Policy and Economics. 2011. 591-602p.

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.

RESEARCH OF A SECOND GENERATION BIODIESEL AND DIESEL MIXTURES' EFFICIENCY IN COMPRESSION IGNITION ENGINES

Summary

This paper presents research of compression ignition engine efficient and ecological parameters using the second generation biodiesel (*NexBTL*) and diesel mixtures and these parameters are compared with indicators which are obtained using fuels, which meet the fuel standards. In the paper the overview of biodiesel is presented and also main conditions, which influenced the development of biodiesel process are described. The research methodology and research results are presented when different diesel and II generation biodiesel fuel mixtures and different exhaust gas recirculation (EGR) intensities were used. It was determined that increasing *NexBTL* concentration in fuel mixture, engine efficient and ecological parameters improve. The influence of EGR for the engine indicators was also researched.

Key words: compression ignition engine, second generation biodiesel, *NexBTL*, AVL BOOST.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: 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: daktaras

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių transporto katedros daktaras.

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: 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: mindaugas.melaika@vgtu.lt

SKIRTINGŲ ATSINAUJINANČIO BIODYZELINO RŪŠIŲ PALYGINIMAS

Saulius Stravinskas¹, Alfredas Rimkus^{1,2}

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

Anotacija. Skirtingos atsinaujinančio dyzelino rūšys gali būti gaminamos iš skirtingų atsinaujinančių šaltinių, tokių kaip augaliniai aliejai, gyvūniniai riebalai ir kitos atliekos. Šiuo metu pati populiariausia atsinaujinančio biodyzelino rūšis – FAME biodyzelinas, kuris gaunamas peresterinant augalinius aliejus. Dėl daugelio šio biodyzelino trūkumų, vis sparčiau plėtojamos naujos technologijos antros kartos biodyzelino, tokio kaip HVO, FT, BTL, GTL, gamybai. Šiame straipsnyje apžvelgiamos pagrindinės atsinaujinančio biodyzelino savybės, parodančios jų kokybę. Taip pat atliktas detalus šių biodyzelino rūšių palyginimas.

Reikšminiai žodžiai: Biodyzelinas, antros kartos biodyzelinas, FAME, HVO, FT.

Įvadas

Remiantis ES transporto politikos „Baltąja knyga“ iškastinės naftos gavyba artimiausiais dešimtmečiais mažės, o likusi nafta bus tiekiama iš nepatikimų šaltinių. Norint sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių teršalų emisijas valstybės turi naudoti švaresnę energiją, ieškoti alternatyvių degalų ir stengtis pakeisti iškastinio kuro degalus. ES ragina ženkliai sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą ir užtikrinti, kad iki 2050 m., lyginant su 1990 m., išmetamų teršalų kiekis transporto sektoriuje būtų sumažintas bent iki 60 %, iki 2030 m. lyginant su 2008 m. šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos turi būti sumažintos 20 %. Energetinio saugumo ir ekologines problemas galima spręsti didinant biodegalų dalį vidaus degimo varikliuose (VDV) naudojamuose degaluose.

ES ir Lietuvoje didelės lėšos investuotos į pirmos kartos biodegalų (bioetanolio, biodyzelino (rapsų metilo esterio (RME)) gamybą. Tačiau dėl mažo ekonominio ir ekologinio efektyvumo, augančių maisto produktų kainos subsidijas pirmos kartos biodegalų gamybai planuojama nutraukti. Paramą planuojama padidinti antros ir trečios kartos biodegalams (gaminamiems iš atliekų ir nemaistinių žaliavų), nustatant 60 proc. šiltnamio efektą sukeliančių CO₂ dujų emisijų sumažinimą per gyvavimo ciklą. Siekiant išnaudoti turimą pirmos kartos biodegalų gamybos resursus ir sklandžiai pereiti prie naujų biodegalų gamybos technologijų, racionalu naudoti pirmos ir antros kartos biodyzelino (Biomasė į skysčius (BTL)) mišinius. VDV degalai turi atitikti LST EN 590:2014 standartą ir tai gali būti pasiekta naudojant įvairių kompozicijų mišinius.

Straipsnyje apžvelgiamos skirtingos pirmos ir antros kartos atsinaujinančio dyzelino rūšys, jų savybės, privalumai ir trūkumai.

FAME biodyzelinas (pirmos kartos biodyzelinas)

Riebiųjų rūgščių metilo esteriai arba FAME yra gaunami iš augalinių aliejų arba gyvulinių riebalų (biolipidų), kurie yra peresterinami naudojant alkoholį. Peresterinimo procesas yra cheminis riebiųjų rūgščių, esančių augaliniame aliejuje, suskaldymas naudojant alkoholį ir norint suformuoti alkoholio esterius bei glicerolį tam, kad sumažinti augalinio aliejaus klampą ir nestabilumą. Nors etanolis yra tinkamesnis alkoholis peresterinimo procesui dėl atsinaujinančios biomasės šaltinio ir mažesnio nuodingumo, metanolis dažniau naudojamas dėl mažesnės kainos, lyginant su kitais alkoholiais, tokiais kaip etanolis ir izopropanolis. Tai lemia riebiųjų rūgščių metilo esterio (FAME) dominavimą (Oh Pin Pin et al., 2012).

FAME gali būti gaminamas iš įvairių rūšių aliejų. Europoje dažniausiai naudojamas rapsų aliejus (rapsų metilo esteris, RME). Tuo tarpu Jungtinėse Amerikos valstijose – sojų aliejus (Sojų metilo esteris, SME). Peresterinimo metu katalizatoriai, tokie kaip natrio ar kalio hidroksidai, naudojami paverčiant augalinius aliejus ir metanolį į FAME. Be to, peresterinimo metu gaunami šalutiniai produktai (glicerinas ir vanduo). Šalutiniai produktai turi būti pašalinti iš galutinio produkto kartu su metanolio pėdsakais. Grynas FAME gali būti naudojamas tik tuose slėginio uždegimo varikliuose, kuriuose tai daryti numato variklio gamintojas. Dažniausiai FAME naudojamas mišinyje su įprastu dyzelinu.

FAME biodyzelinas turi labai geras savybes, kaip dyzelino pakaitalas (1 lentelė). Tai rodo, kad biodyzelinas gali būti plačiai naudojamas įvairiose transporto priemonėse. FAME šilumingumas yra tarp 37 ir 40 MJ/kg. O tai tenkina dyzelino standartą. FAME dyzelino tankis yra 0,85 – 0,9 g/ml. kas taip pat tenkina tarptautinius dyzelino-biodyzelino standartus. Taip pat, šiame dyzeline yra labai mažai sieros, o cetaninis skaičius 45-73, kas rodo geras savaiminio užsiliepsnojimo savybes. Pliūpsnio taškas svyruoja nuo 96 iki 188°C. Tačiau FAME sudėtyje yra didelis kiekis vandens, kuris trumpina degalų filtrų tarnavimo laiką bei sukelia koroziją. FAME yra didelio klampumo, kas garantuoja geras tepimo savybes (Jo-Han Ng et al., 2010).

HVO (antros kartos biodyzelinas)

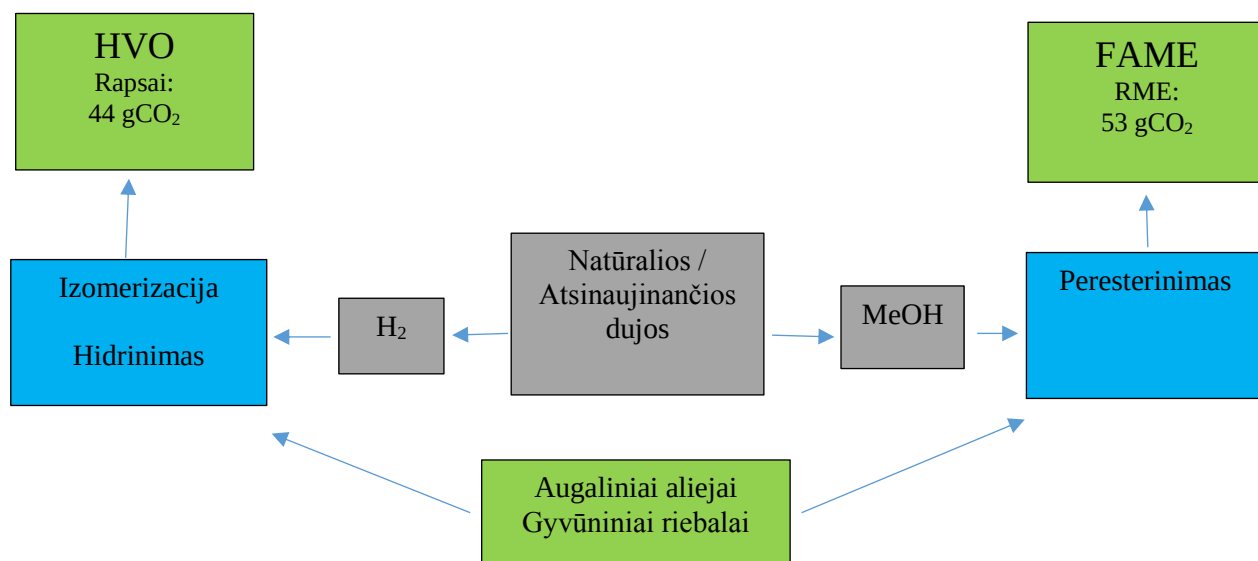
Terminas „HVO – hydrotreated vegetable oil“ yra kilęs praeitame dešimtmetyje, kai tik augaliniai aliejai buvo naudojami kaip gamybos žaliava. Šiomis dienomis vis daugiau HVO gaminama iš atliekų, kurios susidaro maisto, žuvų ir skerdyklų pramonėse. Taip pat, HVO gaminamas iš nemaistinių augalinių aliejų. Nors terminas „HVO“ yra netikslus, nusakant degalų gamybos žaliavą, tačiau jis negali būti lengvai pakeistas dėl paplitimo įvairiuose degalų standartuose ir biodyzelino kokybės rekomendacijose.

HVO neturėtų būti painiojamas su FAME biodyzelinu, kadangi šie degalai gaminami iš augalinių aliejų ir riebalų katalitinio hidrinimo (Lapuerta et al., 2010), o ne transesterinimo būdu. Šie degalai yra tiekiami Neste Oil Corporation, Suomija. Šie naujos kartos biodegalai vis dar nėra gaminami dideliais kiekiais.

Katalitinis hidrinimas yra perdirbimo procesas, kurio metu padidinamas vandenilio ir anglies santykis, sumažinama heteroatomų ir metalų koncentracija, bei sumažinama naftos frakcijų virimo temperatūra. Katalitinis augalinių aliejų hidrinimas sukoncentruotas į aukštos kokybės biodyzelino gamybą panaudojant jau esamą dyzelino gamybos ir platinimo infrastruktūrą. HVO technologija susideda iš dviejų žingsnių, pirmasis – katalitinis hidrinimas, kurio metu susidaro normalūs parafinai, antrasis – katalitinė izomerizacija kurios metu susidaro n- ir izoparafinų mišinys (žr. 1 pav.) (Krar et al., 2010).

Parafinai yra pagrindinė HVO sudedamoji dalis. Šiuose degaluose nėra sieros ir aromatinių junginių. Todėl, šie parafininiai degalai turi aukštesnį cetaninį skaičių ir didesnį šilumingumą, lyginant su FAME. Kitas privalumas, kad katalitinio hidrinimo procesas nepalieka šalutinių produktų, tokių kaip FAME biodyzelino gamybos metu liekantis glicerinas. Be to, atliekant hidrinimą vyksta ir nusierinimo reakcijos, todėl HVO yra mažai sieringas (<10 ppm.), kas labai sumažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją. HVO gali būti gaminamas iš keleto augalinių aliejų rūšių, nekeliant pavojaus degalų kokybei. Rapsų ir palmių aliejai naudojami dažniausiai.

HVO cetaninis skaičius svyruoja nuo 80 iki 99, kas yra gerokai daugiau nei reikalauja dyzelino standartai. Tankis yra 0,77 – 0,83 g/ml. Kas taip pat tenkina dyzelino-biodyzelino standartus (Amin, 2009). HVO žemutinis šilumingumas yra tarp 42 ir 44 MJ/kg, kas labai panašu į įprastą dyzeliną (Kalnes et al., 2008). Mažai aromatinių junginių (<0,1 proc.), kas lemia švaresnį degimą. Nagrinėjant šalto HVO takumo savybes, matome, kad biodegalų ribinė filtruojamumo temperatūra gali siekti iki -29 °C. °C. Pliūpsnio temperatūra nuo 68 – 120 °C. Todėl jį saugu transportuoti ir laikyti. HVO savybės pateiktos 1 lentelėje.



1 pav. Supaprastinta schema, rodanti biodegalų gamyboje naudojamų peresterinimo ir hidrinimo procesų sąnaudas ir išgavas

Šaltinis: Neste Renewable Diesel Handbook, Espoo 2016

FT – sintetiniai biodegalai (antros kartos biodyzelinas)

Fisher-Tropsch (FT) dyzelinas yra sintetinis, pagamintas sintezės būdu, kurios pradininkai buvo vokiečiai 1920 metais. Pradžioje šis procesas buvo naudojamas išgaunant angliavandenilius iš anglies. Fisher-Tropsch sintezė tai cheminės reakcijos, kurių metu sintetinami angliavandeniliai iš anglies monoksido ir vandenilio. Šio proceso, kaip pagrindinio „dujos į skystį“ (GTL) technologijos metu, gaunamas naftos pakaitalas (sintetinių alyvų ir sintetinių degalų gamybai) iš anglies, natūralių dujų ar biomasės.

Fisher-Tropsch sintezės būdu gali būti gaminamas BTL (biomasė į skystį), GTL (dujos į skystį) biodyzelinas. Dabartiniai tyrinėjimai koncentruojami į švaraus FT gamybą iš biomasės. FT gali būti

gaminamas iš kelių biomasės tipų. Norint pagaminti 1 toną FT dyzelino, reikia apie 8,5 t medienos. FT biodyzelinas, lyginant šilumingumą, tankį, klampą ir pliūpsnio temperatūrą, yra panašus į iškastinės kilmės dyzeliną. Tai aukštos kokybės, švarus dyzelinas su puikiais charakteristikomis, tinkantis slėginio uždegimo varikliams.

FT dyzelino tankis svyruoja nuo 0,72 iki 0,82 g/ml. o tai tenkina tarptautinio dyzelino-biodyzelino standartus (Kalnes et al., 2008; Lapuerta et al., 2010). Be to, jis turi labai mažai aromatinių junginių (0 – 0,1 %), kas lemia švaresnį degimą – kietųjų dalelių ir NO_x emisijos mažesnės. Be to, deginiuose nėra sieros, kadangi FT dyzelinas turi labai mažai sieros junginių (<10 ppm.). Svarbu paminėti, kad FT dyzelinas yra aukšto cetaninio skaičiaus (55 – 99), o tai parodo geresnes savaiminio užsiliepsnojimo savybes. Taip pat, turi aukštą oksidacinį stabilumą, kadangi indukcijos laikas apie 75,5 val. (Guzman et al., 2010), todėl jam nereikia antioksidacinių priedų, kurių reikia FAME biodyzelinui, nes jis turi mažą oksidacinį stabilumą. FT žemutinis šilumingumas yra nuo 43 iki 45 MJ/kg, o tai yra didesnis negu reikalauja standartai, todėl FT tampa patrauklus kaip įprasto dyzelino priedas. Pliūpsnio taškas yra žemai, kas gerina savaiminį užsiliepsnojamą (Bukirwa et al., 2009). Galiausiai, klampa tenkina standartus ir yra tarp 2,1 ir 3,5 cSt.

1 lentelė

Biodyzelino savybės						
Rodiklis	Matavimo vienetai	FAME biodyzelinas	HVO biodyzelinas	FT biodyzelinas	Dyzelinas	Dyzelino standartas Maž./Didž.
Tankis	g/ml	0,85 – 0,90	0,77 – 0,83	0,72 – 0,82	0,85	0,8/0,845
Sieros kiekis	ppm	0 – 0,012	<10	<10	12	–/10
Cetaninis skaičius		45 – 73	80 – 99	55 – 99	50	51/–
Žemutinis šilumingumas	MJ/kg	37,1 – 40,4	42 – 44	43 – 45	34,97	35/–
Pliūpsnio temperatūra	°C	96 – 188	68 – 120		52 – 136	60/170
Vandens kiekis	mg/kg	28,5 – 500	42 – 95		0,5	–/200
Klampa 40 °C	cSt	3,89 – 7,9	2,5 – 4,15	2,1 – 3,5	2,71	2/4,5

Šaltinis: Bezergianni et al., 2013; Neste Renewable Diesel Handbook, Espoo 2016

Išvados

Biodegalai tampa vis svarbesnė energijos rūšis transporto sektoriuje, ypač kai jų gamybos procesas užtikrina ekonomikos augimą. Literatūroje gausu informacijos šaltinių analizuojančių atskiras biodyzelino rūšis, jų gamybą ir panaudojimą ir remiantis moksliniais tyrimais galima teigti, kad HVO, BTL, GTL biodyzelinas savo fizinėmis – cheminėmis savybėmis yra žymiai pranašesnis už pirmos kartos FAME biodyzeliną. Be to, hidrinimo technologija yra labiau naudinga nei peresterinimo technologija, naudojama FAME biodyzelino gamyboje, nes jos metu nelieka pašalinių produktų. Antros kartos biodyzelino gamybai gali būti pritaikoma jau esanti biodyzelino gamybos infrastruktūra.

Literatūra

1. Amin, S. *Review on biofuel oil and gas production processes from microalgae*. Energy Conversion and Management 2009; 50:1834–40.
2. Bezergianni, S. Dimitriadis, A. *Comparison between different types of renewable diesel*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 21 (2013) 110–116.
3. Bukirwa, K. Johan, C. *Overview of high-temperature Fischer–Tropsch Gasoline and diesel quality*. Energy & Fuels 2009; 23:2242–7.
4. Guzman, A. Torres, J.E. Prada, L.P. Nunez, L. *Hydroprocessing of crude palm oil at pilot plant scale*. Catalysis Today 2010; 156:38–43.
5. Jo-Han Ng, Hoon Kiat Ng, Gan Suyin. *Advances in biodiesel fuel for application in compression ignition engines*. Clean Technologies Environmental Policy 2010; 12:459–93.
6. Kalnes, T. Marker, T. Shonnard, D. Koers, K. *Green diesel and biodiesel a techno economic and life cycle comparison*. In: Proceedings of the 1st alternative fuels technology conference February 18 2008 Prague, Czechoslovakia.
7. Krar, M. Kovacs, S. Kallo, D. Hancsok, J. *Fuel purpose hydrotreating of sunflower oil on Co Mo/Al₂O₃ catalyst*. Bioresource Technology 2010; 101:9287–93.
8. Lapuerta, M. Armas, O. Jose´ Hernandez, J. Tsolakis, A. *Potential for reducing emissions in a diesel engine by fuelling with conventional biodiesel and Fischer–Tropsch diesel*. Fuel 2010; 89:3106–13.

9. *Neste Renewable Diesel Handbook*, Espoo 2016.
10. Oh Pin Pin, Nang Lau Harrison Lik, Junghui Chen Mei Fong, Chong Yuen May Choo. *A review on conventional technologies and emerging process intensification (PI) methods for biodiesel production*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012; 16:5131–45.

COMPARISON OF DIFFERNT BIODIESL TYPES

Summary

Renewable fuels can be produced from different biomass types such as vegetable oils of various origins, waste and fats. The most common biofuel is FAME biodiesel that produced via transesterification of vegetable oils. Due to many disadvantages of FAME biodiesel new technologies are under investigation for the production of second generation biodiesel such as Fischer-Tropsch and hydrotreated vegetable oils, waste and fats. In this paper the main properties that specify the quality of renewable diesel fuels were examined and detailed comparison between different types of these fuels was performed. The renewable diesel fuels examined include FAME biodiesel, Fischer-Tropsch diesel and HVO.

Key words: Biodiesel, second generation biodiesel, FAME, HVO, FT.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Stravinskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto inžinerijos katedros docentas. 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, a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Saulius Stravinskas.

Science degree and name: master.

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

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport Engineering department associated professor. 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, a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vgtu.lt

COMMON RAIL DEGALŲ ĮPURŠKIMO SISTEMOS ELEKTROMAGNETINIO PUKŠTUKO SKAITINIS MODELIAVIMAS

Tomas Mickevičius, Marius Mažeika, Esmeralda Štyps
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Straipsnyje pateikiami dyzelinio variklio degalų įpurškimo charakteristikos skaitinio modeliavimo rezultatai. Įpurškimo proceso skaitinis modeliavimas buvo atliekamas AVL BOOST Hydsim programa. Skaitiniu modeliu gautos įpurškimo charakteristikos yra lyginamos su gautomis eksperimentinio tyrimo metu. Įpurškimo charakteristika buvo matuojama ir analizuojama įpurškimo charakteristikos indikatoriumi. Įpurškimo greitis, ciklinis degalų kiekis, ir įpurškimo trukmė buvo tyrinėjami plačiose įpurškimo slėgio ribose. Palyginus gautus rezultatus nustatyta, kad skaitinis modelis patikimas, o skaitinių tyrimų rezultatai artimi eksperimentinių tyrimų rezultatams.

Reikšminiai žodžiai: *Common rail degalų įpurškimo sistema, įpurškimo charakteristika, skaitinis modeliavimas*

Įvadas

Pastaraisiais dešimtmečiais mokslininkai sprendžia, kaip racionaliai suderinti pasaulinės energijos racionalaus panaudojimo ir gamtos saugos problemas. Iki šiol mokslininkai nepasiūlė naujų technologinių sprendimų, kurie visiškai pakeistų vidaus degimo variklius kitais mechaninės energijos šaltiniais. Nuolatinis variklinių transporto priemonių skaičiaus didėjimas pasaulio keliuose didina kasmetinius naftos poreikius degalų gamybai. Svarbu ir tai, kad iš naftos gaminami degalai yra ribotų išteklių, kurių gavyba yra koncentruota tik tam tikrose pasaulio regionuose. Didėjanti mineralinės kilmės degalų paklausa ne tik sekina pasaulines naftos atsargas, bet ir didina oro taršą ir aštrina anglies dioksido keliamą globalinio atšilimo problemą. Europos Sąjungoje transporto priemonės išmeta apie 21% visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų, prisidedančių prie klimato atšilimo ir šis skaičius nuolatos didėja. Todėl bendros Europos transporto erdvės kūrimo plane „Baltoji knyga“, viena iš krypčių kurti ir naudoti tvaraus kuro rūšis ir didinti visų transporto rūšių transporto priemonių energijos vartojimo efektyvumą, bei 60 % sumažinti teršalų emisiją transporto sektoriuje (Europos Komisija, Baltoji knyga, 2011). Vidaus degimo varikliai vieni iš pagrindinių iškastinių degalų vartotojų. Vieni populiariausių motorinių degalų rūšių yra dyzeliniai degalai. Šių degalų vartojimas per pastaruosius dešimtmečius išaugo keleriopai didėjant sunkiasvorių ir lengvųjų automobilių skaičiui.

Mokslininkai visame pasaulyje deda pastangas tirdami alternatyvius energijos šaltinius, galinčius patenkinti vis didėjančius dabartinės populiacijos energijos poreikius. Tyrinėjami įvairūs biodegalų energijos šaltiniai, įskaitant biomasę, biodujas, pirminius alkoholius, augalinius aliejus, biodyzeliną ir kt. Vieni iš potencialių biodegalų rūšių visame pasaulyje yra laikomi biodyzelinas ir bioetanolis. Bioetanolį galima gaminti iš įvairių augalų, įskaitant cukranendres, kukurūzus, kviečius ir cukrinius runkelius. Pastarieji šiuo metu yra pagrindiniai etanolio gamybos šaltiniai Europoje ir Lietuvoje (Weber De Menezes et al., 2006: 85, p. 815–822; Katinas et al., 2007: 32.5: 884–894). Tačiau reikia paminėti, kad šių degalų fizinės ir cheminės savybės skiriasi nuo dyzelinių degalų savybių ir jų tiesioginis panaudojimas dyzeliniuose varikliuose negalimas. Griežtėjant deginių lestinoms toksiškumo ir triukšmo normoms, siekiant sumažinti degalų sąnaudas, šiuolaikinių dyzelinių variklių įpurškimo sistemoms keliami nauji reikalavimai. Sukurta „Common Rail“ (CR) degalų įpurškimo sistema leido geriau reguliuoti degalų įpurškimo greitį ir momentą, degalų ištekėjimo iš purkštuko skylučių greitį ir jų išskaidymą, varikliui dirbant plačiuose apkrovos ir sūkių kitimo diapazonuose. CR degalų įpurškimo sistema su pjezoelektriniais ar elektromagnetiniais purkštuvais paspartina purkštuvo atsідarymą ir užsідarymą, o tai leidžia koreguoti įpurškimo slėgį, greitį ir pačią įpurškimo charakteristiką. Didesnis vidutinis įpurškimo slėgis pagreitina degalų tiekimą į degimo kamerą, tai užtikrina geresnį degalų išpurškimą ir sutrumpina savaiminio užsiliepsnojimo trukmę. Mokslininkų pastebėta, kad padidinus įpurškimo slėgį, esant intensyviui sukuriavimui, pagerėja degalų ir oro maišymasis ir degiojo mišinio formavimasis (Shehata et al., 2015: 161: 49–58.). Tikslesnė įpurškimo slėgio, greičio ir įpurškimo pradžios kontrolė, naudojant aukšto slėgio įpurškimo sistemą, leidžia sumažinti tiek azoto oksidų, tiek kietųjų dalelių susidarymą degimo metu bei variklio triukšmą (Seykens et al., 2005: 3.2: 3). Degimo proceso efektyvumas bei dinamika yra tiesiogiai susijusi su degalų įpurškimo į cilindrą charakteristika, garavimu, degiojo mišinio susidarymu ir šilumos išsiskyrimo degant degalams dėsningumu (Heywood, JB., 1988: p. 930).

Autoriai (Tanable et al., 2000) atliko įpurškimo charakteristikos tyrimus su dyzeliniu varikliu. Gautuose tyrimų rezultatuose pasiūlė žemėlapi, kuriame nustatė optimalias įpurškimo charakteristikos kreives (per slėgio moduliacijos) visame variklio apsisukimų dažnio ir apkrovos diapazone. Autorius pasiūlė įpurškimo charakteristikos kreivę kiekviename variklio darbo režimo atveju. Nishimura ir kt. (Nishimura et al., 1998) tyrė degalų įpurškimo greičio kitimo poveikį tiesioginio įpurškimo dyzelinio variklio degimo procesui ir deginių emisijoms. Autoriai tyrė įtaką pirminio įpurškimo, kontroliuojamo pakeliant purkštuvo adatą ir bato

formos degalų įpurškimo charakteristikos, suformuotos naudojant slėgio kontrolę. Tyrėjai įvertino, kaip įvairūs degalų įpurškimo greičiai veikia degimą, deginių emisijas ir degimo triukšmą. Buvo išsiaiškinta, kad pirminis įpurškimas padėjo sumažinti NO_x emisijų kiekį ir triukšmą.

Mokslininkai savo darbuose pažymi, kad naudojama degalų įpurškimo sistema bei degalų fizikinės ir cheminės savybės, turi įtakos degimo procesui dyzeliniame variklyje ir deginių emisijos susidarymui variklio cilindre (Canakci, M., 2007: 98.6: 1167-1175). Dauguma autorių tyrimuose nagrinėja tik variklio darbo ir deginių emisijos rezultatus, todėl pasigendama išsamesnių mokslinių darbų, kuriuose būtų tiriama degalų fizinių parametrų įtaka „Common rail“ įpurškimo sistemos proceso rodikliams. Degalų tankio, klampos ir tamprumo modulio poveikis vykstant hidrodinaminiams procesams didelio slėgio įpurškimo sistemoje, didėjant slėgiui įgauna didelę reikšmę degalų įpurškimo procesui (Nikolic et al., 2012: 16.suppl. 2: 505-514).

Tiriant degalų įpurškimo proceso parametrus, neįmanoma apsieiti be įpurškimo sistemos matematinio modelio. Tokie modeliai sutaupo laiko, padeda supaprastinti tyrimų procesą, bei yra veiksminga priemonė įpurškimo proceso kintamųjų dinamikos prognozei (Lino et al., 2005: p. 7 pp.-563). Payri ir kiti (Payri et al., 2012: 54(1), 90-99.) atliko eksperimentinį ir simuliacinį tyrimą, kurio tikslas buvo įvertinti biodegalų fizinių savybių įtaką įpurškimo procesui. Bandymus atliko panaudodami CR įpurškimo sistemą su antros kartos elektromagnetiniais purkštukais. Autoriai atliko visapusišką įpurškimo sistemos charakteristikų aprašymą, kuris apima tiek mechanines, tiek hidraulines įpurškimo sistemos charakteristikas, ko pasėkoje buvo sumodeliuotas viendimensinis modelis, kuris buvo plačiai patikrintas. Simuliaciją atliko su standartiniais dyzeliniais degalais ir grynais biodegalais (RME), kas leido analizuoti ir palyginti dinamišką reakciją purkštuke. Seykens ir kt. (Seykens et al., 2005: 3.2: 3), panaudodami „AMESim“ programinį paketą, sudarė „Common Rail“ įpurškimo sistemos matematinį modelį, atlikdamas ir eksperimentinius tyrimus. Gautus rezultatus sulyginio su gauto eksperimento rezultatais. Modeliavimo rezultatai parodė, kad gautas matematinis modelis gerai prognozuoja gaunamus eksperimentinio tyrimo rezultatus. Boudy ir kt. (Boudy et al., 2009, 50.12: 2905-2912) tyrinėjo biodegalų fizinių savybių įtaką degalų išpurškimo proceso charakteristikoms. Atliekant simuliacijas, kiekvieno bandymo metu buvo keičiamos degalų savybės. Gauti eksperimento tyrimo rezultatai sulyginami su skaitinio modeliavimo rezultatais. Gupta ir kt. (Gupta et al., 2011: 35.7: 3473-3483.) tyrimuose analizavo slėgio pulsavimą „Common Rail“ sistemos viduje. Darbo tikslas buvo sukurti naują mechanizmą, kuris sumažintų slėgio pulsacijas degalų vamzdyje. Kadangi eksperimentų ir atliktos matematinio modelio simuliacijos rezultatai yra labai panašūs, todėl tyrimo rezultatai laikomi patikimi.

Siekiant plačiau ištirti įpurškimo proceso gerinimo būdus CR įpurškimo sistemoje, būtų tikslingas platesnis analitinio skaitinio modelio taikymas.

Tyrimų metodika

Įpurškimo proceso tyrimai buvo atlikti Aleksandro Stulginskio Universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto Degalų aparatūros laboratorijoje. Įpurškimo charakteristika buvo nustatoma Bosch metodu (Bosch, 1966).

Šio metodo esmė – slėgio bangos registravimas įpurškimo metu. Įpurškimo greičiui (įpurškimo charakteristikai) apskaičiuoti taikoma slėgio-greičio lygtis vienai slėgio bangai stacionariame skysčio sraute:

$$p = a \cdot \rho \cdot u, \quad (1)$$

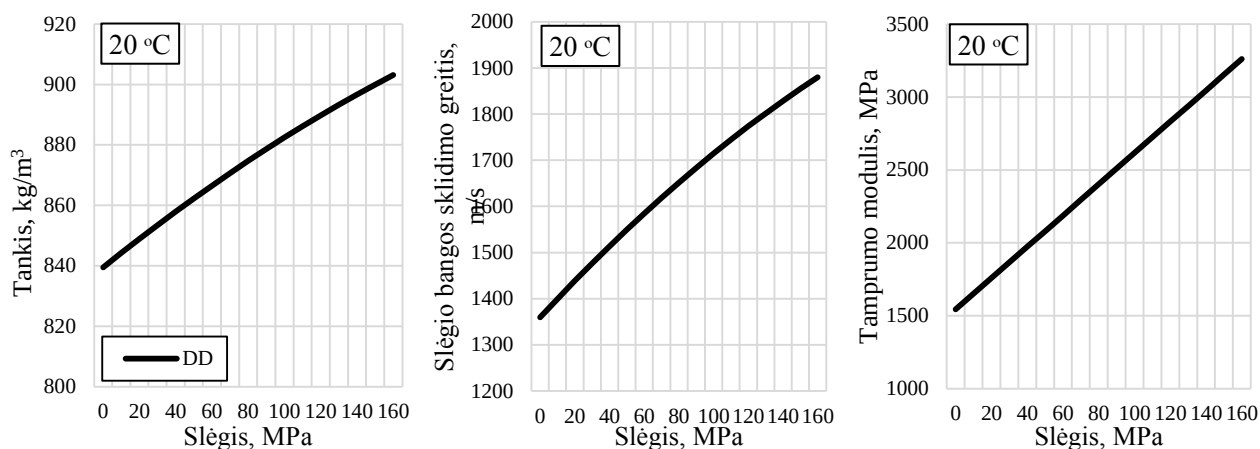
čia p – slėgis, Pa; a – garso greitis degaluose, m·s⁻¹; ρ – degalų tankis, kg·m⁻³; u – degalų srauto greitis, m·s⁻¹.

Tyrimams pagamintas ir naudotas standas sudarytas iš dviejų dalių: degalų įpurškimo sistemos ir įpurškimo charakteristikos indikatorius. Degalų įpurškimo sistemą sudarė serijinės gamybos Common Rail dyzelinių degalų įpurškimo sistema, sudaryta iš didelio slėgio siurblio CP3, degalų akumulatoriaus, purkštuvo, didelio slėgio degalų vamzdelių, slėgio reguliavimo vožtuvų. Didelio slėgio siurblys CP3 buvo sukamas elektros variklio (Slavinskas and Mickevičius, 2015, 54.2: 28—32).

Modeliuotas elektromagnetu valdomas purkštuvas ir pagrindiniai jo komponentai purkštuvo modelyje. Įpurškimo proceso skaitinis modeliavimas buvo atliekamas AVL BOOST Hydsim programa (2013.1 versija), skirta hidraulinių ir hidraulinių-mechaninių sistemų dinaminei analizei. BOOST Hydsim programa buvo sukurta dyzelinių įpurškimo sistemų modeliavimui. Dabar ši programa patobulinta ir pritaikyta visų tipų įpurškimo sistemų simuliacijai, naudojant tiek tradicinius, tiek alternatyvius degalus. BOOST Hydsim yra programinės įrangos įrankis, skirtas kompleksinėms sistemoms, apimančioms mechaninius, elektrinius, šiluminius, hidraulinius ir kitus komponentus. Tai 1-D simuliacijos programa, kuri naudoja bibliotekas kiekvienam sistemos komponentui aprašyti. Skaitiniu modeliu gautos įpurškimo charakteristikos yra lyginamos su gautomis eksperimentinio tyrimo metu (AVL Boost, 2013). Skaitiniu modeliu gautos įpurškimo charakteristikos yra lyginamos su gautomis eksperimentinio tyrimo metu.

Modeliavimui reikalingas slėgis degalų akumuliatoriuje buvo gautas eksperimentinių tyrimų metu matuojant slėgio kitimą didelio slėgio vamzdyje prie degalų akumulatoriaus ir purkštuvo. Modeliui sudaryti

įvedant degalų savybių reikšmes buvo pasinaudota kitų mokslininkų gautų tyrimų rezultatų skaičiavimais. Degalų tankio, klampos ir tamprumo modulio poveikis vykstant hidrodinaminiam procesams didelio slėgio įpurškimo sistemoje, didėjant slėgiui įgauna didelę reikšmę degalų įpurškimo procesui (1 pav.). Nikolić ir kt. (Nikolić et al., 2012, 16.supl. 2: 505-514.) savo darbuose pasiūlė metodiką, pagal kurią apskaičiuojamas degalų tankio, slėgio bangos sklaidimo greičio ir tamprumo modulio priklausomybė nuo didėjančio įpurškimo slėgio.

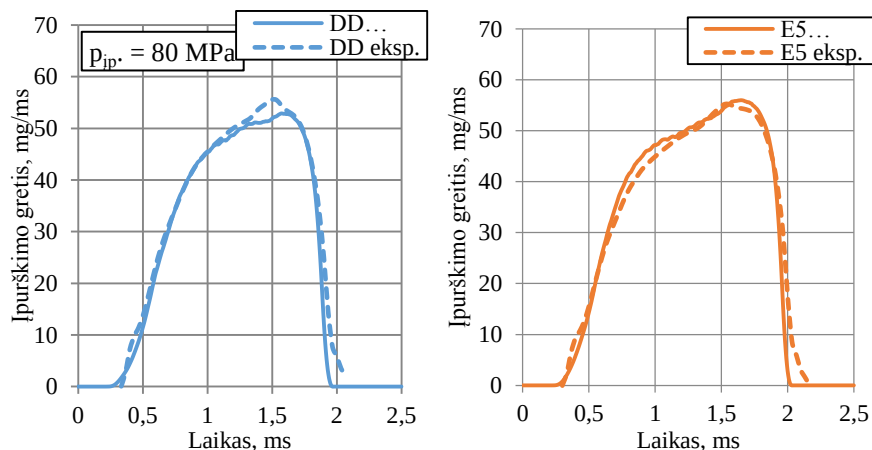


1 pav. Tankio, slėgio bangos sklaidimo greičio, degalų tamprumo modulio priklausomybė nuo slėgio (Nikolić et al., 2012)

Eksperimentiniuose tyrimuose naudoti mineraliniai dyzeliniai degalai (DD), atitinkantys LST EN 590:2014+AC reikalavimus (C klasės), AB „Orlen Lietuva“. Degalai buvo įpurškiami 25,0 MPa ir 80,0 MPa slėgiu, esant 4 MPa priešslėgiui matavimo kameroje. Įpurškimo trukmė buvo 2,6 ms, ir 1,1 ms.

Tyrimų rezultatai

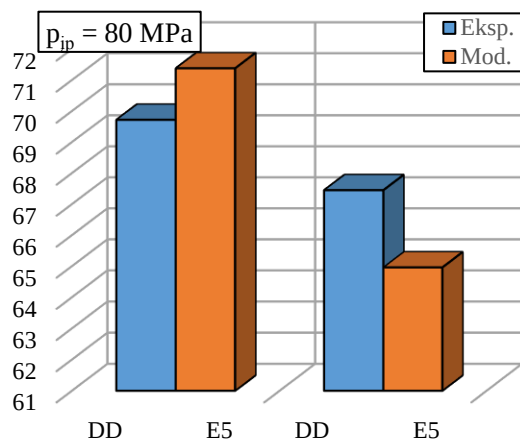
Prieš atliekant tyrimus buvo atliktas skaitinio modelio patikimumas. Patikimumas buvo atliktas lyginant eksperimentiniais tyrimais ir modeliavimu gautas įpurškimo charakteristikas ir ciklinius įpurškų degalų kiekius.



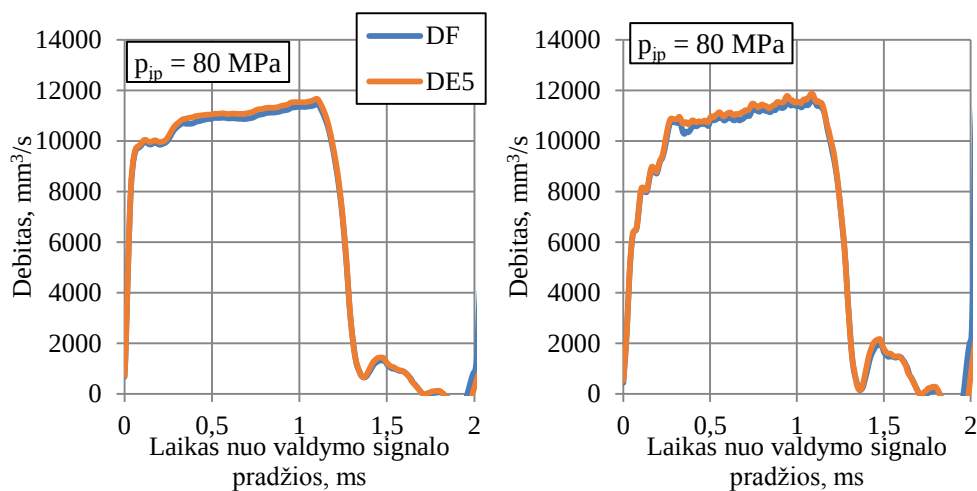
2 pav. Dyzelinių degalų jų mišinių su etanoliumi eksperimentiniais tyrimais ir modeliavimu gautos įpurškimo charakteristikos, degalus 80 MPa slėgiu

2 pav. pateiktos eksperimentinės ir modeliuojant gautos įpurškimo charakteristikos 80,0 MPa slėgiu įpurškiant dyzelinius degalus. Kaip matyti, skaitinio modelio rezultatai gerai koreliuoja su eksperimentinių tyrimų rezultatais. Geras rezultatų koreliavimas gautas lyginant 80,0 MPa slėgiu įpurškiamų tų pačių degalų įpurškimo charakteristikas (2 pav.). Skaitinio modeliavimo rezultatų teisingumą patvirtina ir gautos ciklinio degalų kiekio reikšmės (3 pav.).

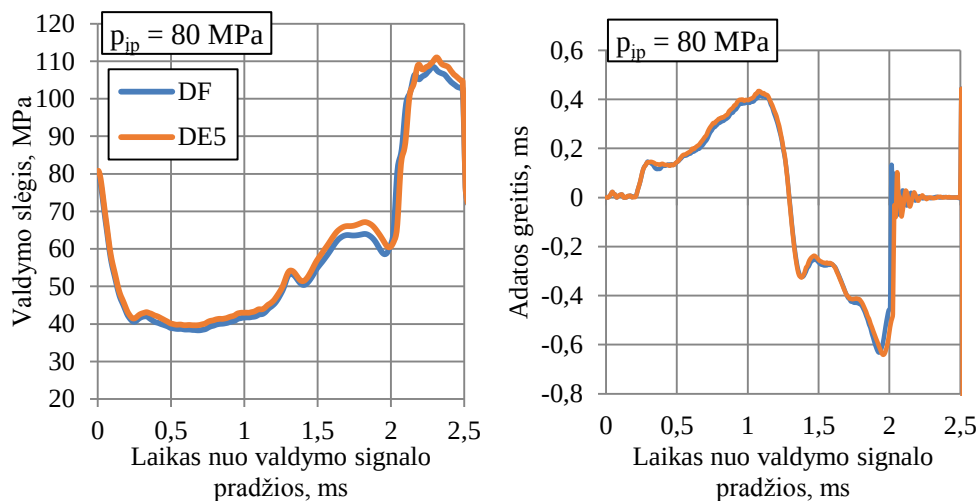
Skaitinio modeliavimo rezultatai leidžia atlikti detalesnę atskirų įpurškimo proceso fazių analizę. Elektromagnetiniam valdymo vožtuvui atidarius valdymo kameros ištekėjimo droselį, slėgis valdymo kameroje mažėja. Slėgio kitimui įtakos turi į kamerą įtekančių ir ištekančių degalų srautų dydžiai bei valdymo plunžerio pasislinkimas, kuris keičia valdymo kameros tūrį. 3 pav. pateikti į valdymo kamerą įtekančių ir ištekančių degalų debitai bei slėgio kitimas joje, esant 80,0 MPa slėgiams degalų akumuliatoriuje.



3. pav. Dyzelinių degalų ir jų mišinių su etanoliumi eksperimentiniais tyrimais ir modeliavimu gautas ciklinis degalų kiekis, degalus įpurškiant 80 MPa slėgiu



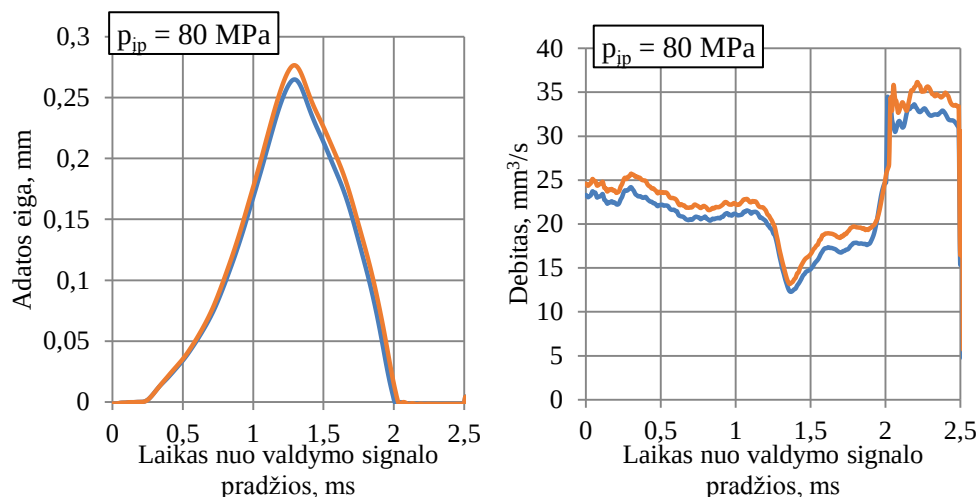
4 pav. Iš Common Rail purkštuvų valdymo kameros ištekantių ir įtekantių degalų debitai



5 pav. Valdymo slėgio kitimas ir purkštuko adatos greitis

Kaip matyti grafikuose, didėjant ištekantių degalų srautams, slėgis valdymo kameroje mažėja. Didėjant slėgių skirtumui ties įtekėjimo droseliu, didėja ir pro jį įtekantių degalų srautas. Sumažėjus slėgiui valdymo kameroje, purkštukas pradeda atsідaryti ir prasideda degalų įpurškimas. Kylanti purkštuko adata kelia ir valdymo plunžerį. Valdymo kameros tūris mažėja; slėgis valdymo kameroje šiek tiek didėja (4 pav.). Purkštuko adatos kilimo greitis priklauso nuo degalų debito pro įtekėjimo ir ištekėjimo droselius skirtumo. Elektromagnetiniam vožtuvui uždarius ištekėjimo droselį, slėgis valdymo kameroje pradeda didėti, tačiau pradėjus judėti valdymo plunžeriui, slėgis nebedidėja, kol purkštukas užsidaro ir įpurškimas baigiasi (5 pav.).

Kaip matyti 3 – 4 pav., esant 80,0 MPa slėgiui degalų akumuliatoriuje, degalų purkštuvų valdymo procesui etanolio priedas praktiškai neturi įtakos slėgio valdymo kameroje kitimui (6 pav.).



6 pav. Purkštuko adatos eiga ir pratekėjimas tarp purkštuko adatos ir korpuso

Analizuojant purkštuko adatos judesį (4 – 6 pav.) galima pastebėti, kad didėjant įpurškimo slėgiui, didėja lengvesnių degalų pratekėjimas radialiniu plyšiu tarp purkštuko adatos kreipiamosios dalies ir korpuso. Tai ypač pastebima dirbant E5 mišiniu. Tikėtina, kad pratekantys degalai sumažina trintį tarp adatos ir korpuso paviršių, todėl adatos eiga gauta atitinkamai ~3,8 % didesnė, nei įpurškiant dyzelinius degalus. Be to, atidarymo kryptimi tekantys degalai taip pat prisideda prie spartesnio adatos pakilimo ir lėtina jos nusileidimą.

Išvados

1. Sudarytas purkštuko skaitinis modelis ir gauti skaitinio modelio rezultatai palyginti su dyzelinių degalų mišinių įpurškimo eksperimentiniais tyrimų rezultatais. Palyginus gautus rezultatus nustatyta, kad skaitinis modelis patikimas, o skaitinių tyrimų rezultatai artimi eksperimentinių tyrimų rezultatams.
2. Esant 80,0 MPa slėgiui degalų akumuliatoriuje, etanolio priedas praktiškai neturi įtakos slėgio kitimui valdymo kameroje.
3. Įpurškiant dyzelino-etanolio mišinį, adatos eiga gauta atitinkamai ~3,8 % didesnė, nei įpurškiant grynus dyzelinius degalus.

Literatūra

1. AVL Boost – Hydsim. User's Guide. Graz, 2013.
2. Bosch, Wilhelm. The fuel rate indicator: a new measuring instrument for display of the characteristics of individual injection. SAE Technical Paper, 1966.
3. Boudy, F., Seers, P. Impact of physical properties of biodiesel on the injection process in a common-rail direct injection system. Energy Conversion and Management, 2009, 50.12: 2905-2912.
4. Canakci, M. Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel. Bioresource technology, 2007, 98.6: 1167-1175.
5. EC EUROPEAN COMMISSION, et al. WHITE PAPER roadmap to a single European transport area towards a competitive and resource efficient transport system. COM, 2011, 144.
6. Gupta, Vivek Kumar, Zhang, Zhen, Sun, Zongxuan. Modeling and control of a novel pressure regulation mechanism for common rail fuel injection systems. Applied Mathematical Modelling, 2011, 35.7: 3473-3483.
7. Heywood, JB. Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill International Editions. Printed in Singapore; 1988, p. 930.
8. Kohketsu, Susumu.; Tanabe, Keiki.; Mori, Koji. 2000. *Flexibly controlled injection rate shape with next generation common rail system for heavy duty DI diesel engines*. SAE Technical Paper.
9. Lino, P., Maione, B., Rizzo, A. A control-oriented model of a common rail injection system for diesel engines. In: Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. ETFA 2005. 10th IEEE Conference on. IEEE, 2005. p. 7 pp.-563.
10. Nikolić, Boban D., et al. Determining the speed of sound, density and bulk modulus of rapeseed oil, biodiesel and diesel fuel. Thermal Science, 2012, 16.suppl. 2: 505-514.
11. Nishimura, T.; Satoh, K.; Takahashi, S.; Yokota, K. 1998. *Effects of fuel injection rate on combustion and emission in a DI diesel engine* (No. 981929). SAE Technical Paper.
12. Payri, R.; Salvador, F. J.; Martí-Aldaraví, P.; Martínez-López, J. O. R. G. E. 2012. Using one-dimensional modeling to analyse the influence of the use of biodiesels on the dynamic behavior of solenoid-operated injectors in common rail systems: detailed injection system model. Energy Conversion and Management, 54(1), 90-99.
13. Seykens, X. L. J., Somers, L. M. T., Baert, R. S. G. Detailed modelling of common rail fuel injection process. MECCA, 2005, 3.2: 3.

14. Shehata, M. S., Attia, Ali M.A., Razek, S.M Abdel. 2015. Corn and soybean biodiesel blends as alternative fuels for diesel engine at different injection pressures. *Fuel*, 161: 49-58.
15. Slavinskas, Stasys; Mickevičius, Tomas. Experimental study on injection characteristics of diesel-bioethanol fuel blends. *Combustion Engines*, 2015, 54.2: 28--32.
16. Weber De Menezes, E. et al. 2006. Effect of ethers and ether/ethanol additives on the physicochemical properties of diesel fuel and on engine tests. *Fuel*, vol. 85, p. 815–822.
17. Katinas, Vladislovas.; Markevicius, Antanas.; Kavaliauskas, Andrius. 2007. Current status and prospects of biomass resources for energy production in Lithuania. *Renewable energy*, 32.5: 884-894.

THE EXPERIMENTAL VALIDATION AND NUMERICAL MODEL OF A COMMON RAIL ELECTROMAGNETIC FUEL INJECTOR

Summary

This paper presents the numerical modelling of injection characteristics in a diesel engine. The numerical model was performed by using AVL BOOST Hydsim fluid dynamic simulation. The experiment results were compared with numerical ones. The injection characteristics were measured and analysed using injection rate measuring system. The injection rate, injection quantity per cycle, injection delay, and injection duration were analysed across a range of injection pressure and injection energizing time. The comparison of the results shows that the numerical model is reliable and the results of numerical model are close to experimental test results.

Key words: Common rail fuel injection, injection rate characteristics, numerical simulation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Mickevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, Transporto ir mechanikos krypties studijų programų komiteto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 55737, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Mažeika.

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktaras.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, Transporto ir mechanikos krypties studijų programų komiteto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 608 62765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Esmeralda Štys.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, Transporto ir mechanikos krypties studijų programų komiteto pirmininkė, docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 48810, esmeralda.styps@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tomas Mickevičius.

Science degree and name: master degree.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering sciences, lecturer of Committee of transport and mechanical area study programmes

Author's research interests: technological sciences, transport engineering.

Telephone and e-mail address: +370 652 55737, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Marius Mažeika.

Science degree and name: doctor of technological sciences.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering sciences, lecturer of Committee of transport and mechanical area study programmes

Author's research interests: technological sciences, transport engineering.

Telephone and e-mail address: +370 608 62765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

Author name, surname: Esmeralda Štys.

Science degree and name: doctor of technological sciences, associated professor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering sciences, Chairperson of Committee of transport and mechanical area study programmes

Author's research interests: technological sciences, transport engineering.

Telephone and e-mail address: +370 610 48810, esmeralda.styps@edu.ktk.lt

MERCEDES BENZ W211 VARIKLIO OM 646.820 DIAGNOSTIKA SKIRTINGOMIS ĮRANGOMIS

Martynas Skulskis, Darius Juodvalkis, Marius Mažeika
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Straipsnyje pristatoma automobilio Mercedes-Benz dyzelinio variklio W211 OM 646.820 diagnostika skirtingomis diagnostikos programomis. Diagnozuojant šio automobilio variklį buvo panaudoti skirtingi kompiuterinės diagnostikos prietaisai - „Bosch KTS 570“ su „Bosch[ESI]tronic 2.0 diagnostine programa“ ir „MB Star SD Connect C4“ su „Xentry“ diagnostine programa, ir taip atlikta bandymo duomenų lyginamoji analizė.

Reikšminiai žodžiai: variklis, kompiuterinė variklio diagnostika, diagnostinės programos.

Įvadas

Senesnės kartos automobiliai kompiuterinių diagnostinių galimybių neturėjo, tačiau, gausėjant į automobilius diegiamų elektroninių sistemų kiekiui, kompiuterinė diagnostika tapo vienu iš svarbiausių automobilių remonto įrankiu.

Ankstyvosiose diagnostikos sistemose buvo naudojama „Blink code“ sistema. Atliekant tokios sistemos diagnostiką, buvo įmanoma išsiaiškinti tam tikras indikacinės lempučių žybsnių kombinacijas ir tų kombinacijų reikšmę. Toks diagnostikos metodas buvo lėtas ir nepatogus.

Vėliau, tobulėjant automobilio elektrinėms sistemoms, atsirado serijinė komunikacija ir skaitmeninių įtampos signalų serija, kuomet su diagnostiniu įrenginiu prisijungus prie automobilio, per „K“ ir „L“ linijas vykdavo duomenų mainai tarp tam tikrų valdymo blokų ir diagnostinio prietaiso. Kitaip tariant, atliekant kompiuterinę diagnostiką, vartotojui nebereikia gilintis į signalų prasmę, o tik į tai, kokius duomenis jam rodo kompiuterinės diagnostikos programa. Tokia diagnostika, nuskaičius gedimų kodus, leidžia susiaurinti problemos paieškos lauką.

Vis griežtejanč tarptautiniams automobilių gamybos reikalavimams, JAV buvo priimta OBD direktyva (norminis dokumentų rinkinys) ir 1988 JAV įsigalioja pirmoji borto diagnostikos standarto versija OBD I, kuri vėliau buvo įteisinta ir Europos šalyse. OBD I standartas reikalavo, kad su deginių emisija susijusios sistemos privalo turėti saviagnostikos priemones; elektros pagrindu valdomų šių sistemų komponentų gedimai privalo būti fiksuojami, o apie tai, kad yra gedimų, sistema privalo pranešti uždegdama gedimų indikacijos lempučių (*angl. – MIL (Malfunction Indicator Light)* [1]). 1994 metais JAV ir Kanadoje įsigaliojo pirmoji OBD 2 versija, kuri įteisino šiuos ankstesniojo standarto pakeitimus: privalomas tapo ne tik sistemų stebėjimas saviagnostikos tikslais, bet ir gedimų užfiksavimo momentu išsaugoma su gedimu sietina informacija (*angl. – Freeze Frame* [2]). Kartu su gedimu išsaugoma ir su gedimais sietina informacija (odometro rodmenys, sūkliai, variklio temperatūra ir t.t.). Klaidų kodus ir kitą diagnostinę informaciją privalu nuskaityti prietaisu, veikiančiu vieningo standartinio protokolo pagrindu (OBD nuskaitymo prietaisu), jį prijungus prie standartizuotos diagnostinės duomenų jungties. Pagal OBD reglamentą, visi benzininiai automobiliai pagaminti po 2001m. ir visi dyzeliniai automobiliai pagaminti po 2004 m., privalo atitikti deginių emisijai svarbių komponentų saviagnostikos procedūras. Norminis aktas standartizavo 16 kontaktų diagnostinės jungties formą ir jų išdėstymą (DLC- Data Link Connector), ryšio protokolus, programinę įrangą ir gedimų kodus. Automobilio klaidų kodai yra standartizuoti pagal SEA J2012 [3].

Šiuo metu pasaulyje galioja Europos EOBD, JAV OBD2 ir Japonijos JOBD standartai. EOBD standartai ne tik kontroliuoja funkcijas ir komponentus, siekiant rasti gedimus, bet ir užtikrina kuo mažesnę emisijų lygį. Jei užfiksuojamas gedimas, ši informacija nedelsiant įrašoma į EVB atmintinę [4].

Tyrimo tikslas: palyginti Mercedes Benz W211 variklio OM 646.820 diagnostikos galimybes skirtingomis diagnostinėmis įrangomis ir programomis.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apžvelgti automobilių variklių kompiuterinės diagnostikos įrangą.
2. Apžvelgti Mercedes Benz W211 automobilio variklio diagnostines galimybes.
3. Skirtingomis diagnostinėmis įrangomis atlikti automobilio Mercedes Benz W211 variklio diagnostiką.

Tyrimo metodika

Darbe nagrinėjamos dviejų skirtingų gamintojų kompiuterinės diagnostikos įrangos - sisteminio testerio „Bosch KTS 570“ su „Bosch ESI[tronic] 2.0“ ir „MB STAR C4 SD Connect“ su „DAS“ diagnostine programa - galimybės (1 pav.). Šios diagnostinės įrangos turi galimybę veikti bevieliu režimu, kas leidžia dirbti komfortiškai ir per atstumą.

Pirmieji kompanijos „Bosch“ transporto priemonių žinynai, remonto aprašymai, dokumentacija ir diagnostinė informacija buvo spausdinti dokumentai. Nuo 1973m. informacija buvo talpinama mikrofilmuose, vėliau kompaktiniuose diskuose. Tobulėjant kompiuterinėms technologijoms, atsirado galimybės juose įdiegti universalias ar specializuotas diagnostines programas. Nuo 2004 m. kompanija „Bosch“ pradėjo naudoti informacinę sistemą „[ESI]tronic“. 2012 metais pasirodė „ESI[tronic] 2.0“ versija, kuri naudojama iki šiol. Be EVB diagnostikos, „ESI[tronic] 2.0“ siūlo lengvųjų automobilių techninę informaciją, kurią serviso dirbtuvės gali naudoti atliekant naujų arba naudotų automobilių remonto darbus. Sisteminiame testeryje „Bosch KTS 570“ įdiegta „ESI[tronic] 2.0“ programa. Šis testeris universalus, juo galima diagnozuoti praktiškai visų gamintojų automobilius [5].

„DAS“ diagnostinė programa nėra universalu, ji skirta atlikti diagnostiką tik „Daimler AG“ koncerno automobiliams - tai Mercedes-Benz, Smart, Maybach, Bharat Benz, Fuso ir kiti, su šiuo koncernu susiję automobiliai.

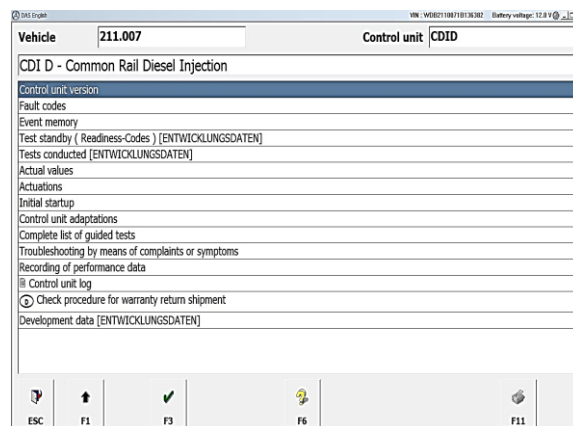
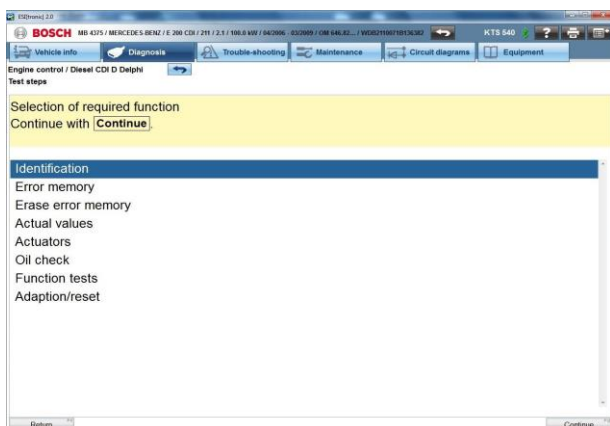


1 pav. Sisteminiai testeriai „Bosch KTS 570“ ir „MB STAR C4 SD Connect“

Tyrimams naudojamas dyzelinis automobilis Mercedes Benz E200 CDI W211 su 100 kW, 2,148 ltr. darbinio tūrio varikliu, kuris aprūpintas Common rail maitinimo sistema. Su šiuo varikliu Mercedes Benz W211 buvo gamintas nuo 2006 iki 2010 metų. Išskirtinis šio automobilio bruožas – jame naudojama ne kompanijos „Bosch“, o „Delphi“ maitinimo sistema. Siekiant nustatyti variklio būklę, bus atliekama diagnostika ir įvairūs testai. Variklio ir jo atskirų komponentų būklę turi įtaką išmetamų teršalų kiekiui [6].

Tyrimo rezultatai

Prijungus diagnostinius prietaisus, jie sugeba automatiškai identifikuoti automobilį. Automatinis automobilio identifikavimas, lyginant su rankiniu identifikavimo būdų, yra patogesnis ir mažiau imlus laikui. Prisijungus prie variklio EVB, meniu juostoje matomos parinktys su skirtingomis funkcijomis (2 pav.).



2 Pav. „Bosch [ESI]tronic 2.0“ ir „DAS“ variklio diagnostikos parinkčių laukas

Variklio EVB klaidos yra nuskaitomos iš klaidų atminties skilties. Visi klaidos nustatymo metu užfiksuoti techniniai duomenys (automobilio greitis, variklio temperatūra, sūkliai ir kt.) yra išsaugomi klaidų

atminties lauke. Ši funkcija priklauso nuo atitinkamos EVB versijos. Variklio EVB atmintyje nei vienu diagnostiniu prietaisu neaptikta, t.y. gedimų nėra.

Apie bendrą variklio būklę galima spręsti pasitelkus esamus momentinius parametrus, kintančius realiu laiku (3 pav.). Faktinės vertės – „Actual values“ (kintantys parametrai) leidžia patikrinti įvairius sistemos parametrus (pvz. degalų slėgį, apkrovos signalą ar veleno sukčius). Faktinės vertės yra apdorojamos ir pateikiamas galutinis rezultatas, todėl nereikia atlikti jokio duomenų apdorojimo realiu laiku.

Parameter	Value	Unit
Coolant temperature	84.5 °C	°C
Engine speed	754 1/min	1/min
Fuel pressure rail	22.7 MPa	MPa
Pulse-duty for fuel metering unit	43.8 %	%
Pulse duty pressure regulator valve	16.0 %	%
Fuel temperature	36.8 °C	°C
Injection quantity	8.2 mg	mg
Accelerator pedal position sensor	0.0 %	%

No.	Name	Specified value	Actual values	Unit
924	Engine speed	[725...925]	751	1/min
922	Coolant temperature	[20.0...80.0]	61.5	°C
915	Fuel temperature	>= 18.0	27.8	°C
853	B37 (Accelerator pedal sensor)		0	%
920	Rail pressure	[225...235]	230	bar
912	On/off ratio of pressure control valve	[13...17]	16	%
923	Duty cycle of the quantity control valve	[38...42]	42	%
1091	Rail pressure regulation		Y94 (Quantity control valve)	
1510	Quantity injected	[6.0...12.0]	8.3	mg/Hub

3 Pav. „ESI[tronic] 2.0“ ir „DAS“ aktualių parametų laukas

„Bosch“ diagnostinė programa vienu metu gali atvaizduoti iki aštuonių, laisvai pasirenkamų verčių ar dydžių, tačiau neturint pakankamai praktinės patirties, sudėtinga išsirinkti su testuojamais komponentais susijusių sistemų informatyvių parametų atvaizdavimą.

„DAS“ diagnostinės programos „Actual values“ parinktyje rodomas skirtingų variklio sistemų ir su juo susijusių parametų atvaizdavimas, todėl išsirinkus norimą sistemą, visi sistemos darbą įtakojantys aktualūs parametrai atvaizduojami kartu, šalia nurodant leistinas ribas.

Tikrinant variklio komponentų funkcionalumą, sistemų komponentai gali būti aktyvuojami „Actuators“ ir „Actuations“ parinktyje, atliekant komponentų patikrą. Pasirinkimo meniu yra pateikiamas komponentų, kuriuos galima prijungti prie EVB, sąrašas. Naudotojas gali patikrinti visos grandinės funkcionalumą. Galima pasirinkti atskirus komponentus arba juos valdyti vieną po kito.

Daugelį diagnostikos aplinkybių sunku pasiekti normaliomis vairavimo sąlygomis, todėl esanti funkcijų patikra leidžia serviso dirbtuvėse atlikti diagnostiką tam tikromis specialiomis sąlygomis, kurios leidžia testuoti automobilį greitai (tam nereikia ilgo laiko intervalo).

Cylinder	Speed	Unit
Speed cylinder 1	230.5	1/min
Speed cylinder 2	229.8	1/min
Speed cylinder 3	230.0	1/min
Speed cylinder 4	231.0	1/min

Cylinder	Speed	Unit
Cylinder 1	225 min-1	1/min
Cylinder 2	225 min-1	1/min
Cylinder 3	225 min-1	1/min
Cylinder 4	225 min-1	1/min

4 Pav. „Bosch ESI[tronic] 2.0“ ir „DAS“ kompresijos testo rezultatai

Apie bendrą variklio būklę (cilindrų išsidėvėjimą ir purkštuvų darbą) preliminarai galima spręsti naudojant variklio kompresijos ir purkštuvų korekcinį reikšmių testus. „Compression test“ – tai gamintojo numatytas programinis testas, kurio metu kiekvienas prisisukantis stūmoklis pagal pasipriešinimą

vykstančiam suspaudimui, leidžia variklio EVB išskaičiuoti, apsisukimų skaičių per minutę ir įvertinti pasipriešinimo netolygumą (4 pav.).

Pastebėta, kad „Bosch ESI[tronic] 2.0“ ir „DAS“ rezultatai skiriasi. „DAS“ užfiksavo vienodus apsisukimus, o „Bosch ESI[tronic] 2.0“ skirtingus, bet skirtumai labai nežymūs. Atlikus šį testą, galime daryti išvadą, kad variklio cilindruose kompresija gera.

Vehicle	211.007	Control unit		CDID
Smooth engine running				
Injection time	Actual value:	Min. actual values	Max. actual values	Adjustment of injector injection quantities
Cylinder 1	10.00 µs	6.00 µs	10.00 µs	EM2Y0TB1ET31GR7W22Z1
Cylinder 2	-32.00 µs	-37.00 µs	-28.00 µs	55120TB4TE73FPS4A4-TU
Cylinder 3	-26.00 µs	-28.00 µs	-22.00 µs	1M320TB2TN31G6PW22WY
Cylinder 4	49.00 µs	45.00 µs	52.00 µs	P4YXLWU3JHTXDBPKY-333

5 pav. „Delphi“ purkštuvų korekcinių reikšmių atvaizdavimas „DAS“ programoje

Atliekant purkštuvų korekcinių reikšmių patikrą „DAS“ diagnostinė programa šiuos dydžius atvaizdavo ne įpurškiamų degalų kiekiu, bet korekciniu purkštuvų atidarymo laiku (5 pav.). Tai nėra patogu ir gerai suprantama, tačiau vartotojas turi galimybę nustatyti, kuriame cilindre korekcinis kiekis didžiausias.

Kadangi automobilyje įmontuota „Delphi“ degalų tiekimo sistema, „Bosch ESI[tronic] 2.0“ neturėjo galimybės pateikti kiekvieno purkštuvo korekcinės informacijos.

Išvados

1. Šiandieninių automobilių varikliai yra sudėtingi, jų priežiūra ir remontas reikalauja specifinių žinių, o nuolat tobulinama ir atnaujinama diagnostinė įranga suteikia informacijos apie bendrą automobilio ir variklio techninę būklę, taip galimai išvengiant artėjančių gedimų ir papildomų išlaidų.
2. Apžvelgus Mercedes-Benz W211 variklio OM 646.820 diagnostines galimybes paaiškėjo, kad galima atlikti daugelį įvairių variklio sistemų patikrą tiesiog diagnostinėmis programomis atliekant komponentų aktyvavimą, taip pat stebint kintančių parametrų vertes.
3. Atlikus automobilio diagnostiką skirtingais diagnostikos prietaisais, variklio gedimų neaptikta, o kompresijos testo metu gauti rezultatai buvo panašūs. Tačiau gilinantis į „Delphi“ gamintojo purkštuvų darbo ypatumus, „DAS“ diagnostinė programa pasirodė pranašesnė, kadangi „Bosch“ diagnostinė sistema neturėjo purkštuvų korekcinių reikšmių stebėsenos parinkties.

Literatūra

1. Nagurnas S. Automobilių borto diagnostikos sistemos. Pagrindai: mokomoji knyga. Vilnius: Technika 2012. 106 p.
2. http://standards.sae.org/j1930_201703/
4. <http://www.obdii.com/connector.html>
5. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-obd-ii>
6. www.bosch-automotive.com/de/products_workshopworld/diagnostic_software/esitronic_1
7. Smolnikovas M. ir kt. Dyzelinių variklių su įvairiomis įpurškimo sistemomis išmetamųjų dujų tyrimas. Mokslas – Lietuvos Ateitis. 2015 (7) 594-600 p. <http://dx.doi.org/10.3846/mla.2015.841>

MERCEDES BENZ W211 ENGINE OM 646.820 DIAGNOSTICS BY DIFFERENT EQUIPMENT

Summary

Nowadays one can scan error codes and evaluate active parameter values with car computer digital diagnostic programs. These parameters allow to see a general condition of a car engine and to foresee upcoming deteriorations. In the article a diagnostics of Mercedes-Benz diesel engine W211 OM 646.820 with different diagnostic programs is presented. For engine diagnostics different computer diagnostics devices were used - „Bosch KTS 570“ with „Bosch[ESI]tronic 2.0“ diagnostic program and „MB Star SD Connect C4“ with „Xentry“ diagnostic program. The results of the diagnostics were used to make a data comparative analysis. The results of the research have shown that diagnostic device „MB Star C4 SD Connect“ combined with „DAS“ diagnostic program have more advantages and assets than other devices.

Key words: engine, computer engine diagnostics, diagnostic software

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Martynas Skulskis.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių elektroninių sistemų veikimas, jų diagnostika ir tobulinimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 69619199, martynas.skulskis@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Juodvalkis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių varikliai ir jų maitinimo sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8-682-14365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Mažeika

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys:

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 60862765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Martynas Skulskis

Science degree and name: Master degree student.

Workplace and position: Kaunas Technical College, assistant for Electronics and Electrical engineering area study programme department.

Author's research interests: operation, diagnostics and improvements of car electronic systems.

Telephone and e-mail address: +370 69619199, martynas.skulskis@edu.ktk.lt

Author name, surname: Darius Juodvalkis

Science degree and name: PhD.

Workplace and position: Kaunas Technical College, associate professor of Transport and Mechanical engineering area study programme department.

Author's research interests: car engines and engine diesel injection systems.

Telephone and e-mail address: +370 68214365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

Author name, surname: Marius Mažeika

Science degree and name: PhD.

Workplace and position: Kaunas Technical College, associate professor of Transport and Mechanical engineering area study programme department.

Author's research interests:

Telephone and e-mail address: +370 60862765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

VARIKLIO, MAITINAMO BENZINU SU PRIEDAIS, DARBO RODIKLIŲ TYRIMAS

Kastytis Laurinaitis
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Straipsnyje pateikiami standiniai benzininio variklio bandymų rezultatai, variklį maitinant grynu benzinu ir benzinu su priedais. Bandymų metu matuoti benzininio Volkswagen Passat 1,8 litro darbinio tūrio variklio galingumas, sukimo momentas, degalų sąnaudos ir deginių emisijos. Bandymų metu nustatytas, kad į benziną įmaišomų priedų dėka, oktaninis skaičius padidėja 0,6 – 1,3 punkto. Lyginamosioms degalų sąnaudoms priedai įtakos neturi kai variklio apkrova kinta 20 – 80 % ribose alkūniniame velenui sukantis 2400 min⁻¹ greičiu. Anglies viendeginio deginiuose sumažėja apie 0,2 % varikliui veikiant benzinu su priedu P1. Angliavandenilių deginiuose mažiausias kiekis deginiuose taip pat buvo su priedu P1 60 – 100 ppm.

Reikšminiai žodžiai: benzinai, benzino priedai, vidaus degimo variklis, deginių emisija.

Įvadas

Pagal vidaus degimo variklių teoriją, benzininių variklių suspaudimo laipsnį tikslinga didinti. Taip galima pasiekti didesnę variklio efektyvumą, išvystyti didesnę galią. Tačiau suspaudimo laipsnio didinimą apriboja benzino atsparumas detonacijai. Normaliomis sąlygomis liepsnos sklaidymo greitis cilindre siekia 25 – 35 m/s, o kai detonuoja, greitis padidėja iki 2000 m/s [5]. Detonacijos mažinimui taikyti keletą priemonių: suspaudimo laipsnio mažinimą, degalų su didesniu oktaniniu skaičiumi naudojimą, uždegimo paskubos kampo vėlinimą, alternatyvių degalų bei priedų naudojimą [1]. Šios priemonės veiksmingos tinkamai jas naudojant. Šiandieną gaminant degalus pridedama daugiau negu 20 skirtingų priedų į degalus jų skirtingoms savybėms pagerinti. Nuo 1920 metų naudojami priedai oktaniniam skaičiui ir antidetonacinėms savybėms pagerinti. Nuo 2000 metų naudojami priedai katalizatorių apsaugai, degalų tepimo savybėms gerinti, vandenilio sulfidų neutralizacijai [2, 3]. Ne išimtis yra ir biodegalų naudojimas. Atsinaujinantys energijos šaltiniai gera alternatyva iškastiniams degalams dėl taip vadinamo uždaro anglies ciklo. Degant iš bioprodukcijos pagamintiems degalams, išsiskyrusi anglis vėl sunaudojama tų pačių augalų auginimo procese. O genetiškai modifikavus augalus, jie augdami suvartoja didesnę kiekį anglies nei degdami išskiria [4].

Automobilių detalių parduotuvėse yra nemaža pasiūla įvairių priedų. Priedai skirti degalų savybėms gerinti, variklio užvedimo palengvinimui, maitinimo sistemų priežiūrai, tepimo sistemos priežiūrai, tepalų savybėms gerinti, daugiafunkciniai priedai ir kita. Priedų reklaminėse aprašymo etiketėse pateikiamos specifikacijos vilioja klientus įsigyti šias prekes.

Tyrimų tikslas – patikrinti priedų įtaką benzininio variklio darbo rodikliams ir deginių emisijai.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai standiniai bandymai atlikti su Volkswagen Passat 1,8 litro darbinio tūrio varikliu. Tai atmosferinis, keturių cilindų, keturtaktis 92 kW maksimalios galios vidaus degimo variklis (variklio kodas APT). Variklis sujungtas su hidraulinio apkrovos stendu D-4.

Benzino oktaninis skaičius nustatytas tiriamuoju metodu. Tam naudotas vieno cilindro keičiamo suspaudimo laipsnio bandymo stendas UIT-85.

Visi variklio parametrai ir deginių emisijos fiksuotos prie pastovių 2400 min⁻¹ variklio alkūninio veleno sūkių. Matavimai atlikti keičiant variklio apkrovą nuo 20 iki 80 % pastoviais intervalais. Variklio apkrova fiksuojama pagal variklio valdymo bloko rodmenis, naudojantis Bosch EsiTronic II programa ir KTS 540 diagnostiniu prietaisu.

Bandymų metu išmatuoti variklio sukimo momentas, galia, oro ir degalų sąnaudos, deginių emisija ir temperatūra. Deginių emisija matuota Multigas Plus 488 deginių analizatoriumi. Fiksuoti anglies viendeginio (CO), anglies dvideginio (CO₂) ir angliavandenilių (CH) kiekiai deginiuose.

Variklis bandymų metu buvo maitinamas bešvinio 95 markės benzinu atitinkančiu LST EN 228:2013 standartus. Toliau į benziną buvo įmaišomi oktaninį skaičių gerinantys priedai Liqui Moly, Wynn's ir Hi Gear. Straipsnyje šie priedai yra paslepami po P1, P2 ir P3 kodais neišryškinant nei vieno iš jų privalumų ar trūkumų.

Tyrimų rezultatai

Nustatant benzino oktaninį skaičių ruošiami etaloniniai degalai, kurie sudaryti ir izooktano ir heptano mišinio. Kuo didesnis kiekis izooktano mišinyje, tuo etaloniniai degalai atsparesni detonacijai. Deja, tačiau cheminės priedų sudėties niekas neatskleidžia, tad pasakyti, kokios čia naudojamos medžiagos padidinančios benzino atsparumą detonacijai nėra galimybės. Taip pat sunku nuspėti, kaip dėl prieduose esančių cheminių medžiagų pasikeis deginių emisijos ir tuo pačiu aplinkos tarša.

Oktaninio skaičiaus nustatymo stendas buvo sureguliuotas pagal 95 markės benziną su tiksliai žinomu faktiniu 95,5 oktaniniu skaičiumi nustatytu tiriamuoju metodu. Ši informacija gauta iš degalų kokybės pažymėjimo. Naudojant priedus P1, P2 ir P3 benzino oktaninis skaičius padidėjo keliais punktais 1 lentelė.

1 lentelė

Priedų įtaka benzino oktaniniam skaičiui

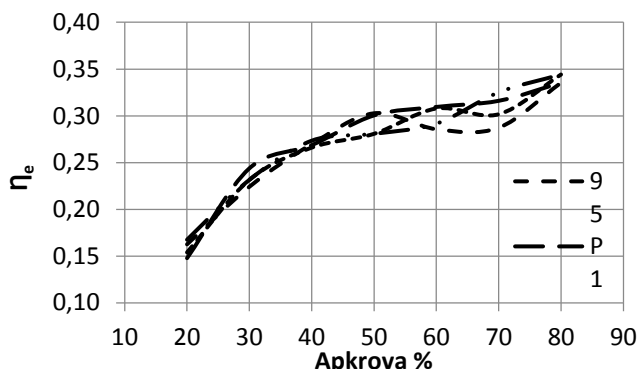
Degalai ir priedai	95	95 + P1	95 + P2	95 + P3
Oktaninis skaičius	95,5	96,1	96,8	96,7

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Pagal priedų technines specifikacijas, žadėtas oktaninio skaičiaus padidėjimas bandymų metu nebuvo pasiektas. Priedų gamintojai, deklaruoja, kad įmaišius šių priedų į benziną, jo oktaninis skaičius padidės iki 4 vienetų. Geriausias oktaninio skaičiaus padidėjimas užfiksuotas su priedu P2, kur oktaninis skaičius padidėjo 1,3 punkto. Su priedu P3 padidėjo 1,2, o su P1 tik 0,6 punkto. Tai net 67,5 procentais mažiau nei deklaruoja šių priedų gamintojai.

Atliekant variklio efektyviosios galios ir sukimo momento matavimus, patvirtinta seniai galiojanti norma – variklio galia ir sukimo momentas priklauso nuo apkrovos. Visame 20 – 80 % apkrovos diapazone, variklio galingumas ir sukimo momentas išliko stabiliai toks pats. Degalų priedai čia jokios reikšmės neturėjo. Maksimalaus galingumo, kai droselinė sklendė pilnai atverta, matavimai nebuvo atliekami. Pasak gamintojo, šis variklis išvysto savo maksimalią galią 92 kW alkūniniam velenui sukantis 5800 min⁻¹, o didžiausią sukimo momentą 168 Nm prie 3500 min⁻¹ [6].

Efektyvusis naudingumo koeficientas išliko stabilus. Esant mažai 20 % apkrovai, η_e svyravo 0,15 – 0,17 ribose. Apkrovai padidėjus iki 80 %, efektyvusis naudingumo koeficientas pakilo iki 0,34 reikšmės (1 paveikslas).

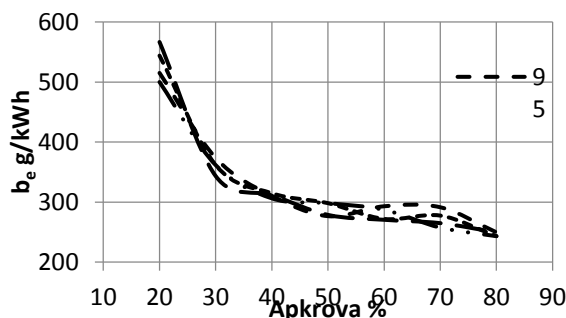


1 pav. Variklio apkrovos įtaka efektyviajam naudingumo koeficientui

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Variklio droselinę sklendę labiau atidarant, į cilindrų patenka didesnis kiekis oro, tiekiamas didesnis kiekis degalų, išvystoma didesnė galia. Degalai panaudojami efektyviau ir didesnė dalis energijos tenka variklio varantiesiems elementams – smagračiui.

Didėjantis variklio galingumas lemia ir didesnes valandines degalų sąnaudas. Čia jos didėja nuo 2,4 kg/h kai apkrova 20 % iki 9,47 kg/h, kai apkrova 80 %. Tačiau lyginamosios degalų sąnaudos mažėja nuo 550 iki 250 g/kWh didėjant apkrovai tose pačiose ribose.

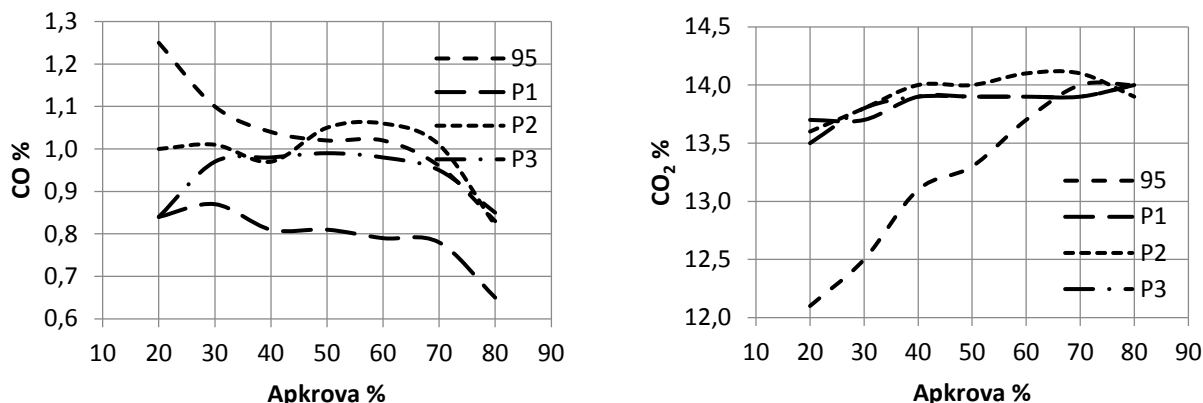


2 pav. Variklio apkrovos įtaka efektyviosioms degalų sąnaudoms

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Variklio galingumas 4,8 kW, kai apkrova 20 % ir 38 kW, kai apkrova 80 % alkūniniam velenui sukantis pastoviu 2400 min⁻¹ greičiu.

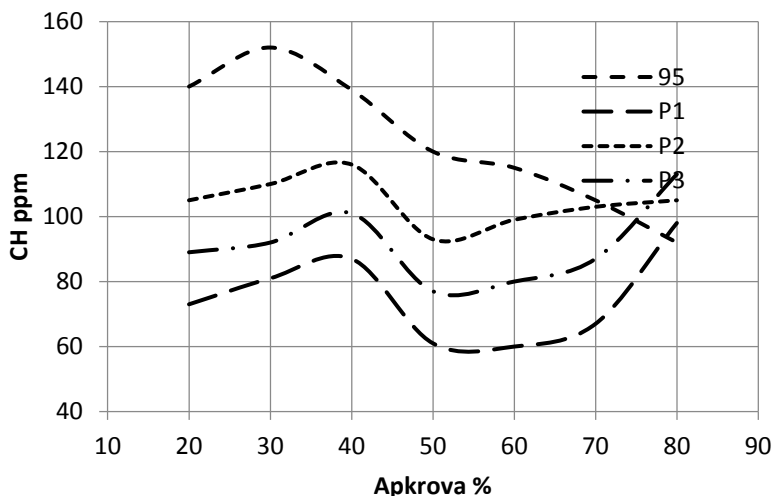
Aplinkos tarša ir deginių sudėtis priklauso nuo mišinio paruošimo būdo ir vidutinės dujų temperatūros cilindre. Šių bandymų metu, anglies viendeginio ir anglies dvideginio emisijos neviršijo 1,3 ir 14,5 % atitinkamai. Anglies viendeginio sumažėjimas buvo pastebėtas tik naudojant priedą P1. Bendras vidutinis sumažėjimas buvo 0,2 %.



3 pav. Variklio apkrovos įtaka anglies viendeginio ir dvideginio emisijoms
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Kadangi bandymai buvo pradėti variklį maitinant 95 markės benzinu, matosi, kad jis bandymų pradžioje nebuvo pilnai įšilęs. Nors aušinimo skysčio temperatūra siekė 90 °C pagal CO ir CO₂ emisijas mažų apkrovų zonoje matyti, kad variklio temperatūrinis režimas nėra optimalus. Tik apkrovai padidėjus iki 50 – 60 % ribos, pasiekiamas optimalus šiluminis balansas, CO emisijos ženkliai sumažėja, o CO₂ emisijos padidėja. Tai reiškia, kad CO dėl aukštesnės temperatūros gali pilnai oksiduotis iki anglies dvideginio.

Angliavandenilių kiekis deginiuose taip pat priklauso nuo vidutinės degimo temperatūros cilindre. Kuo cilindre temperatūra aukštesnė, tuo angliavandenilių kiekis deginiuose mažesnis.



4 pav. Variklio apkrovos įtaka angliavandenilių emisijoms
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Angliavandenilių kiekis deginiuose, varikliui veikiant 95 markės benzinu, sumažėjo tik kai variklio apkrova pasiekė 50 – 60 % ribą. CH kiekis deginiuose svyravo 60 – 120 ppm ribose variklį maitinant grynu benzinu ir benzinu su priedais. Mažiausios emisijos gautos varikliui veikiant benzinu su P1 priedu.

Išvados

1. Benzino oktaninį skaičių gerinantys priedai oktaninį skaičių padidina 0,6 – 1,3 punkto.
2. Efektyviosios degalų sąnaudos naudojant priedus išlieka tokios pačios, kai variklio apkrova kinta 20 – 80 % ribose alkūniniam veleniui sukantis 2400 min⁻¹.
3. Naudojant P1 priedą CO kiekis deginiuose sumažėja apie 0,2 %, o CH kinta 60 - 100 ppm ribose.

Literatūra

1. Bosch R. *Benzininių variklių valdymo sistemos*. Kaunas: Smaltija., 2009. 335 p.
2. Fuel Additives: Use and Benefits <https://www.atc-europe.org/public/Doc113%202013-10-01.pdf>

3. Harris J. *Octane enhancing petrol additives/products*. 2000. 86 p.
<https://www.environment.gov.au/system/files/resources/25ef6a75-3a09-4ec1-ba1b-3b3db21ab31a/files/octane-report.pdf>
4. Robert E *Changes in Gasoline IV*. 2009. 44 p. <http://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2015/09/ChangesinGasolineManualIV-UpdatedLogo.pdf>
5. Šimatonis S., Tiškevičius S. *Traktorių, automobilių ir variklių teorija. I dalis*. Kaunas., 1994, 264 p.
6. Volkswagen Passat techniniai duomenys <http://www.auto-motor-und-sport.de/vw/passat/b5-typ-3b-3bg/technische-daten/>

THE INFLUENCE OF FUEL ADDITIVES ON GASOLINE ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

Summary

The paper presents the results of the performance and exhaust emissions characteristics when engine operating on pure gasoline and gasoline with additives. The experimental tests were performed on a Volkswagen Passat 1.8 l engine. It was measured engine torque, power, fuel consumption, exhaust gas emissions. During the experiments was measured, that by using fuel additives the cetane number of gasoline increased 0,6 – 1,3 unit. The specific fuel consumption stay on the same level when the engine worked on 20 – 80 % load at 2400 rpm. The CO emissions reduced about 0,2 % when engine was operated on gasoline with fuel additives P1. The lowest 60 – 100 ppm HC emissions were also with additives P1.

Key words: *gasoline, fuel additives, internal combustion engine, exhaust gas emission.*

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kastytis Laurinaitis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, aplinkos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 685 79730 kastytis.laurinaitis@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kastytis Laurinaitis.

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Sciences, Faculty of Engineering sciences, lecturer of Committee of Electronic and Electrical engineering area study programme department.

Author's research interests: technological sciences, Environmental engineering.

Telephone and e-mail address: 8 685 79730 kastytis.laurinaitis@edu.ktk.lt

GAISRŲ GESINIMO IR GELBĖJIMO AUTOMOBILIŲ KĖBULO ELEMENTŲ PATIKIMUMO TYRIMAS

Karolis Paškevičius, Saulius Nagurnas, Robertas Pečeliūnas, Vaidas Vadluga
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Šiame straipsnyje pateiktas gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilių kėbulo elementų patikimumo tyrimas. Darbas atliktas išanalizavus mokslinę literatūrą, kurioje nagrinėjami gaisrinių automobilių kėbulo elementų konstrukciniai ypatumai, įvertinant pagrindinių kėbulo elementų patikimumą. Išnagrinėtos jėgos, veikiančios gaisrinių automobilių kėbulo elementus, nustatytos silpnosios konstrukcijos vietos, vertinant pagrindinius konstrukcinius elementus (porėmį, kėbulą). Remiantis sudarytais skaitiniais modeliais (*Solidworks* programinio paketo aplinkoje), atliktas gaisrinio automobilio kėbulo konstrukcijos pagrindinių elementų stiprumo charakteristikų įvertinimas, modeliuojant apkrovas pavojuose. Darbo pabaigoje pateikiama rezultatų analizė bei pasiūlymai.

Reikšminiai žodžiai: gaisrinis automobilis, kėbulas, rėmas, porėmis, stiprumas, poslinkis, atsargos koeficientas, *SolidWorks*.

Įvadas

Visų išsivysčiusių šalių ekonominiame gyvenime egzistuoja transporto rūšis, užtikrinanti darną visuomenėje – specialios paskirties, gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobiliai. Kiekvienais metais pristatomi nauji, galingi bei gausios komplektacijos specialios paskirties automobiliai, skirti gaisrų gesinimo ir gelbėjimo operacijoms atlikti. Europoje vyraujantys pagrindiniai šio tipo automobilių gamintojai siūlo įvairius konstrukcijų tipus, skirtingas atitinkamų elementų medžiagas. Visų šių inžinerinių sprendimų visuma įvertinama didžiuliais kaštais. Gamintojai viešai nepublikuoja savo konstrukcinių sprendimų, todėl nėra aišku, kaip įtempimai, poslinkiai pasiskirsto atitinkamuose kėbulo elementuose.

Tyrimo objektas – specialiosios paskirties automobilis.

Tyrimo tikslas – nustatyti, kaip svarbių automobilio konstrukcijos elementų (porėmio, kėbulo (antstato)) stiprumas priklauso nuo gamybos metu pasirinktos medžiagos mechaninių savybių ir *SolidWorks* programinio paketo aplinkoje sumodeliuoti šiuos elementus (išsiaiškinti, kaip pakis įtempimai, poslinkiai, atsargos koeficientai pavojuose konstrukcijos pjūviuose). Pasiūlyti konstrukcijų optimizavimo būdus.

Tikslui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

1. *SolidWorks* aplinkoje sudaryti svarbių gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilio konstrukcinių elementų modelius.
2. Įvertinti, kokie bus įtempimai, poslinkiai, atsargos koeficientai pavojuose porėmio, antstato konstrukcijos pjūviuose, esant konkrečiai apkrovai (standartinė porėmio konstrukcija).
3. Įvertinti, kaip pakis įtempimai, poslinkiai, atsargos koeficientai pavojuose porėmio, antstato konstrukcijos pjūviuose, optimizuojant nagrinėjamų elementų konstrukciją.

Naudojami metodai: Analizė skaitiniais modeliais.

Straipsnio struktūra. Straipsnyje pateikiama jau atliktų mokslinių darbų analizė, aprašomi specialios paskirties automobilio kėbulo elementų apkrovų modeliavimo principai, pateikiami svarbių automobilio konstrukcijos elementų apkrovų modeliai, kai porėmio ir antstato konstrukcijos standartinės ir, patobulinus jas. Remiantis gautais rezultatais įvertintas specialiosios paskirties automobilio pagrindinių kėbulo elementų patikimumas.

Kėbulo elementų patikimumui skirtų tyrimų apžvalga

Mokslinėje literatūroje (Rahman et al., 2008:76 – 84) sunkvežimio rėmas dažniausiai nagrinėjamas kaip laikančiosios konstrukcijos visuma (standus kūnas). Siekiant įvertinti konkrečios konstrukcijos elementų patikimumą, naudojamas atitinkamas programinis paketas, kuriuo sumodeliuojama nagrinėjama konstrukcija ir keičiant įvairius parametrus bandomos konstrukcijos ribinės reikšmės. Konstrukcija kaip elementų visuma yra nagrinėjama baigtinių elementų metodu. Atliktos objekto simuliacijos parodo, kur didžiausi įtempimai yra pasiskirstę vamzdinėje konstrukcijos, dažnas atvejis, jog tai yra tvirtinimo varžtų kontaktų vietos. Tokiu atveju konstrukcijos įtempimai bei poslinkiai viršija leistinas ribines reikšmes, atsargos koeficientas yra minimalus. Todėl siekiant užtikrinti konkrečios konstrukcijos elementų darbingumą bei patikimumą, būtina pavojuose skerspjūvių analizė bei konstrukcijos optimizacija.

Kitame straipsnyje (Yanhong et al., 2011:133 – 138), nagrinėjant konkretų sunkvežimio porėmį Yj3128, atsižvelgiama į sunkvežimio ekstremalias darbo sąlygas, nagrinėjant transporto priemonės važiuoklės elementus, kai transporto priemonės padanga yra pakilusi nuo žemės paviršiaus 20 mm ir 50 mm (įvertinamos galimos kliūtys kelyje). Straipsnio autoriai įvertina visas galimas sunkvežimio mases, laikantysis rėmas modeliuojamas bei tiriamas naudojant *ANSYS* kompiuterinį modeliavimo paketą. Išanalizavus pavojuose

konstrukcijos vietas, rėmo priekyje įdedamas papildomas skersinis elementas, kuris stiprina konstrukciją, veikiamą atitinkamų apkrovų. Šiuo atveju yra svarbu įvertinti konstrukcijai tenkančias apkrovas (ar jos nėra viršijamos) bei atsižvelgti į įvairias galimas darbo sąlygas, kurios dažnai yra skirtingos.

Porėmis prie pagrindinio rėmo dažniausiai yra tvirtinamas specialiais varžtais, spyruoklinėmis jungtimis, arba kniedijamas kniedėmis. Visa transporto priemonės masė, kuria apkraunamas laikantysis bei pagrindinis rėmas, tenka anksčiau išvardintoms jungtims (Karaoglu et al., 2001:1115 – 1130). Straipsnio autoriai teigia, jog įtempimai šoninėse jungčių plokštelėse gali būti sumažinti keičiant šoninės plokštės storį, jei tai neįmanoma, gali būti keičiamas ir šoninės plokštės ilgis. Tyrimas atliktas ANSYS aplinkoje. Nustatyta, jog didinant šoninių plokščių storį, galima sumažinti įtempimus jungčių tvirtinimo vietose.

Sunkvežimio rėmą dažnai veikia atsitiktinė vibracija (Fan et al., 2011:629 – 632). Pastoviai veikianti atsitiktinė vibracija sukelia kėbulo (antstato), porėmio konstrukcijos nuovargį, kuris gali įtakoti konstrukcijos atitinkamas deformacijas bei sumažinti elementų tarnavimo laiką. Šią problemą svarbu spręsti, siekiant pagerinti važiavimo efektyvumą, saugumą bei pačios transporto priemonės elementų patikimumą. Tyrimas taip pat atliktas ANSYS kompiuterinės programos aplinkoje. Atliekant tyrimą, buvo nustatyti pavojingiausi kėbulo, porėmio konstrukcijos skerspjūvio taškai.

Išanalizavus atliktus mokslinius darbus, matome, kad labai svarbu modeliuoti apkrovas tenkančias svarbiems kėbulo elementams, ypač rėmui, porėmiui, antstatui, todėl, šiame straipsnyje yra modeliuojamos porėmio ir antstato apkrovos Lietuvoje gaminamiems gelbėjimo automobiliams, analizuojamas įtempimų, poslinkių ir kitų patikimumo charakteristikų pasiskirstymas (taip išvengiant brangių eksperimentinių tyrimų). Taip pat, siekiant suprojektuoti geriausią, optimaliausią konstrukciją, kuri galėtų konkuruoti su kitais gamintojais bei atlaikytų jai keliamas apkrovas, siūloma optimizuoti porėmio ir antstato konstrukcijas sumontuojant papildomus standumo elementus.

Metodai taikyti tyrimams

Darbas atliktas remiantis skaitiniu metodu, leidžiančiu rasti apytikslius diferencialinių lygčių dalinių išvestinių ar integralinių lygčių sprendinius. Metodo esmė – srities, kurioje ieškomas sprendimas, suskaidymas į dalis (baigtinius elementus). Tada daroma prielaida, kad kiekviename elemente nagrinėjamas nežinomasis kinta nesudėtingu dėsnio ir diferencialinė lygtis jame pakeičiama į algebrinių lygčių sistemą (Watanabea et al., 2012:1095 – 1104). Sujungus visų elementų sistemas gaunama sistema, kurią išsprendus gaunamas atsakymas. Naudojamas gamybos technologinio proceso virtualus modeliavimas baigtinių elementų metodu, siekiant nustatyti ribinius deformuojamos medžiagos, kūno bei deformuojančiojo įrankio būvius. Darbas atliktas SolidWorks programinio paketo aplinkoje.

Standartinių konstrukcijų modeliavimo rezultatai. Porėmis

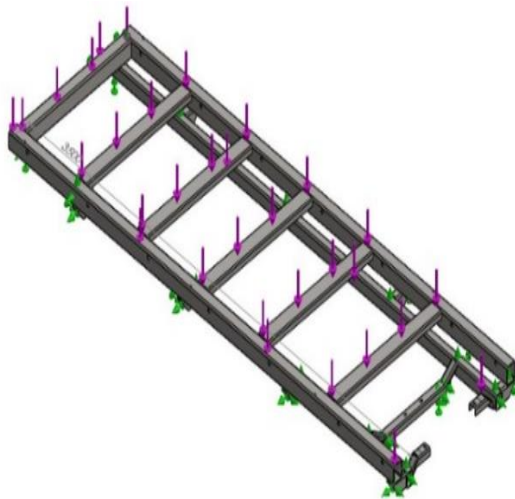
Porėmio pagrindinė paskirtis – prie jo tvirtinami visi projektuojami transporto priemonės mazgai bei papildomos konstrukcijos. Porėmis privalo atlaikyti maksimalios projektuojamos konstrukcijos masės sukeliama jėgą. Porėmis gaminamas iš S235JR plieno vamzdžių (DIN 1.0037). Pagrindinės medžiagos savybės: takumo riba – 235 MPa, stiprumo riba – 360 MPa, tamprumo modulis – $2,1 \cdot 10^5$ MPa, šlyties modulis – $7,9 \cdot 10^4$ MPa, tankis – 7800 kg/m³. Konstrukcijos elementai sujungiami suvirinant. Siekiant tinkamai įvertinti visos konstrukcijos masę, įvertinti papildomą gelbėjimo įrangą, kuri bus integruota į transporto priemonę, priimamas atsargos koeficientą 2,60 masei įvertinti. Atsižvelgus į priimtą atsargos koeficientą, gauname jėgą, kurią privalės atlaikyti porėmis 14715 N. Projektuojamos konstrukcijos porėmis tvirtinamas toje padėtyje ir apkraunamas jėgomis, kurios atitinka realią jo vietą projektuojamoje transporto priemonėje (1 pav.). Toliau pateiktoje epiūroje apkraunamos vamzdinės konstrukcijos, kurioms teks didžiausios apkrovos. Gauti rezultatai rodo, jog porėmio konstrukcijos maksimalūs įtempimai apkrovos metu yra ties leistinų normų riba. Pateiktoje epiūroje raudona spalva simbolizuoja maksimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 209,74 MPa, mėlyna spalva – minimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 17,48 MPa (2 pav.).

Galima daryti prielaidą, jog porėmio konstrukcija, matmenys bei medžiaga yra parinkti teisingai, tačiau konstrukcija privalo būti optimizuota, nes konstrukcijos stiprumo charakteristikos yra ties leistinų normų riba, konstrukcijos atsargos koeficientas yra minimalus – 1,1 (žr. 1 lentelę).

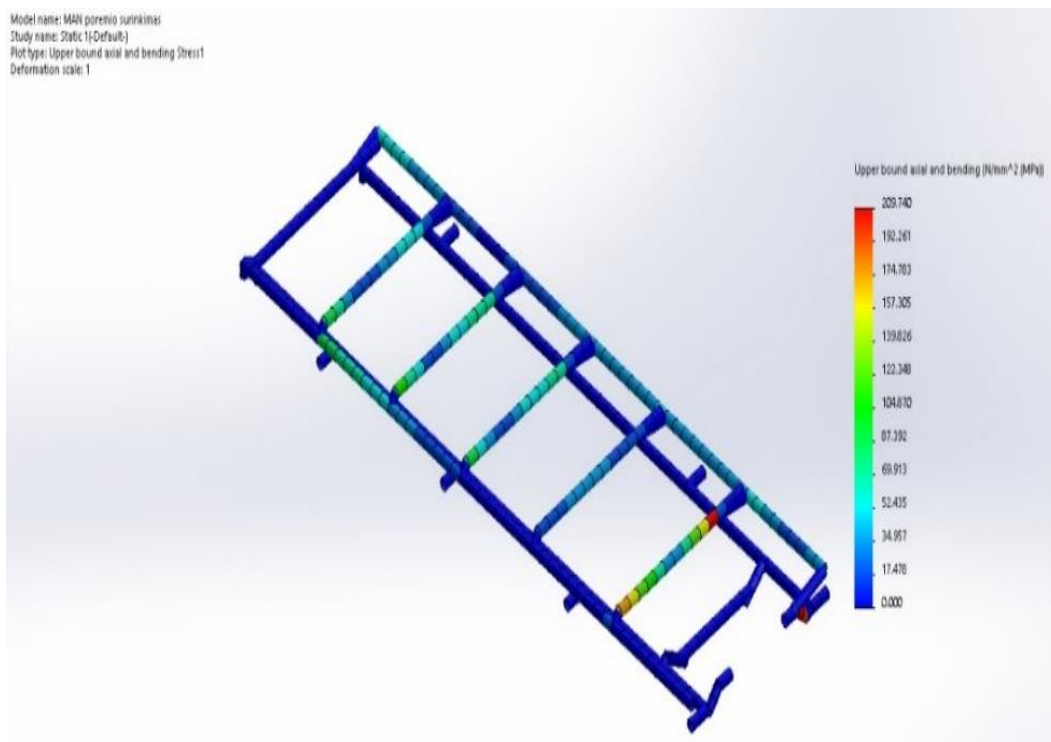
1 lentelė

Porėmio ir antstato pagrindiniai simuliacijų rezultatai

	Porėmis	Antstatas
Stiprumas σ , MPa	209,74	24,34
Poslinkis Δl , mm	10,25	1,75
Atsargos koeficientas k_{ats}	1,1	1,1



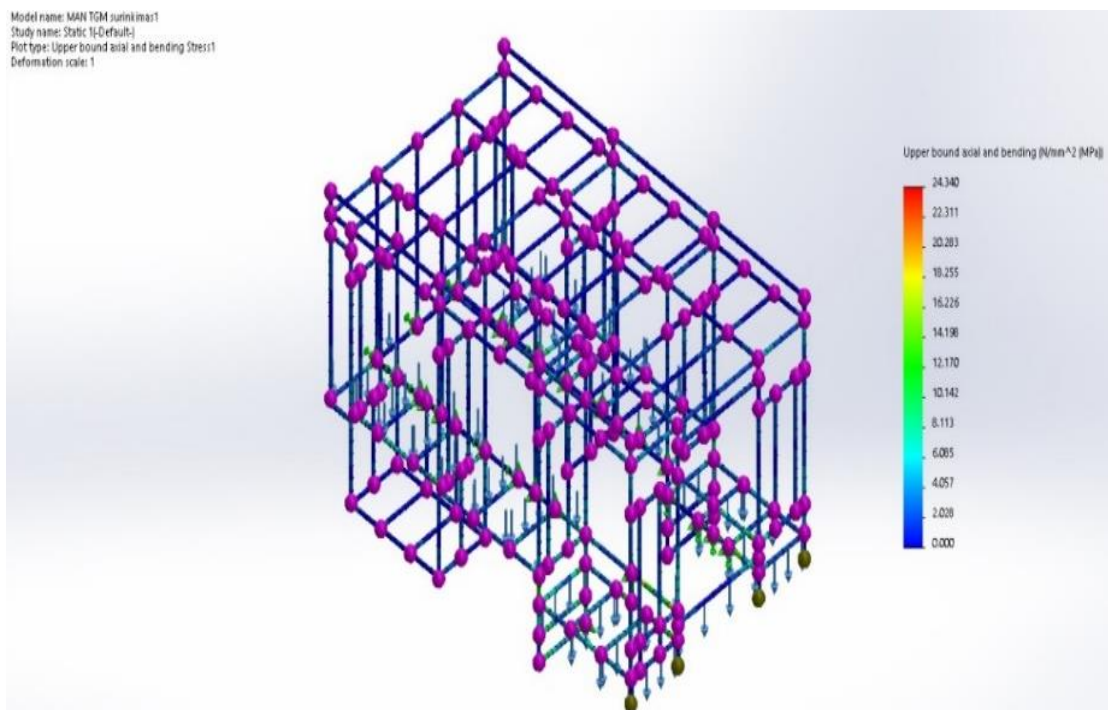
1 pav. Porėmio įtvirtinimo (žalia spalva) ir apkrovos išskirstymo (violetinė spalva) schema
Šaltinis: sudaryta autorių



2 pav. Porėmio stiprumo įvertinimo schema
Šaltinis: sudaryta autorių

Standartinių konstrukcijų modeliavimo rezultatai. Antstatas

Prie porėmio yra tvirtinamas automobilio antstatas (kėbulas), kuriame montuojama gaisrų gesinimo ir gelbėjimo įranga. Konstrukcija privalo atlaikyti įrangos maksimalios masės sukeltą jėgą – 7357,50 N. Antstatas gaminamas iš aliuminio lydinio 6061 Alloy profilių. Pagrindinės medžiagos savybės: takumo riba – 55,15 MPa, stiprumo riba – 124,08 MPa, tamprumo riba – $6,9 \cdot 10^4$ MPa, šlyties modulis – $2,6 \cdot 10^4$ MPa, tankis – 2700 kg/m^3 . Konstrukcijos elementai tarpusavyje susukami kampu, kuris fiksuoja reikiamus du paviršius. Projektuojamos konstrukcijos antstatas įtvirtinamas toje padėtyje ir apkraunamas jėgomis, kurios atitinka realią jo vietą projektuojamoje transporto priemonėje (3 pav.). Toliau pateiktoje epiūroje apkraunami aliuminio lydinio profiliai, kuriems teks didžiausios apkrovos. Gauti rezultatai rodo, jog antstato konstrukcijos maksimalūs poslinkiai (3 pav.) ir įtempimai apkrovos metu taip pat yra ties riba leistinų normų. Pateiktoje epiūroje raudona spalva simbolizuoja maksimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 24,34 MPa, mėlyna spalva – minimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 2,03 MPa (3 pav.). Antstato konstrukcija taip pat privalo būti optimizuota, kadangi konstrukcijos atsargos koeficientas yra minimalus – 1,1 (žr. 1 lentelę).



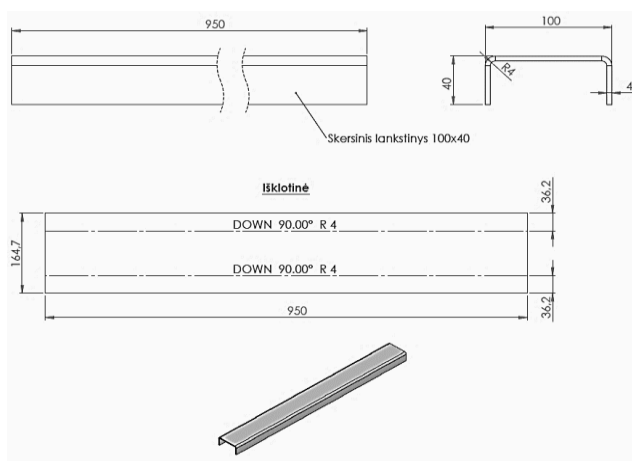
3 pav. Antstato stiprumo įvertinimo schema

Šaltinis: sudaryta autorių

Standartinių konstrukcijų tobulinimas. Porėmis

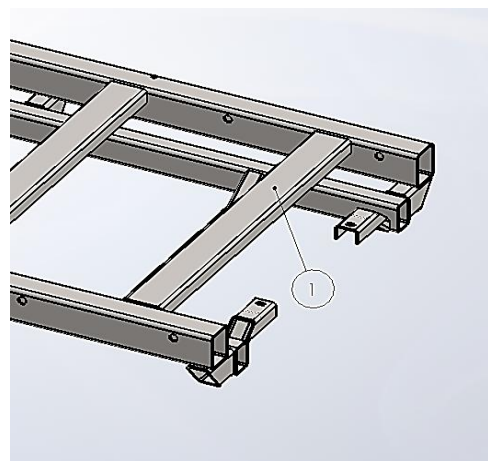
Anksčiau pateiktose transporto priemonės porėmio, antstato stiprumo epiūrose (2, 3 pav.) matome, jog minėti konstrukciniai elementai yra ties leistino stiprumo riba (žr. 1 lentelę). Siekiant sumažinti įtempimus, poslinkius bei padidinti konstrukcijos atsargos koeficientą, transporto priemonės porėmio bei antstato konstrukcija turi būti optimizuota (sustiprinta). Optimizuojant projektuojamos transporto priemonės porėmį nebuvo naudinga pakeisti konstrukcijos esamų matmenų, kadangi anksčiau suprojektuotas porėmis puikiai atitiko automobilio važiuoklės ypatumus. Todėl buvo pasirinktas variantas, stiprinti esamą konstrukciją papildomu skersiniu (4, 5 pav.), nes, įvertinus prieš tai atliktus skaičiavimus, stiprumo ribas, poslinkius bei deformacijas buvo nustatyta, jog plotas, kurį tiesiogiai veikia apkrova yra ne pakankamas.

Optimizuotos porėmio konstrukcijos stipruminių parametrų modeliavimas atliktas tokiu pačiu būdu, kaip ir pirminės konstrukcijos (lyginamieji rezultatai pateikti 7 paveiksle).



4 pav. Papildomas skersinis

Šaltinis: sudaryta autorių



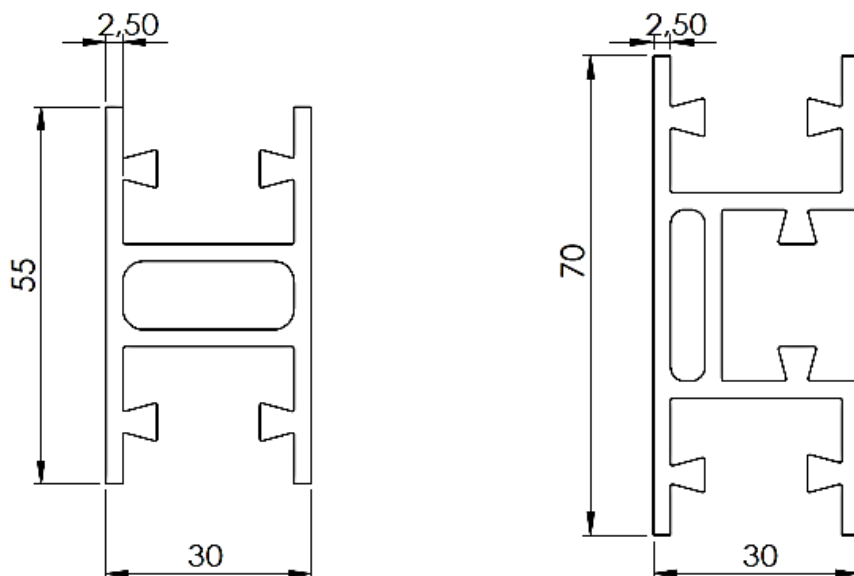
5 pav. Optimizuota porėmio vieta

Šaltinis: sudaryta autorių

Standartinių konstrukcijų tobulinimas. Antstatas

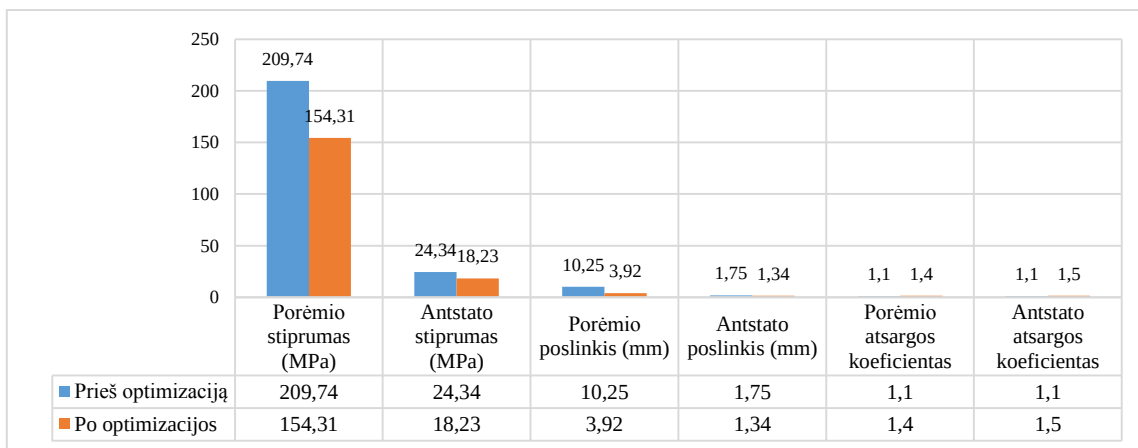
Optimizuojant projektuojamos transporto priemonės antstatą taip pat buvo pasirinktas sprendimas stiprinti esamą konstrukciją. Kadangi didžiausi įtempimai pasiskirstė būsimos gaisrinės įrangos montavimo vietose, esami aliuminio lydinio profiliai buvo pakeisti į to paties lydinio didesnių matmenų, kurie buvo sujungti naujomis jungtimis (6 paveiksle matomi profilių skerspjūviai: kairėje – pirminės konstrukcijos

profilis, dešinėje – optimizuotos konstrukcijos). Įvertinus pirminės konstrukcijos modeliavimo rezultatus (stiprumo ribas, poslinkius bei deformacijas) buvo nustatyta, jog konkrečios reikšmės neviršija leistinų dydžių. Tačiau būtina padidinti konstrukcijos atsargos koeficientą. Optimizuojant konstrukciją jos įtvirtinimo vietos lieka tos pačios, apkrova, veikianti transporto priemonę, taip pat lieka ta pati. Gauti rezultatai rodo, jog antstato konstrukcijos maksimalūs įtempimai apkrovos metu neviršija leistinų normų (ir jie sumažėjo).



6 pav. Antstatui gaminti naudojamų aliuminio lydinio profilių skerspjūviai:
kairėje – pirminės konstrukcijos profilis, dešinėje – optimizuotos konstrukcijos
Šaltinis: sudaryta autorių

Optimizuotos antstato konstrukcijos stipruminių parametų modeliavimas atliktas tokiu pačiu būdu, kaip ir pirminės konstrukcijos (lyginamieji rezultatai pateikti 7 paveiksle).



7 pav. Porėmio ir antstato stiprumo, poslinkio, atsargos koeficiento įvertinimas prieš ir po optimizacijos
Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikti tyrimai rodo, jog suprojektuotos konstrukcijos atitinka keliamus reikalavimus gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobiliui. Remiantis atliktomis simuliacijomis galima teigti, jog konstrukcijų ribinės stiprumo reikšmės nėra viršijamos, poslinkiai minimalūs, atsargos koeficientai atitinka nominalias reikšmes (7 pav.).

Darbas atliktas remiantis reglamentu *LST EN 1846 – 2 2009*, kuriame pateikiamos pagrindinės techninės charakteristikos ir reikalavimai, kad transporto priemonė atitiktų keliamus reikalavimus ir galėtų dalyvauti kelių eisme.

Išvados

Atlikus gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilio porėmio ir antstato patikimumo tyrimus, modeliuojant apkrovas *SolidWorks* aplinkoje, formuluojamos šios išvados:

1. Tiriamų konstrukcijų stiprumas tiesiogiai priklauso nuo pasirinktos medžiagos mechaninių savybių bei konstrukcijos modeliavimo ypatybių.
2. Porėmio įtempimai po optimizacijos sumažėjo 55,43 MPa (26,43%), antstato įtempimai po optimizacijos sumažėjo 6,11 MPa (25,10%).
3. Porėmio poslinkis po optimizacijos sumažėjo 6,33 mm (61,76%), antstato poslinkis po optimizacijos sumažėjo 0,41 mm (23,43%).
4. Porėmio atsargos koeficientas padidėjo 1,27 karto, antstato atsargos koeficientas padidėjo 1,36 karto.
5. Pavojuose rėmo konstrukcijos vietose būtina integruoti papildomus skersinius elementus, kurie stiprina konstrukciją bei didina rėmo skerspjūvio plotą.

Literatūra

1. Chen Yanhong, Zhu Feng. 2011. The Finite Element Analysis and The Optimization Design of The Yj3128-type Dump Truck's Sub-Frames Based on ANSYS. China. 133 – 138 p.
2. Cicek Karaoglu, N. Sefa Kuralay. 2001. Stress analysis of a truck chassis with riveted joints. Turkey. 1115 – 1130 p.
3. LST EN 1846 – 2. 2009. Gaisrų gesinimo ir gelbėjimo tarnybų automobiliai. 2 dalis. Bendrieji reikalavimai. Sauga ir eksploatacinės charakteristikos.
4. Keigo Watanabea, Yuka Uedab, Isaku Nagaia, Shoichi Maeyama. 2012. Stabilization of a Fire Truck Robot by an Invariant Manifold Theory. China. 1095 – 1104 p.
5. Qinman Fan, Yonghai Wu. 2011. Random vibration simulation of a special truck frame based on fem. 629 – 632 p.
6. Roslan Abd Rahman, Mohd Nasir Tamin, Ojo Kurdi. 2008. Stress analysis of heavy duty truck chassis as a preliminary data for its fatigue life prediction using fem. University of technology, Malaysia. 76 – 84 p.

FIRE-FIGHTING AND RESCUE VEHICLE BODY COMPONENTS RELIABILITY STUDY

Summary

A study about firefighting and rescue vehicle body components reliability was conducted. Work carried out an analysis of the scientific literature, which deals with fire car body elements design features, taking the main body element reliability. Forces acting fire car body elements were analyzed and weaknesses of weak construction were identified, assessing the basic structural elements (sub-frame, body). Based on concluded numerical models (*SolidWorks* software package environment), evaluation of the fire vehicle body structure main elements of the strength characteristics was conducted, simulating the load on dangerous sections. At the end of the analysis results and recommendations were presented.

Key words: fire - truck, chassis, frame, subframe, strength, displacement, safety factor, *SolidWorks*.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Karolis Paškevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros magistrantas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto mašinų patikimumas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 696 23678, karolis.paskevicius@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Nagurnas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių diagnostika, automobilių elektroninės valdymo sistemos, transporto mašinų patikimumas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 654 02786, saulius.nagurnas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Robertas Pečeliūnas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: eismo saugumas, transporto priemonių dinamika.

Telefonas ir el. pašto adresas: (8-5) 274 4790, robertas.peceliunas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vaidas Vadluga.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių projektavimas ir techninė priežiūra.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 657 84999, vaidas.vadluga@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Karolis Paškevičius.

Science degree and name: postgraduate.

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

Author's research interests: reliability of transport machinery.

Telephone and e-mail address: +370 696 23678, karolis.paskevicius@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Saulius Nagurnas.

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: automobile diagnostics, automotive electronic control systems, reliability of transport machinery.

Telephone and e-mail address: +370 654 02786, saulius.nagurnas@vgtu.lt

Author name, surname: Robertas Pečeliūnas.

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: traffic safety, vehicle dynamics.

Telephone and e-mail address: (8-5) 274 4790, robertas.peceliunas@vgtu.lt

Author name, surname: Vaidas Vadluga.

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: car design and maintenance.

Telephone and e-mail address: +370 657 84999, vaidas.vadluga@vgtu.lt

MECHANINIŲ DINAMINIŲ SISTEMŲ DIAGNOSTIKA

Audrius Čereška

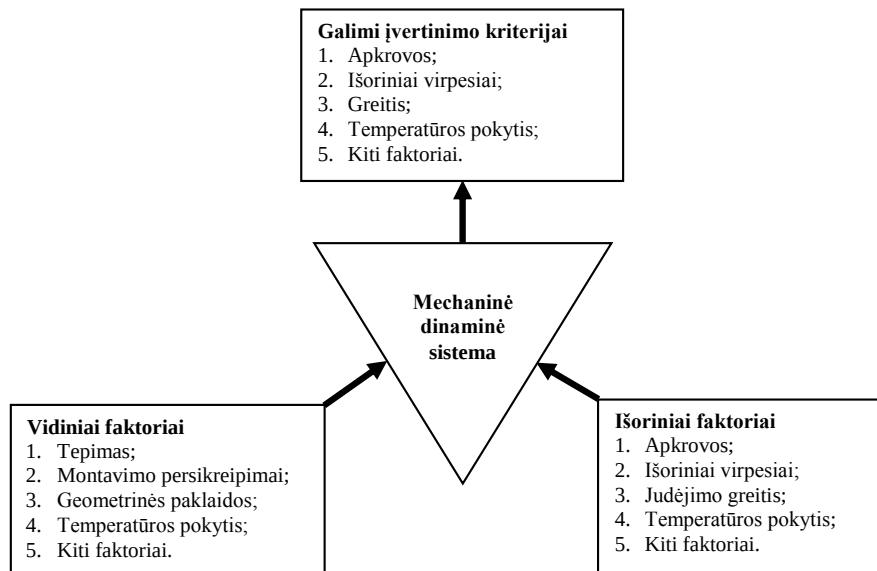
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Dirbančiose mechaninėse dinaminėse sistemose pastoviai susiduriama su įvairiais veiksniais, virpesiais, temperatūros pokyčiais ir t.t. Virpesiai labai svarbūs mašinų gamyboje, technologiniuose procesuose, statyboje ir kitose srityse. Virpesiai gali būti ne tik žalingi, bet ir naudingi. Kiekvienas mechanizmas turi savo optimalų temperatūrinį lygį. Matuojant virpesius, temperatūros pokyčius ir kitus mechaninių dinaminių sistemų eksploatacijai svarbius parametrus galime įvertinti jų būklę. Gautus rezultatus galima panaudoti įvairiems technologiniams procesams atlikti, naujoms mašinoms kurti ir jas eksploatuoti. Straipsnyje nagrinėjamos mechaninių dinaminių sistemų diagnostikos galimybės. Aprašyti mechaninių dinaminių sistemų diagnostikai naudojamos priemonės matavimų bei analizės atlikimo metodika bei rezultatų tyrimų etapai. Diagnostikos rezultatai parodo tiriamos sistemos momentinę būklę bei leidžia numatyti gedimų atsiradimo priežastis bei pasekmes.

Reikšminiai žodžiai: mechaninė dinaminė sistema, metodika, diagnostika.

Įvadas

Mechaninė dinaminė sistema tai atskirų elementų kompleksas (Jonušas 2007). Mechaninių sistemų diagnostika sudėtinga ir todėl reikalinga sudėtinga kontrolės sistema (Barzdaitis 1998, Vekteris 2006.).



1 pav. Mechaninę dinaminę sistemą veikiantys faktoriai ir jų įvertinimo kriterijai

Vystantis technikai, vis dažniau susiduriama su įvairiais vienu metu techninius objektus veikiančiais žalingais ir naudingais veiksniais (virpesiais, temperatūros pokyčiais ir t.t.) (Вильфсон 1996, Žiliukas 1997).

Virpesiai labai svarbūs mašinų gamyboje, technologiniuose procesuose, statyboje ir kitose srityse. Virpesiai gali būti ne tik žalingi, bet ir naudingi.

Reikia žinoti, kaip matuoti, kaip vertinti, analizuoti ir kaip išvengti virpesių žalos arba kaip juos naudingai panaudoti mechaninės sistemos darbui (Pawlak 2007, Timofeev 2003).

Žalingieji virpesiai dažnai kelia tiesioginį pavojų svarbiems mechaniniams ir kitokiems įrenginiams, mašinoms ir jų dalims. Mechaniniai virpesiai trukdo normaliai eksploatuoti įvairias mašinas ir įrenginius, neleidžia techniškai progresuoti vienoje ar kitoje srityje. Be to virpesiai gali kenkti žmogaus sveikatai sukelti vibracinę ligą, virpesių žadinamus triukšmus – akustinį nuovargį.

Naudingieji virpesiai jau seniai naudojami žmogaus darbui palengvinti. Paskutiniiais dešimtmečiais, išsivysčius atitinkamoms taikomosios virpesių teorijos šakoms, panaudojus kompiuterius ir šiuolaikinius eksperimentų metodus buvo sukurti įvairūs vibraciniai įrenginiai ir prietaisai bei technologiniai procesai (Vekteris 2003).

Virpesiai gali ne tik trukdyti, bet ir padėti atlikti įvairius neelektrinių dydžių matavimus. Iš specialių virpančiųjų sistemų yra sukonstruoti mechaninių virpesių greičių ir pagreičių registravimo prietaisai (Pawlak 2007). Pagal mechanizmus veikiančius virpesius ir jų pobūdį sprendžiama apie mechanizmo būklę, atsiradus kokiam nors mechaninės sistemos gedimui, virpesių pobūdis keičiasi (Žiliukas 1997).

Prie tam tikrų darbo sąlygų temperatūra mechanizmo darbo zonoje gali pasiekti kritines reikšmes, tuomet sumažėja tepalo klampumas, bei tepimo plėvelės storis, tada sistema pereina prie pusiau skysto tepimo režimo.

Trinties koeficiento padidėjimas sąlygoja progresuojantį šilumos išsiskyrimą, mechaninėje dinaminėje sistemoje, iki tol, kol temperatūra pasiekia kritinę ribą (Čereška 2005, Friedlander 2003).

Gedimai gali būti susiję su mechaninės sistemos dinaminį jėgų pasikeitimu arba temperatūros pokyčiu. Dinaminį jėgų arba temperatūros pakitimas arba atsiradimas susijęs su atskiro mašinos mazgo ar visos sistemos defektais gali būti sąlygotas išorinių ir vidinių pakitimų. Dinaminės jėgos ir temperatūros pokyčiai veikia mechaninę dinaminę sistemą, jos elementus, t. y. žadina mechaninius virpesius arba keičia jų dydžius (Miyano 2004).

Diagnostikos praktika rodo, kad matuojant virpesius, temperatūrą ir kitus parametrus galima nustatyti ne tik konkretaus mazgo, jo elemento defektą bei gedimą, sekti jo vystymąsi veikiančioje mašinoje, bet ir rasti jį sukėlusias priežastis (Khalak 2005, Volkovas 2000).

Mechaninių dinaminų sistemų diagnostika

Mechanizmų pavaros su sukamojo judesio perdavimo elementais, turi tik joms būdingus virpesius, kurių šaltiniais dažniausiai būna rotorų disbalansas, rotorų sukimosi ašių sutapimo su bendrąja rotoriaus sukimosi ašimi nuokrypiai, mašinų konstrukcijos elementų mechaninis susidėvėjimas, elektros variklių ir generatorių elektrinės sistemos specifiniai defektai, tepalo, garo, skysčio sužadinti virpesiai, krumplinių pavarų defektai, turbinų, jų menčių ir ventiliatorių defektai, riedėjimo guolių defektai, slydimo trinties guolių defektai, rezonanso reiškinių (Khalak 2005).

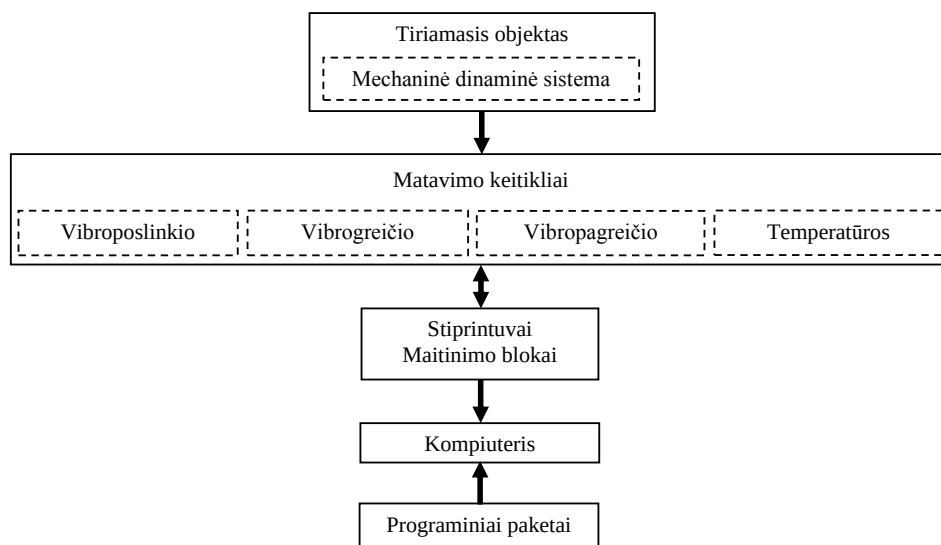
Minėti virpesių šaltiniai apibūdinami tik jiems būdingais virpesių dažniais. Pagal virpesių dažnį nustatoma, „kas vibruoja“, o pagal virpesių amplitudę nustatomas virpesių pavojingumo laipsnis. Virpesių parametrų matavimas ir jų analizės praktika bei gilus mašinos fizikinio modelio supratimas, paaiškina vibracijų atsiradimo ir perdavimo mechanizmą.

Mechaninių dinaminų sistemų monitoringas – tai periodinis, sistemingas ir nepertraukiamas virpesių, temperatūros ir kitų parametrų matavimas, matavimų rezultatų analizė, archyavimas, duomenų bazių sudarymas ir jų taikymas praktikoje defektų nustatymui bei siekiant išvengti netikėtų gedimų. Ši technologija tapo ypač aktuali padidėjus mašinų greičiams ir automatizacijos lygiui.

Šiuolaikinė virpesių, temperatūros ir kitų parametrų matavimo ir analizės technologija pagrįsta kompiuteriniais prietaisais leidžia tiksliau įvertinti sistemos būklę, lyginant su kitais metodais, pavyzdžiui, akustiniais matavimais, tepalo tyrimu, temperatūros monitoringu, apkrovos kitimo monitoringu ir t.t. (Barzdaitis 1998, Stensson 1994).

Diagnostikos priemonės

Tiriant virpesių poveikio mašinai, prietaisui ir jų elementams intensyvumą, matuojami įvairūs parametrai, sudaromi matavimo duomenų formatai ir kartu su technologinio proceso parametrais įvertinama techninė mašinos būklė, nustatomi defektai ir sekamas jų vystymasis iki gedimo. Principinė matavimo schema pateikta 2 pav.



2 pav. Principinė matavimo schema

Poslinkis, greitis ir pagreitis lengvai išreiškiami vienas kitu integralinėmis priklausomybėmis.

Mechaninių sistemų elementų virpesių poslinkiai matuojami esant žemiems dažniams, todėl, tiriant mašinų virpesius plačiąja prasme, elementų virpesių poslinkių matavimas teikia ribotą informacijos kiekį. Virpesių poslinkiai nusako įtempimus mašinos konstrukcijos elemente. Reliatyvusis rotoriaus ar veleno virpesių poslinkis, tiesiogiai išmatuotas virpesių poslinkio keitikliu, yra tikslesnis parametras, lyginant su absoliučiuoju virpesių greičiu (pagreičiu), išmatuotu seisminiais keitikliais ant guolio korpuso.

Bekontakčiai indukciniai poslinkių matavimo keitikliai naudojami tiesiogiai matuoti besisukančio veleno virpesių poslinkius. Indukcinių keitiklių veikimo principas pagrįstas Fuko srovėmis. Keitiklis veikia kaip aukšto dažnio vibratorius, kai keitiklio apvija maitinama aukšto dažnio elektros srove ir sužadina apvijos aplinkoje magnetinį lauką.

Virpesių greitis įvertina mašinos dinamiką esant palyginti nedideliame dažnių intervalui. Virpesių greičio kvadratinis vidurkis įvertina vibracijų pavojingumą, nes virpesių greičiai tiesiogiai nusako virpesių energiją ir yra jų destruktivaus efekto matas.

Greičio keitikliai priskiriami seisminiams, nes matuoja absoliučiuosius mašinos korpuso virpesių greičius. Šie keitikliai pirmieji panaudoti mašinų dalių virpesių greičių ir dažnių matavimams, kaip pirminiai prietaisai. Greičio keitiklių trūkumai: dėvėsi judančios mechaninės dalys, dėl medžiagos nuovargio kinta spyruoklės standumas, jautrūs pašalinių magnetinių laukų veikimui, aplinkos temperatūriniais skersinių jėgų veikimui ir turi didelius gabaritų.

Prietaisai matuojantys mechanizmo arba jos elemento mechaninių virpesių pagreičius, vadinami akcelerometrais. Pagreitis nusako jėgą, veikiančią mašinos konstrukcijos elementą. Akcelerometrai matuoja mašinos elementų virpesių pagrečius plačiame dažnių intervale, viršijančiame 30 kHz.

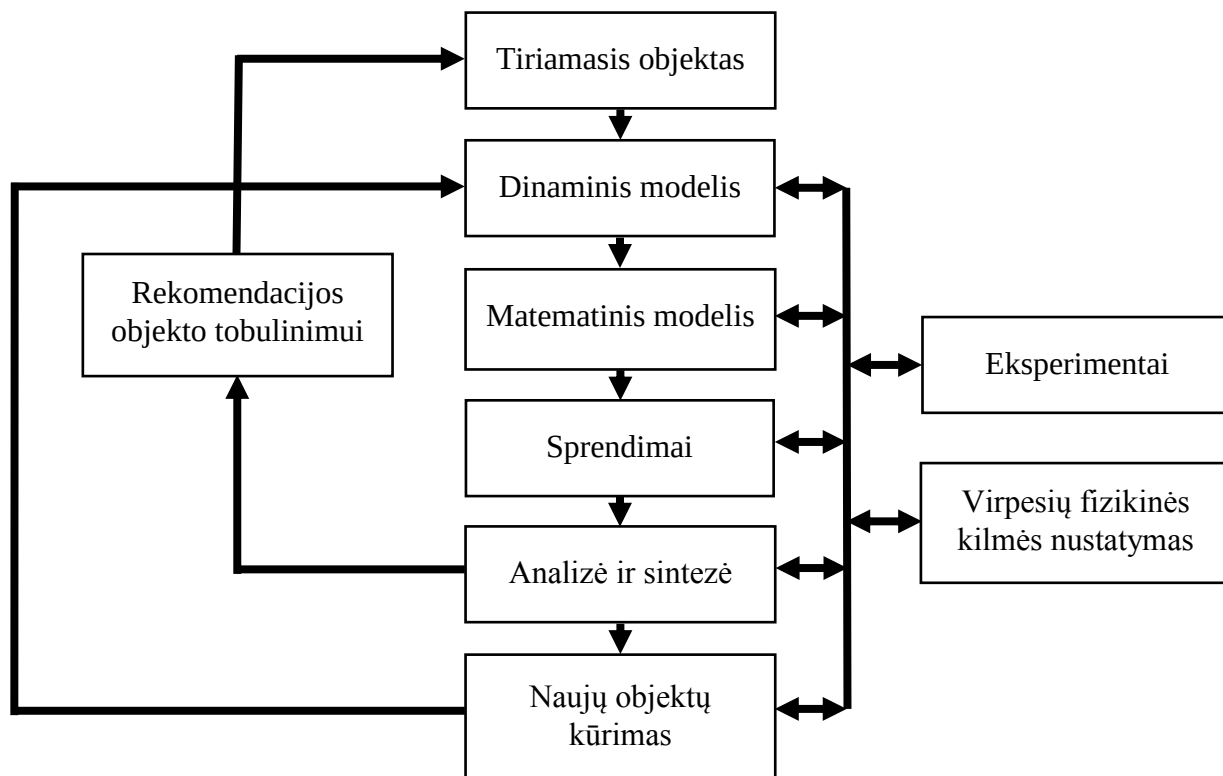
Pagrečių matavimo keitikliai, pjezoelektriniai akcelerometrai, kaip seisminiai keitikliai, naudojami matuoti absoliučiuosius virpesius plačiame dažnių intervale. Akcelerometrai – plačiai paplitę mechanizmų virpesių matavimo keitikliai, nes jie yra patikimi ir nebrangūs.

Tiriamųjų objektų temperatūra matuojama specialiais kontaktiniais arba bekontaktiais skaitmeniniais termometrais. Matavimo rezultatai kaupiami kompiuteryje.

Visi matavimo duomenys kaupiami kontroliuojami ir kaupiami kompiuteryje. Duomenų analizei atlikti naudojami specialūs programiniai paketai.

Tyrimų etapai

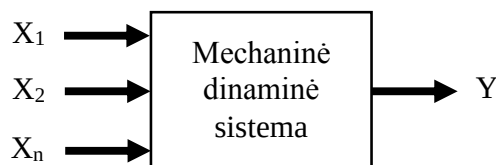
Bendroji vibrodiagnostinių tyrimų eiga pateikta (Augustaitis 2000) (3 pav.).



3 pav. Diagnostinių tyrimų principinė schema

Diagnostinių tyrimų eiga apima 9 esminius etapus:

1. Pirmiausia pasirenkamas pagamintas arba kuriamas objektas.
 2. Sudaromas tiriamojo objekto dinaminis modelis analiziniam diagnostiniam tyrimui. Suprastinama tiriamoji sistema ir modelyje paliekama tik tai, ko reikia tolesniam tyrimui. Aproximuojant stengiamasi dinaminį modelį padaryti kuo paprastesnį, bet kartu ir palikti jį tokį, kad būtų įmanoma reikiamu tikslumu ištirti objekto parametrus. Gali būti sudaroma ir keletas dinaminio modelių, iš kurių toliau tirti pasirenkamas vienas arba keli. Nagrinėjamu atveju laikoma, kad tiriamas vienas dinaminis modelis.
 3. Sudaromas pasirinkto dinaminio modelio matematinis modelis.
 4. Atliekamas matematinio modelio sprendimas.
 5. Gauti sprendimai analizuojami, atliekama struktūrinė ir parametrinė optimizacinė sintezė (koreguojama dinaminio modelio ir paties objekto, iš kurio tas modelis sudarytas, struktūra, tikslingai keičiami dinaminio modelio parametrai taip, kad jo charakteristikos atitiktų iš anksto numatytus kriterijus).
 6. Remiantis analizės ir sintezės rezultatais, sudaromos rekomendacijos objektui tobulinti.
 7. Kuriami nauji objektai, jiems sudaromi nauji dinaminiai modeliai ir procesas kartojasi.
 8. Atliekant analizinius tyrimo etapus arba net ir anksčiau, gali būti vykdomi eksperimentai. Tiriamas virpesių pobūdis, veikimas.
 9. Nustatoma veiksmų fizikinė kilmė, išsiaiškinama ar objekte kylantys veiksniai yra priverstiniai, ar savaiminiai, tiesiniai ar netiesiniai, nustatomi veiksmų žadinimo šaltiniai ir kt.
- Eksperimentų duomenis, ypač virpesių atsiradimo priežastis, reikia žinoti visuose analitinių tyrimų etapuose, bet pirmiausia – tiriamojo objekto dinaminiam modeliui sudaryti.
- Matavimo proceso įvertinimo modelį, kuris nusako ryšį tarp matuojamojo dydžio ir kitų dydžių schema, parodyta 4 pav.



4 pav. Matematinio proceso įvertinimo modelio schema: X_i ($i = 1, 2, \dots, n$) – įeinantys parametrai;
Y – išeinantys parametrai

Matematiškai šį reiškinį galima išreikšti taip:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

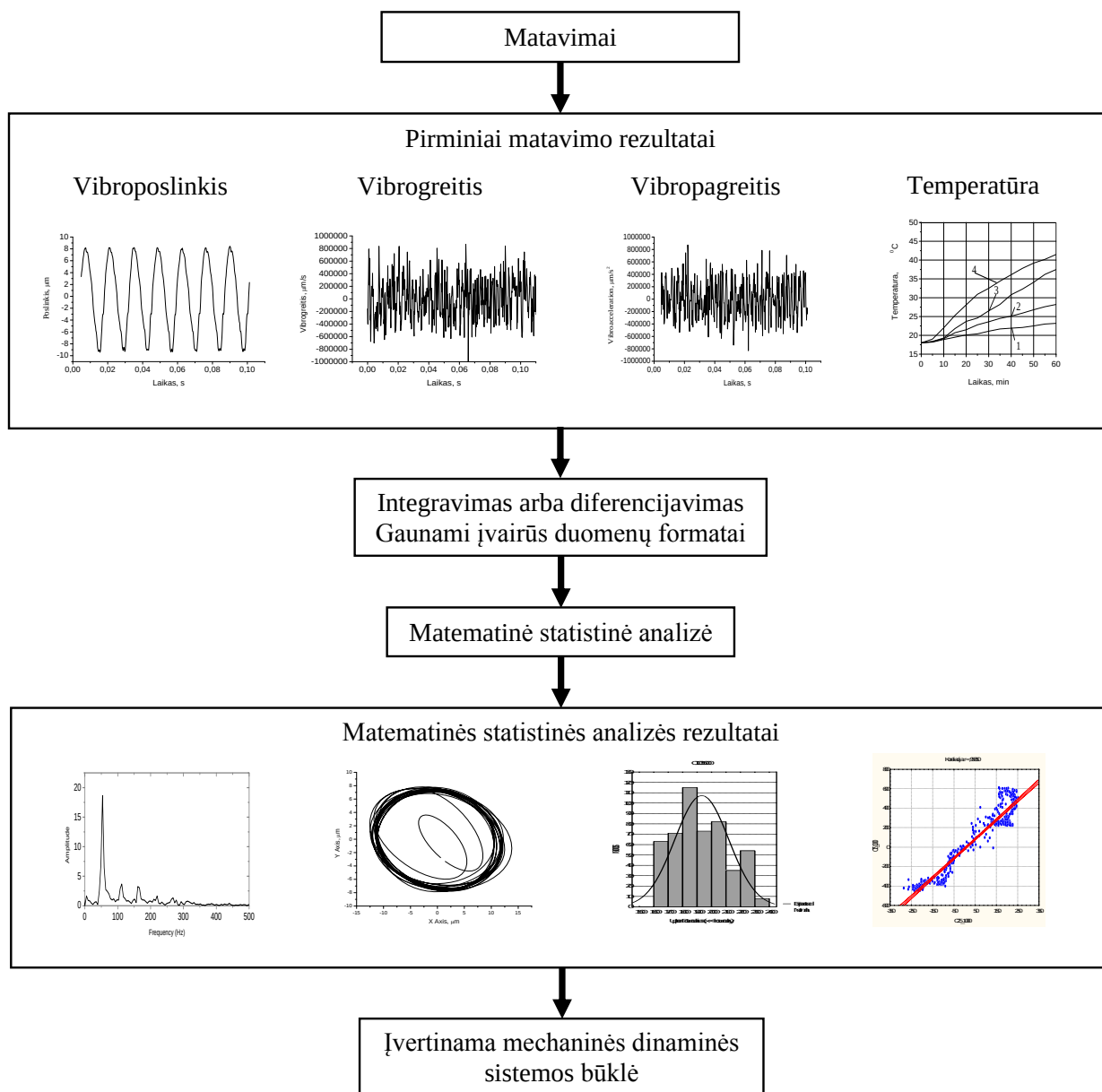
Modelio funkcija nusako matavimo procedūrą ir įvertinimo metodą. Ji aprašo, kaip išėjimo dydžio Y vertės gaunamos iš įėjimo dydžių X_i verčių.

Sudarant matavimo modelį, daroma prielaida, kad dydis Y, kurį reikia išmatuoti, matuojant išlieka pastovus. Daroma prielaida, kad n kitų dydžių X_i , nuo kurių priklauso matuojamasis dydis Y, taip pat yra stabili.

Rezultatai ir jų analizė

Panaudojus diagnostikos priemones atliekami matavimai ir gaunami pirminiai matavimų rezultatai kurie analizuojami taikant specialią metodiką pateiktą (5 pav.) ir pagal analizės rezultatus nustatoma mechaninės dinaminės sistemos techninė būklė.

Atlikus pirminių signalų integravimą arba diferencijavimą gaunami signalai (5 pav.): vibroposlinkiai, vibrogreičiai, vibropagreičiai, temperatūra o vėliau atlikus šių signalų matematinės statistikos analizę galima gauti: momentinę laiko funkciją; suvidurkintą laiko funkciją; autokoreliacinę laiko funkciją; tarpusavio koreliacijos funkciją; orbitas; momentinį spektrą; nuosavus spektrus ir tarpusavio spektrus; kepstrą; statistines funkcijas; dažnines charakteristikas H_1H_2 , koherencinį ir nekoherencinį išėjimo signalo galingumą; autokoreliacinę bei tarpusavio koreliacijos funkcijas; impulsinę charakteristiką, naudojant Hilberto transformaciją. Analizei atlikti naudojami įvairūs programiniai paketai: Origin, Master Data, Excel, Statistika ir kt.



5 pav. Matavimo rezultatų analizės schema

Išvados

1. Pateikta tyrimų metodika tinka įvairių mechaninių dinaminės sistemų diagnostiniams tyrimams atlikti.
2. Pateikta tyrimų įranga leidžia atlikti pilną mechaninės dinaminės diagnostinį tyrimą. Neturint galimybės panaudoti visų matavimo keitiklių vienu metu, gali būti panaudoti keli ar net tik vienas nors rūšies keitiklis. Po atlikus gautų rezultatų transformaciją (integravimą ar diferencijavimą) galima gauti, bet kurį reikalingą rezultatą (duomenų formatą).
3. Transformuojant pirminius matavimo signalus (pvz. Iš vibroposlinkio transformuoti į vibrogreitį arba atvirkščiai ir t.t.), reikia žinoti kokia yra transformacijos metu gaunama paklaida. Tik tokiu atveju galima gauti patikimus rezultatus.
4. Mechaninės dinaminės sistemos kompleksinio veiksmų (temperatūros, virpesių, jėgos, hidrodinamikos ir kt.) įvertinimo ir analizės rezultatai parodo tiriamos sistemos momentinę būklę bei leidžia numatyti gedimų atsiradimą.

Literatūra

1. Augustaitis, V. K. 2000. Mechaninių virpesių pagrindai. Vilnius. Žiburio leidykla. 319.
2. Barzdaitis V., Činikas G. 1998. *Rotorinių mašinų monitoringas ir diagnostika*. Kaunas: Technologija. 365 p.
3. Čereška A, Vekteris V. 2005. Analytical research of hydrodynamic bearings in mechatronical systems. *Trans Tech Publications Ltd, Switzerland – UK – USA, Solid State Phenomena*, pp. 383 – 387.

4. Friedlander, D.; Chattopadhyay, I.; Ray, A.; Phoha, S.; Jacobson, N. 2003. Anomaly prediction in mechanical systems using symbolic dynamics, Annual American Control Conference (ACC 2003), Proceedings of the 2003 American Control Conference, 1-6, pp. 4275-4280.
5. Jonušas R.; Juzėnas, E.; Juzėnas K. 2007. *Vibrodiagnostics of complex rotary systems*. Kaunas University of Technology, Lithuanian Academy of Science, IFTOMM National Committee of Lithuania, Baltic Association of Mechanical Engineering. Mechanika, pp. 107-110.
6. Khalak, A.; Wemhoff, E. 2005. Multi-hypothesis estimation approach to diagnosis and prognosis of degrading systems. *Ieee Aerospace Conference Proceedings*, 1-4, pp. 3691-3701.
7. Miyano, T. 2004. Estimating noise level in dynamical behavior for detecting mechanical damage, *Materials Transactions*, 45, pp. 236-239.
8. Pawlak A.M. 2007. *Sensors and actuators in mechatronics: design and applications*. Boca raton (fla.): crc/taylor & francis, 376 p.
9. Stensson, A.; Nordmark, A.B. 1994. Experimental investigation of some consequences of low-velocity impacts in the chaotic dynamics of a mechanical system. 347, pp. 439-448. Thomson William T.; Dahlen M.D. 1997. *Theory of vibration with applications*. 5 th ed. – London: Chapman and Hall.
11. Timofeev, A.V. 2003. Physical diagnostics and fault relevant feedback control, *International Conference on Physics and Control (PHYSCON 2003)*, pp. 253-258.
12. Vekteris V., Čereška A., Trumpa A. 2003. The application of measuring transducers in the diagnostics of the mechatronical system. *Journal of Vibroengineering*, 5(1), pp. 5-9.
13. Vekteris V.; Čereška A. 2006. Diagnostical measurements of elements of mechatronical system. *International conference of DAAAM baltic industrial engineering – adding innovation capacity of labour force and entrepreneur*, Tallinn, Estonia, April 20 – 22, 2006, pp. 183-187.
14. Volkovas, V. 2000. Condition monitoring and diagnostics of constructive elements of rotor systems, *7th International Conference on Vibrations in Rotating Machinery, ImechE Conference Transactions 2000*, 6 pp. 633-643.
15. Вильфсон И.И. 1996. *Колебания в машинах*. Санкт-петербург. Гос. Ун-т технологий и дизайна.
16. Žiliukas P.; Barauskas R. 1997. *Mechaniniai virpesiai*. Kaunas. Technologija. 308.

DIAGNOSTICS OF MECHANICAL DYNAMIC SYSTEMS

Summary

There are encounter with different factors, vibrations, temperature changes and so on constantly in mechanical dynamic systems. Vibrations are very important in the manufacture of machinery, in technological processes, in construction and in other fields. Vibrations can be not only harmful, but also and useful. Everyone mechanism has its own optimal temperature level. Measuring vibrations, temperature changes and other parameters that are important for the operation of mechanical dynamic systems, we can evaluate their condition. The obtained results can be used for various technological processes, to create new machines and to operate them. The article analyzes the possibilities of diagnostics of mechanical dynamic systems. There are described measures that used for diagnosis of mechanical dynamic systems, methodology of measurements and analysis of performance and the stages of researches results. Diagnostic results are show the instantaneous state of the research system and are allow predicting the deteriorations causes of occurrence and consequences.

Key words: mechanical dynamic systems, methodic, diagnostic.

AUTORIAUS LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Audrius, Čereška

Science degree and name: doctor, professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics faculty, Mechanical and material engineering department professor

Author's research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems

Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

LIMBŲ PLOVIMO ĮRENGINIO DINAMINIAI TYRIMAI

Antanas Fursenko, Donatas Gurauskis, Kristina Kilikevičienė, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Moderniuose įrenginiuose darbiniai procesai realizuojami dinaminio režimu. Darbinio proceso metu veikia išoriniai ir vidiniai virpesių šaltiniai. Šiame darbe tyrimo objektas yra naujai sukurtas limbų plovimo įrenginys, dirbantis dinaminio režimu. Pagrindinis tyrimo tikslas yra nustatyti limbų plovimo įrenginio dinamines charakteristikas.

Reikšminiai žodžiai: Limbų plovimas, dinaminis procesas, virpesiai, dinaminės charakteristikos.

Įvadas

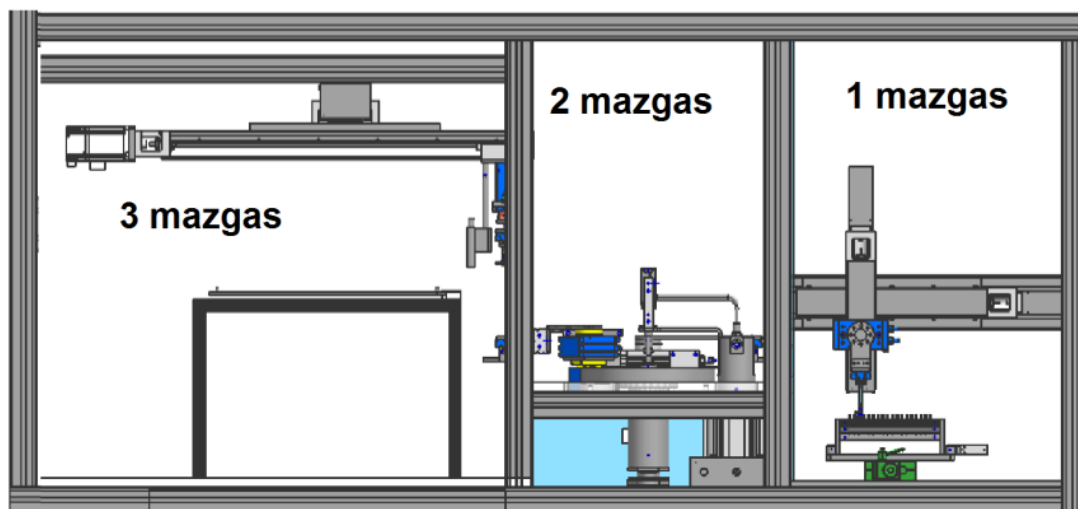
Limbų plovimo įrenginiai yra projektuojami atlikti tikslus judesius bei sudėtingus procesus [1-6]. Dėl griežto tikslumo jie privalo būti tinkamai izoliuoti nuo grindų vibracijos [2-11]. Pasyvūs izoliatoriai slopinantys virpesius yra patikimi, nenaudoja energijos ir yra ekonomiškai veiksmingi [12-14]. Pagrindinė problema, kurią sukuria minkštos tvirtinimo atramos su pasyviais izoliatoriais yra ta, kad jos sukuria nepageidaujamas liekamas vibracijas. Dažniausiai, liekamosios vibracijos pasireiškia izoliuotos įrangos žemo dažnio svyravimais dėl vidinio ir išorinio sužadinimo, iš kurių labiausiai pasireiškiantis sužadinimas yra sukeltas judančių įrenginio dalių [12,13,15]. Liekamosios vibracijos turi būti sumažintos, kadangi jos mažina galutinį limbų plovimo įrenginio atliekamo darbo tikslumą.

Šiame straipsnyje pateikiamos limbų plovimo įrenginio dinaminų charakteristikų įvertinimo metodologija. Mechanizmuose tarpeliai (laisvumai) yra neišvengiami dėl surinkimo, paklaidų gamybos metu ir nusidėvėjimo. Be to, tarpeliai atsiranda kiekvienoje šarnyrinėje jungtyje judant mechanizmui. Realus mechanizmo judėjimas skiriasi nuo idealaus (teorinio) mechanizmo, o judesio tikslumas yra mažesnis dėl šarnyrinių jungčių laisvumo. Dėl laisvumo šarnyrinėse jungtyse atsiranda smūginės dinaminės apkrovos, paveikiamas apkrovos perdavimas sistemoje ir dėl laisvumo mechanizmas gali būti sugadintas. Šis laisvumas daro įtakos sistemos reagavimo laikui ir dėl jo yra pateisinamas atsiradęs skirtumas tarp teorinio ir realaus modelių matavimų ir judėjimų [1-11].

Šiame darbe tyrimo objektas yra naujai sukurtas limbų plovimo įrenginys, dirbantis dinaminio režimu. Pagrindinis tyrimo tikslas yra nustatyti limbų plovimo įrenginio dinamines charakteristikas.

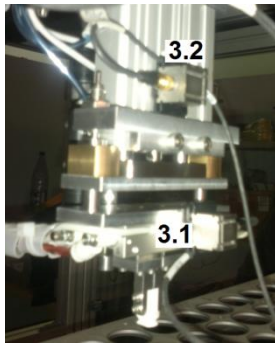
1. Tyrimo objektas, priemonės ir metodai

Tyrimo objektas. Tyrimo objektas yra UAB „Precizika Metrology“ sukurtas kampo komparatorius (1 pav.) [16, 17]. Darbe tiriamas limbų plovimo įrenginys (1 pav.). Limbų plovimo įrenginį sudaro tris limbų transportavimo mazgai, šių mazgų judančių dalių vibroaktyvumas ir buvo tiriamas šiame darbe.

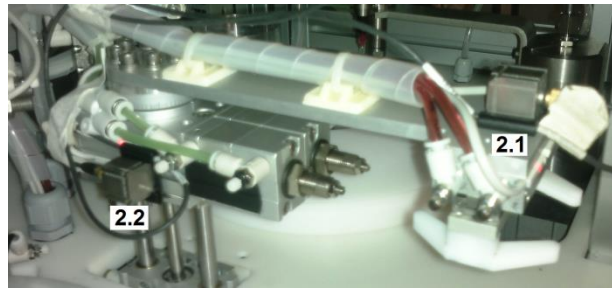


1 pav. Limbų plovimo įrenginys

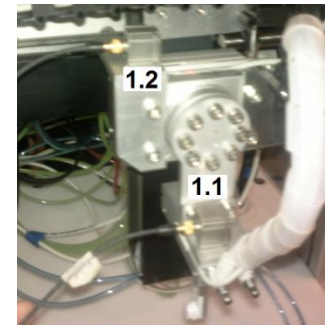
Tyrimo priemonės. Virpesių parametrų matavimui buvo panaudotos Danijos firmos "Brüel & Kjær" virpesių matavimo priemonės. 2.1 paveiksle parodytas limbų plovimo įrenginys, kurį sudaro 3 mazgai. Buvo atliekami šių mazgų reikšmingų taškų virpesių matavimai trimis kryptimis, atitinkamai 1 mazgo taškai 1.1 ir 1.2 taškai (2 pav. c), 2 mazgo taškai 2.1 ir 2.2 taškai (2 pav. b) ir 3 mazgo taškai 3.1 ir 3.2 taškai (2 pav. a). Virpesiams matuoti buvo naudojami triašiai akcelerometrai 4506. Akcelerometrai 4506 buvo tvirtinami prie tvirtinimo elementų, kurie savo ruožtu standžiai tvirtinami atitinkamose įrenginio vietose.



a



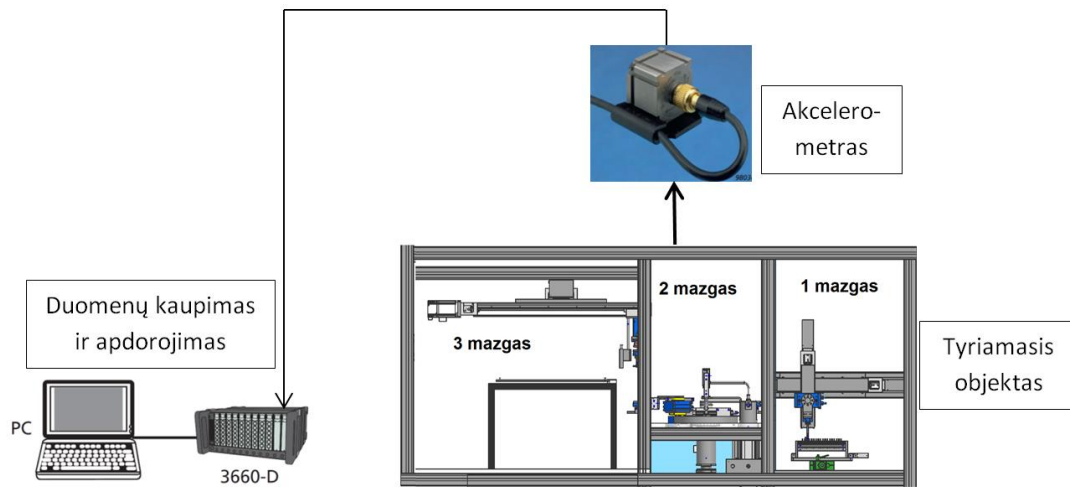
b



c

2 pav. Virpesių parametų matavimo priemonės

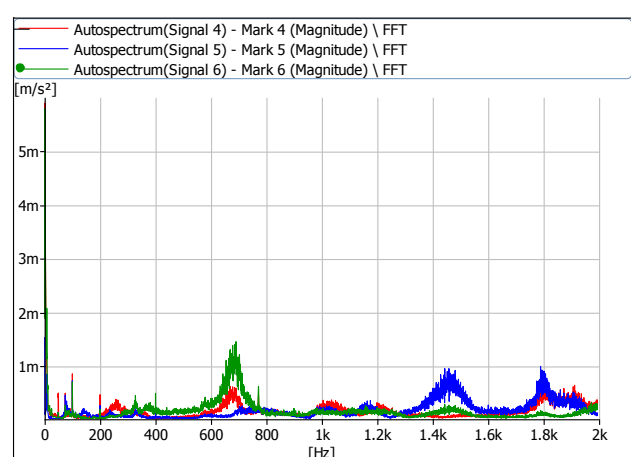
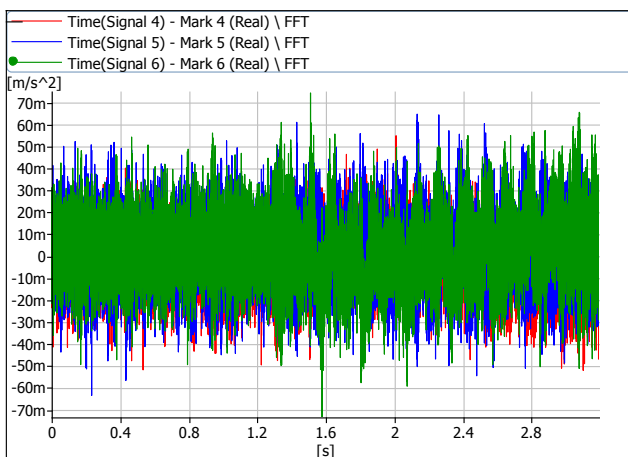
Akcelerometrai 4506 buvo tvirtinami prie tvirtinimo elementų, kurie savo ruožtu standžiai tvirtinami atitinkamose įrenginio vietose. Blokinė tyrimų stendo schema pateikta 3 paveiksle.



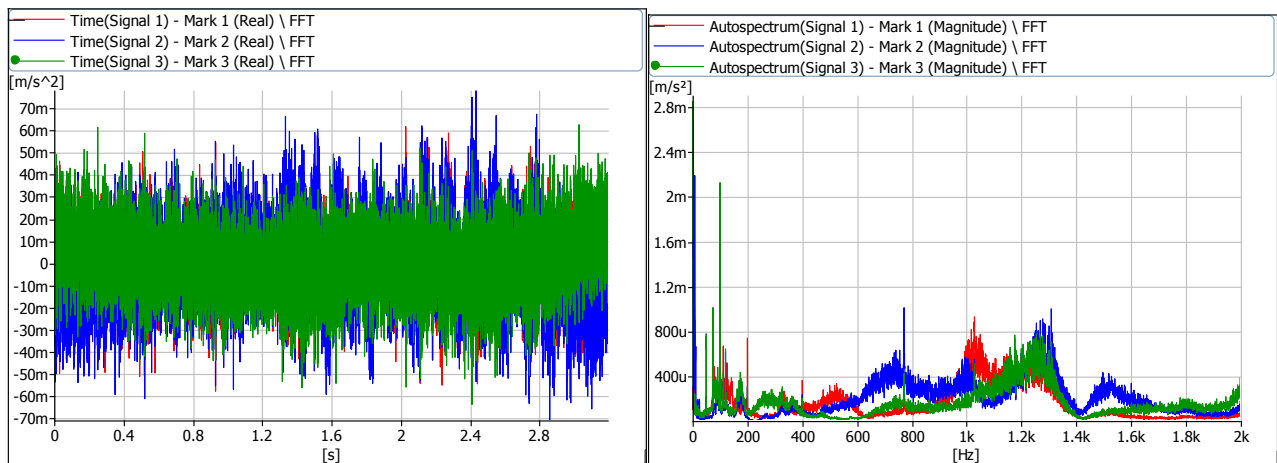
3 pav. Tyrimų stendo blokinė schema

3. Eksperimentiniai tyrimai

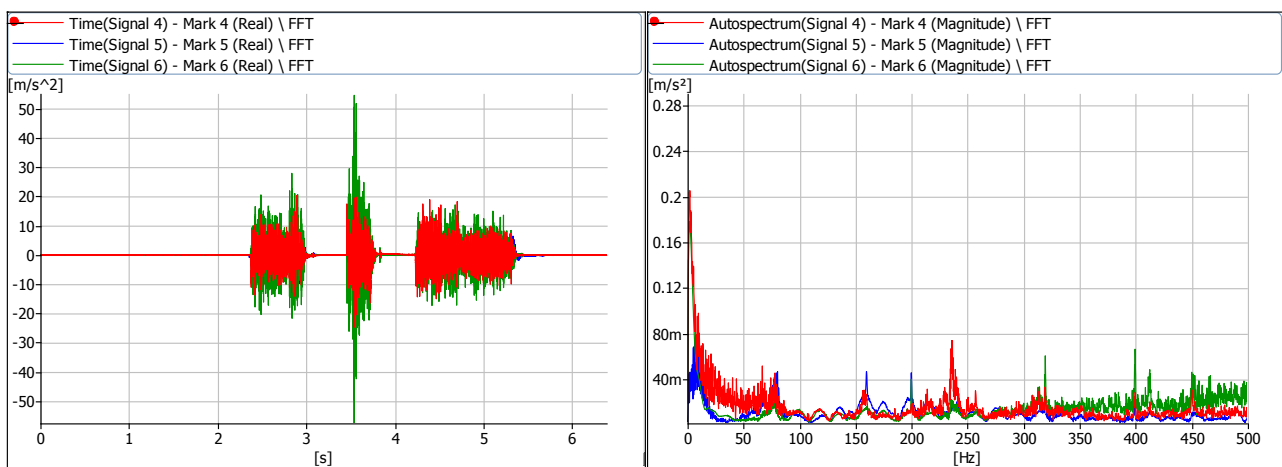
Buvo atliekami 1 mazgo eksperimentiniai matavimai, mazge buvo matuojami du taškai (vienas taškas ant judančios mazgo dalies šalia limbo ir kitas taškas ant nejudančios mazgo dalies), kuriuose virpesiai matuojami trimis kryptimis. Matavimai buvo atliekami ramybės būsenoje bei 3 skirtingais greičiais: darbinu (50 mm/s); $\frac{1}{2}$ darbinio; $\frac{3}{4}$ darbinio. Virpesių matavimo rezultatai pateikti 4-11 pav.



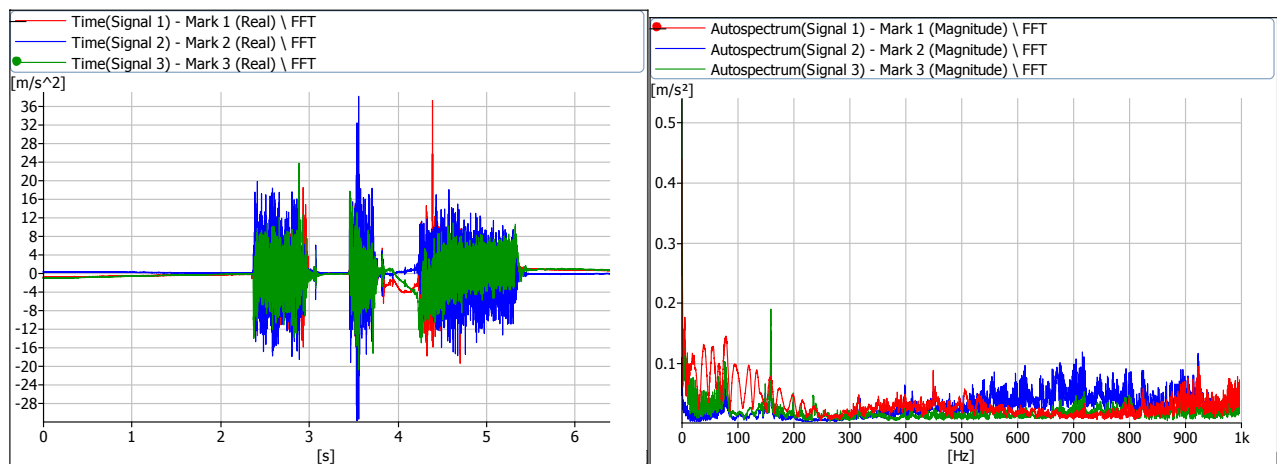
4 pav. Taško 1.1 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – Z kryptis, mėlyna – X kryptis, žalia – Y kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra ramybės būsena



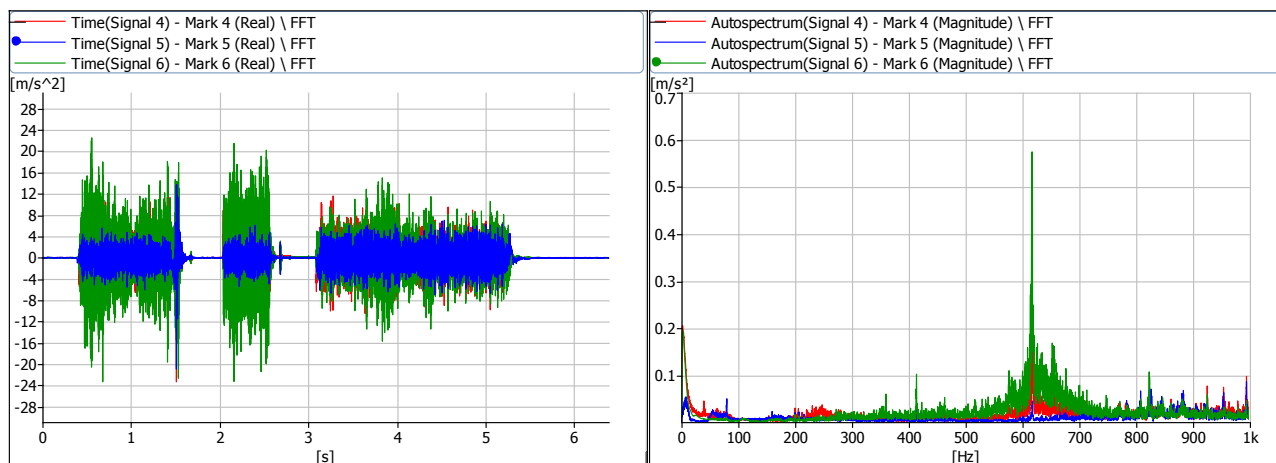
5 pav. Taško 1.2 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – X kryptis, mėlyna – Y kryptis, žalia – Z kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra ramybės būsena



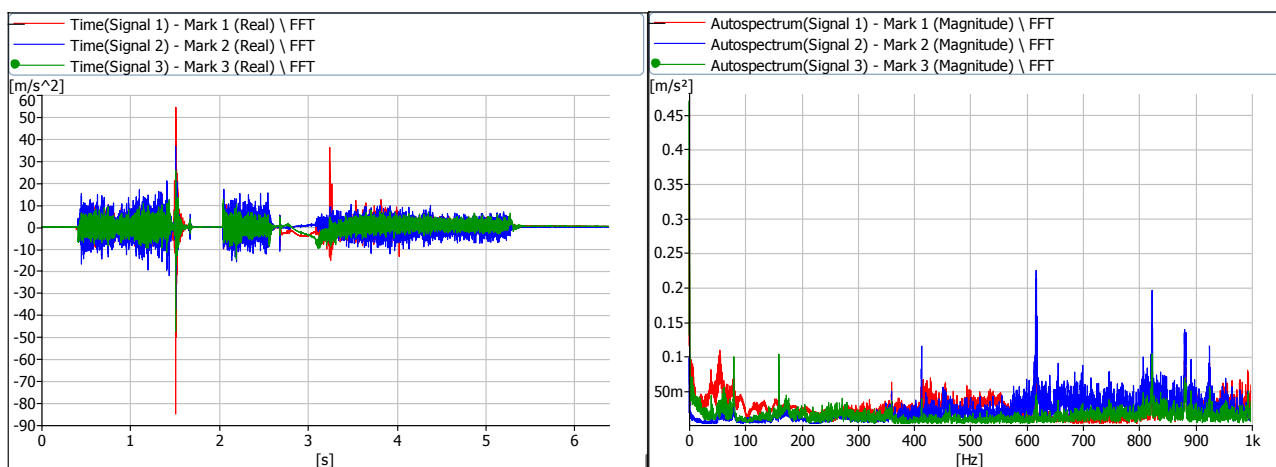
6 pav. Taško 1.1 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – Z kryptis, mėlyna – X kryptis, žalia – Y kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra darbinis režimas ir sistemos yra darbinis greitis



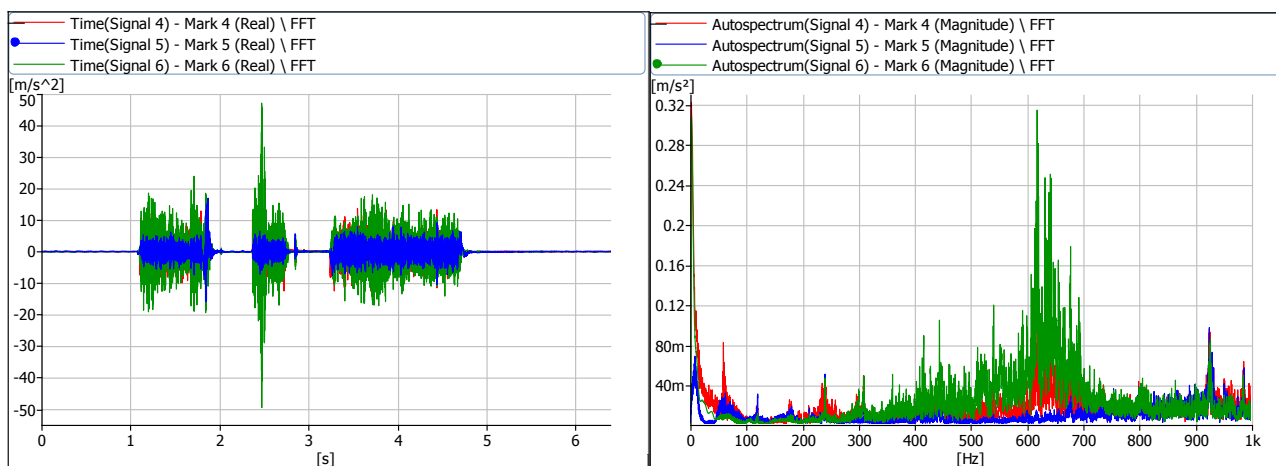
7 pav. Taško 1.2 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – X kryptis, mėlyna – Y kryptis, žalia – Z kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra darbinis režimas ir sistemos yra darbinis greitis



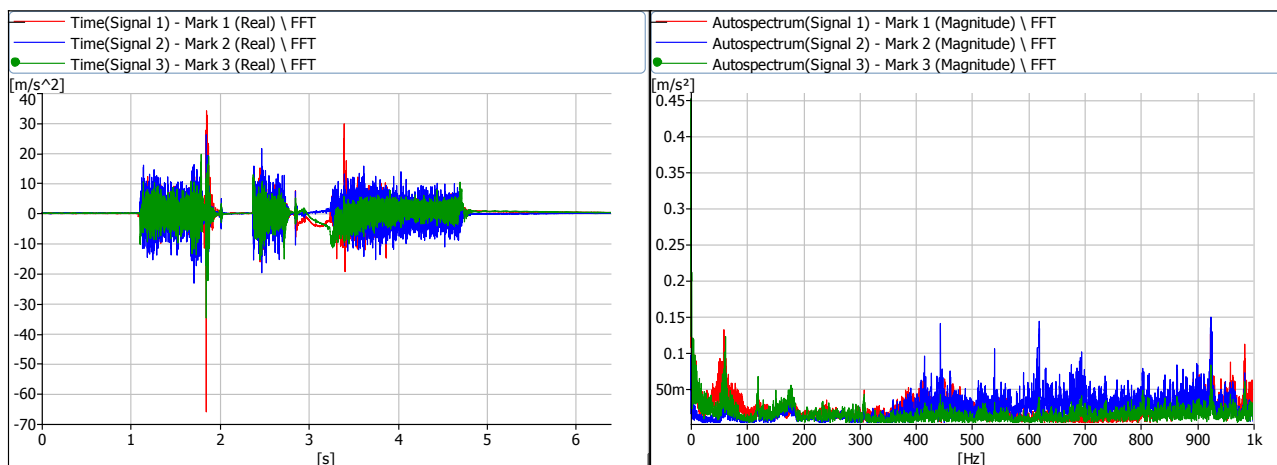
8 pav. Taško 1.1 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – Z kryptis, mėlyna – X kryptis, žalia – Y kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra darbinis režimas ir sistemos yra 1/2 darbinio greičio



9 pav. Taško 1.2 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – X kryptis, mėlyna – Y kryptis, žalia – Z kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra darbinis režimas ir sistemos yra 1/2 darbinio greičio



10 pav. Taško 1.1 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – Z kryptis, mėlyna – X kryptis, žalia – Y kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra darbinis režimas ir sistemos yra 3/4 darbinio greičio



11 pav. Taško 1.2 (2 pav. c) pagreičio amplitudės (raudona – X kryptis, mėlyna – Y kryptis, žalia – Z kryptis) ir spektrinio tankio grafikai, kai yra darbinis režimas ir sistemos yra $\frac{3}{4}$ darbinio greičio

2. Rezultatų apžvalga

Ramybės būseną. Statistinės pagreičio amplitudžių charakteristikos (4 ir 5 pav.) pateiktos 1 lentelėje.

Virpesiai darbo metu.

Darbinis greitis. Statistinės pagreičio amplitudžių charakteristikos (6 ir 7 pav.), kai 1 mazge darbinis procesas atliekamas naudojant darbinį greitį, pateiktos 2 lentelėje.

$\frac{1}{2}$ ir $\frac{3}{4}$ darbinio greičio. Statistinės pagreičio amplitudžių charakteristikos (8, 9, 10 ir 11 pav.), kai 1 mazge darbinis procesas atliekamas naudojant $\frac{1}{2}$ ir $\frac{3}{4}$ darbinio greičio, pateiktos 3 lentelėje.

1 lentelė

Statistinės virpesių charakteristikos

Matavimo taškas (2 c)	Matavimo kryptis	Pagreičio amplitudės statistiniai parametrai					
		Aritmetinio vidurkio – reikšmė $\bar{x}$, m/s ²	Standartinio nuokrypio įvertis S_x , m/s ²	Standartinio vidurkio nuokrypio įvertis $S_{\bar{x}}$, m/s ²	Minimali reikšmė x_{min} , m/s ²	Maksimali reikšmė x_{max} , m/s ²	Sklaida, m/s ²
1.1	Z	-0.00242	0.0133	1.042E-4	-0.0520	0.0549	0.106
	Y	0.00256	0.0163	1.279E-4	-0.0733	0.0743	0.147
	X	0.0021	0.0156	1.220E-4	-0.0634	0.0647	0.128
1.2	Z	7.805E-4	0.0146	1.141E-4	-0.0638	0.0626	0.126
	Y	-8.553E-4	0.0178	1.394E-4	-0.071	0.0779	0.148
	X	1.386E-4	0.0141	1.101E-4	-0.0578	0.0617	0.119

2 lentelė

Statistinės virpesių charakteristikos

Matavimo taškas (2.1 c)	Matavimo kryptis	Pagreičio amplitudės statistiniai parametrai					
		Aritmetinio vidurkio – reikšmė $\bar{x}$, m/s ²	Standartinio nuokrypio įvertis S_x , m/s ²	Standartinio vidurkio nuokrypio įvertis $S_{\bar{x}}$, m/s ²	Minimali reikšmė x_{min} , m/s ²	Maksimali reikšmė x_{max} , m/s ²	Sklaida, m/s ²
1.1	Z	-2.0436E-4	2.47063	0.0193	-24.738	20.3177	45.0557
	Y	-0.00149	3.82817	0.02991	-57.5523	54.5329	112.085
	X	-0.00277	1.45298	0.01135	-9.76833	10.5591	20.3274
1.2	Z	-0.30379	2.54425	0.01988	-20.8713	23.6387	44.51
	Y	0.03009	3.1671	0.02474	-31.9794	38.0739	70.0533
	X	-0.30348	2.58776	0.02022	-19.4681	37.1758	56.6439

Iš 1 lentelės duomenų matyti, kad judančioje 1 mazgo 1.1 dalyje pagreičio amplitudės dominuoja (5 pav.) ruože 0 – 13 Hz (pagreičio reikšmė svyruoja nuo 0.9 iki 5.8 mm/s²), ryškios pagreičio amplitudės dedamosios matosi prie dažnių 50, 75 ir 100 Hz (pagreičio reikšmės atitinkamai 0.8, 0.5 ir 0.5 mm/s²), bei apie 730, 1030 ir 1300 Hz (pagreičio reikšmė pakyla iki 1.46 mm/s²). Nejudančioje 1 mazgo dalyje 1.2 dalyje pagreičio amplitudės dominuoja (4 pav.) ruože 0 – 13 Hz (pagreičio reikšmė svyruoja nuo 0.4 iki 2.8 mm/s²),

ryškios pagreičio amplitudės dedamosios matosi prie dažnių 50, 75 ir 100 Hz (pagreičio reikšmės atitinkamai 0.8, 1.0 ir 2.1 mm/s²), bei apie 700, 1300 ir 1800 Hz (pagreičio reikšmė pakyla iki 1.0 mm/s²).

Iš 2 lentelės duomenų matyti, kad judančioje 1 mazgo 1.1 dalyje pagreičio amplitudės standartinio nuokrypio įvertis didžiausias yra Y kryptimi. Nejudančioje 1 mazgo dalyje 1.2 dalyje pagreičio amplitudės standartinio nuokrypio įvertis didžiausias yra Y kryptimi. Vertinant maksimalias ir minimalias pagreičio amplitudės reikšmes nustatyta, kad Z kryptimi taškuose ryškaus skirtumo nėra, o X kryptimi taško 1.2 virpesiai yra apie 3,7 karto didesni nei taško 1.1, bei Y kryptimi taško 1.1 virpesiai yra apie 1,6 karto didesni nei taško 1.2.

3 lentelė

Statistinės virpesių charakteristikos

Matavimo taškas (2 c pav.)		Matavimo kryptis	Pagreičio amplitudės statistiniai parametrai					
			Aritmetinio vidurkio reikšmė $\bar{x}$, m/s ²	Standartinio nuokrypio įvertis S_x , m/s ²	Standartinio vidurkio nuokrypio įvertis $S_{\bar{x}}$, m/s ²	Minimali reikšmė x_{min} , m/s ²	Maksimali reikšmė x_{max} , m/s ²	Sklaida, m/s ²
$\frac{1}{2}$ darb. greičio	1.1	Z	0.00172	2.404	0.0187	-18.888	19.875	38.763
		Y	-0.00208	3.723	0.0290	-30.889	30.021	60.910
		X	-0.00215	1.632	0.0127	-23.329	18.735	42.065
	1.2	Z	0.0531	2.268	0.0177	-49.611	21.075	70.686
		Y	-0.0265	2.942	0.0229	-41.853	37.94	79.802
		X	0.0463	2.851	0.0222	-97.068	55.727	152.780
$\frac{3}{4}$ darb. greičio	1.1	Z	0.00337	2.332	0.0182	-19.824	20.530	40.355
		Y	-0.0038	3.621	0.0282	-49.539	47.094	96.634
		X	-3.839E-4	1.457	0.0113	-15.942	16.924	32.866
	1.2	Z	0.0153	2.337	0.0182	-34.800	19.625	54.425
		Y	-0.0135	2.949	0.0230	-23.237	26.128	49.366
		X	0.0118	2.759	0.0215	-66.023	34.096	100.120

Iš 3 lentelės duomenų matyti, kad judančioje 1 mazgo 1.1 (2.1 pav. c) dalyje pagreičio amplitudės standartinio nuokrypio įvertis didžiausias yra Y kryptimi judant tiek $\frac{1}{2}$ darbinio greičio tiek ir $\frac{3}{4}$ darbinio greičio. Nejudančioje 1 mazgo dalyje 1.2 (2.1 pav. c) dalyje pagreičio amplitudės standartinio nuokrypio įvertis irgi didžiausias yra Y kryptimi. Vertinant maksimalias ir minimalias pagreičio amplitudės reikšmes nustatyta, kad Z kryptimi taške 1.1 (2.1 pav. c), kai judėjimo greitis yra $\frac{1}{2}$ ir $\frac{3}{4}$ darbinio greičio, ryškaus skirtumo nėra, atitinkamai taške 1.2 (2.1 pav. c) prie mažesnio greičio virpesiai padidėja 1,3 karto; vertinant X kryptimi prie mažesnio greičio ($\frac{1}{2}$ darbinio greičio) taško 1.1 (2.1 pav. c) virpesiai yra apie 1,3 karto didesni ir taško 1.2 (2.1 pav. c) yra apie 1,5 karto didesni už virpesius, kai sistema juda $\frac{3}{4}$ darbinio greičio; vertinant Y kryptimi prie mažesnio greičio ($\frac{1}{2}$ darbinio greičio) taško 1.1 (2.1 pav. c) virpesiai yra apie 1,6 karto didesni ir taško 1.2 (2.1 pav. c) yra apie 1,6 karto mažesni už virpesius, kai sistema juda greičiu lygiu $\frac{3}{4}$ darbinio greičio.

Išvados

Atlikti limbų plovimo įrenginio dinaminiai tyrimai parodė, kad keičiant manipuliavimo įrenginio dalių padėtį ženkliai padidėja virpesių lygis (dviguba amplitudė siekia iki 287 m/s²). Norint sumažinti šiuos virpesius reiktų mažinti greitėjimo momentus.

Vertinant pagreičio amplitudės standartinio nuokrypio įvėčius nustatyta, kad didžiausios reikšmės yra Y kryptimi (skersinė kryptis).

Literatūra

1. Flores P., Ambrosio J., Claro J.C.P., Lankarani H.M., Koshy C.S. A study on dynamics of mechanical systems including joints with clearance and lubrication. Mechanism and Machine Theory 2006;41:247–61.
2. Erkaya S., Uzmay I. A neural-genetic (NN-GA) approach for optimizing mechanisms having joints with clearance. Multibody System Dynamics 2008;20(1):69–83.
3. Flores P. Modeling and simulation of wear in revolute clearance joints in multi-body systems. Mechanism and Machine Theory 2009;44(6):1211–22.
4. Flores P. A parametric study on the dynamic response of planar multi-body systems with multiple clearance joints. Nonlinear Dynamics 2010;61: 633–53.
5. Garcia O.J.C. Analysis of clearance in multibody system. Multibody System Dynamics 2005;13:401–20.
6. Erkaya S., Uzmay I. Experimental investigation of joint clearance effects on the dynamics of a slider–crank mechanism. Multibody System Dynamics 2010;24:81–102.

7. Bauchau O.A., Rodriguez J. Modeling of joints with clearance in flexible multi-body system. *International Journal of Solids and Structures* 2002;34: 41–63.
8. Flores P., Ambrósio J. On the contact detection for contact-impact analysis in multibody systems. *Multibody System Dynamics* 2010;24(1):103–22.
9. Schwab A.L., Meijaard J.P., Meijers P.A. Comparison of revolute joint clearance model in the dynamic analysis of rigid and elastic mechanical systems. *Mechanism and Machine Theory* 2002;37(9):895–913.
10. Ting K.L., Zhu J.D., Watkins D. The effects of joint clearance on position and orientation deviation of linkages and manipulators. *Mechanism and Machine Theory* 2000;35:391–401.
11. Tian Q., Zhang Y.Q., Chen L.P., Flores P. Dynamics of spatial flexible multibody systems with clearance and lubricated spherical joints. *Computers and Structures* 2009;87:913–29.
12. DeBra D.B. Vibration isolation of precision machine tools and instruments. *Annals of the CIRP* 1992;41:711–8.
13. Rivin E.I. Vibration isolation of precision equipment. *Precision Engineering* 1995;17:41–56.
14. Rivin E.I. Vibration isolation of precision objects. *Journal of Sound and Vibration* 2006;40:12–20.
15. Subrahmanyari P.K., Trumper D.L. Synthesis of passive vibration isolation mounts for machine tools – a control systems paradigm. In: *Proc. American Control Conference, Chicago, IL. June. 2000.* p. 2886–91.
16. .Kasparaitis, A.; Kilikevičius, A.; Vėžys, J.; Prokopovič, V. Dynamic research of angle measurement comparator // *Journal of vibroengineering. Kaunas: Vibromechanika. ISSN 1392-8716. Vol. 16, iss. 5 (2014), p. 2287-2296.*
17. Kasparaitis, A.; Kilikevičius, A.; Barakauskas, A.; Mokšin, V. Experimental research of vibrations of angle measurement comparator // *Journal of vibroengineering. Kaunas: Vibromechanika. ISSN 1392-8716. Vol. 14, iss. 4 (2012), p. 1760-1765.*

DYNAMIC RESEARCH OF LIME PLUMBING EQUIPMENT

Summary

In modern devices, work processes are implemented in a dynamic mode. During the working process, external and internal sources of vibration are active. In this work, the object of the research is the newly developed worm gear unit operating in dynamic mode. The main objective of the study is to determine the dynamic characteristics of a limb washing machine.

Key words. Limb washing, dynamic process, vibrations, dynamic characteristics.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Antanas Fursenko.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Golsta“ komercijos direktorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Donatas Gurauskis.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros magistrantas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 673 64583, donatas.gurauskis@studvgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Vainorius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Kilikevičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

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: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Antanas Fursenko.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: JSC „Golsta“ commercial director.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Author name, surname: Donatas Gurauskis.

Science degree and name: master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department master student.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 673 64583, donatas.gurauskis@studvgtu.lt

Author name, surname: Darius Vainorius.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department assistant.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@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: 8 684 04169, jonas.matijosius@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: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

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: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

RASTRŲ FORMAVIMO ĮRENGINIO DINAMINIAI TYRIMAI

Antanas Fursenko, Kristina Kilikevičienė, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Moderniuose įrenginiuose darbiniai procesai atliekami dinamiu režimu. Formuojant rastrus dinamiu režimu įrenginio konstrukciją veikia išoriniai ir vidiniai virpesių šaltiniai. Šiame darbe tyrimo objektas yra rastrų formavimo įrenginys, dirbantis dinamiu režimu. Pagrindinis tyrimo tikslas yra nustatyti rastrų formavimo įrenginio juostos poslinkio matavimo sistemos mazgo charakteristikas.

Reikšminiai žodžiai: rastrų formavimas, tampriosios deformacijos, dinaminės charakteristikos.

Įvadas

Tikslaus ir greito brūkšinių ilgio matų padalų detektavimo problemos aktualumą ir sprendimo būtinybę pirmiausia sąlygoja sparčiai didėjantys precizinių skalių kalibravimo našumo poreikiai. Darbe pagrindinis dėmesys skirtas ištirti aplinkos ir rastrų formavimo įrenginio elementų poveikio įtaką rastrų formavimui ir kalibravimo tikslumui ir nustatyti, kokią paklaidų biudžeto dalį sudaro paklaida, atsirandanti dėl aplinkos ir rastrų formavimo įrenginio elementų poveikio [1], [2], [3].

Aukštųjų technologijų pažanga kelia vis aukštesnius rastrų matavimo tikslumo reikalavimus.

Vienas sudėtingų iššūkių, su kuriais susiduria mokslas ir aukštųjų technologijų pramonė, yra vis didėjantis poreikis įterpti susietąją metrologiją tiesiogiai į technologinius procesus, atliekant tikslus dinامينius matavimus žymiai sudėtingesnėje negu kalibravimo laboratorijų aplinkoje. Šį uždavinį įmanoma išspręsti tik gerai suprantant paklaidų fiziką, atlikus gilius ir išsamius tikslumo tyrimus, kuriais remiantis galima pagrįsti rastrų formavimo sistemų tobulinimo kryptis ir sudaryti bandymo metodologijas [4], [5], [6].

Tikslumo tyrimuose padaryta didelė pažanga, tačiau precizinės rastrų formavimo sistemos dažnai yra per daug sudėtingos ir skirtingos, todėl sunku ar beveik neįmanoma perkelti ir pritaikyti joms šių tyrimų pasiekimus tiesiogiai, tokių sistemų kūrimas ir tobulinimas turi remtis tyrimais specifinėje darbo aplinkoje. Kalibravimo neapibrėžties sandara yra individuali precizinės rastrų formavimo sistemos charakteristika, nustatoma atlikus išsamų jos sandų tyrimą konkrečiose matavimo sąlygose.

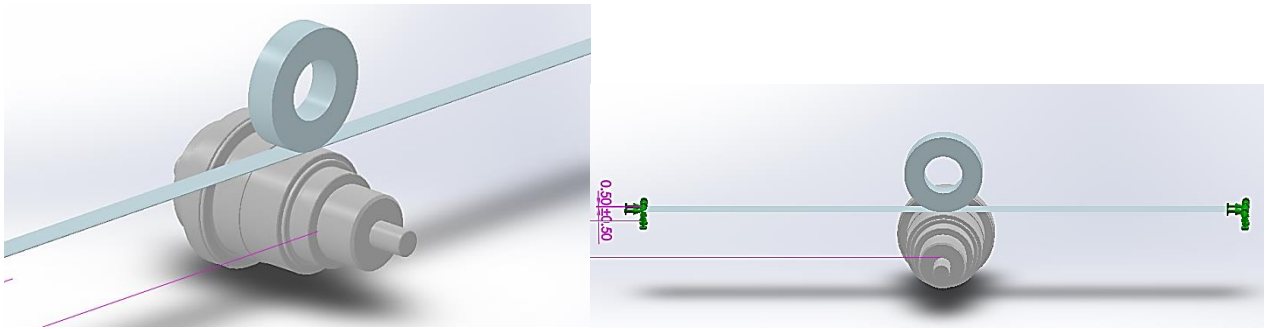
Vienas pagrindinių tokių sistemų projektavimo kriterijų yra paklaidų biudžetas (sandara), kuris apsprendžia, kokie dydžio paklaidos (ar neapibrėžtys) gali būti toleruojamos kiekvienoje sistemos kūrimo, gamybos ar eksploatavimo stadijoje. Paklaidas siekiama ne minimizuoti, o padaryti jas valdomomis ir kontroliuoti jų poveikį – t. y. ištirti dominuojančias paklaidas, jų valdymo (kompensavimo) galimybes, o taip pat įvertinti šių paklaidų įtaką kalibravimo paklaidų (neapibrėžties) biudžetui [7], [8], [9].

Darbe sprendžiamas uždavinys yra virpesių įtakos rastrų formavimui ir šio įrenginio kalibravimo tikslumui nustatymas. Uždavinys suformuluotas, nes atlikus literatūros apžvalgą nustatyta, kad kalibravimo sistemų dinaminiais tyrimams buvo skirta mažai dėmesio [10]. Antrasis siejasi su pirmojo uždavinio spendimu, nes kai matuojami dydžiai yra mikrometrų eilės, labai svarbu įvertinti virpesių matavimo priemonių patikimumą.

Tyrimo objektas

Šiame darbe nagrinėjamas rastrų formavimo įrenginys. Šio įrenginio komponentės: Lazerinė sistema – lazeris, skeneris. Lazeris bus montuojamas toliau nuo darbinės zonos ir jo temperatūros poveikis gali būti eliminuojamas jį izoliuojant ir nupučiant sušildytą orą. Skenero šiluma gali daryti poveikį per orą ir kontaktinių būdu per tvirtinimo mazgus; pavaros – varikliai, reduktoriai. Šilumos poveikis gali būti perduotas per orą ir kontaktinių būdu per tvirtinimo mazgus; Suformuoto raistro paklaidos monitoringo sistemos mikroskopai – CCD matricos. Šių sistemų CCD kamerų šiluminis poveikis bus perduodamas per orą ir mikroskopo korpusą kontaktiniu būdu. Šių tyrimų galima neatlikti, o panaudoti ankstesnių tyrimų rezultatai, nes mikroskopai yra identiški; kampo matavimo sistemos keitiklis. Turi būti nustatyti tiek vidinių šilumos šaltinių tiek ir korpusuoto keitiklio temperatūriniai gradientai. Jų šiluminis poveikis bus perduodamas per orą, korpuso tvirtinimo flanšą, veleną kontaktiniu būdu; Juostos kreipimo aerostatinės atramos. Aerostatinėse atramose plėsdamasis suspaustas oras šąla. Šio reiškinio poveikis dvejopas. Iš vienos pusės, šaltas oras išbalansuoja norminę temperatūra terkonstantinėje patalpoje, iš antros – jis kompensuoja lazerio spindulio šildantį poveikį plieno juostai; Skaičiavimo – valdymo kompleksas. Yra didelio galingumo temperatūrinis trikdys, galintis esminiai iškreipti temperatūrinį režimą patalpos erdvėje

Vienu svarbiausių įrenginio junginių yra juostos poslinkio matavimo sistema (1 pav.), kurią sudaro: precizinis juostos poslinkio matavimo velenas, juostos prispaudimo velenas ir juosta. Juostos linijinio poslinkio transformavimo į matavimo limbo sukimąsi mechanizmo suminės paklaidų priežastimis yra geometrinės ir kinematinės komponentų paklaidos.



1 pav. Juostos poslinkio matavimo sistemos 3D vaizdai pjūviuose.

Juostos tempimo tolygumas yra svarbus parametras visam sistemos darbui, lazerio spindulio aktyvavimo valdymui ir įtakoja formuojamo rastrinio elemento padėties paklaidas. Yra svarbu nustatyti ne tik tokių svyravimų amplitudę, bet ir dažnį. Kadangi juostai slenkant kampo keitikliu dėl labai aukštos skyros formuojamas didžiulis impulsų kiekis, dėl ribotos elektrinių elementų greitaveikos, gali būti prarasta informacija. Tai būtų esminiai svarbi rastrinių elementų padėties paklaidų priežastimi.

Papildomai rastro paklaidą įtakančiu parametru yra juostos įtempio pastovumas, kuris dėl juostos tampriųjų deformacijų pagal Huko dėsnį yra tiesiogiai susijęs su rastro elementų padėties paklaidomis.

Juostos įtempio kitimas ir jos deformacijos yra susijusios su juostos poslinkio greičio kitimu.

2. Plieninės juostos skaičiavimo uždavinio matematinis modelis

Bendroju atveju nagrinėjamas erdvinis uždavinys. Deformuojamo kūno pusiausvyros ir geometrinės lygtys bei kraštinės statikos ir kinematikos sąlygos:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \nabla \sigma + g = 0 \quad (arba - \nabla \sigma = g) & \in V, \text{ Pusiausvyros lygtys,} \\ \varepsilon = \nabla^T u & \in V, \text{ Geometrinės lygtys,} \\ \varepsilon = D \sigma & \in V, \text{ Fizikinės lygtys,} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} N \sigma = q & \in S_f, \\ N \sigma = r & \in S_u, \\ u = 0 & \in S_u. \end{array} \right.$$

Šioje lygčių sistemoje yra žinomos paviršinės $q = q(x)$ ir tūrinės $g = g(x)$ jėgos bei kraštinės statikos $N \sigma = q \in S_f$, $N \sigma = r \in S_u$ ir kinematikos $u = 0 \in S_u$ sąlygos. Tuo tarpu nežinomos čia yra penkiolika funkcijų: 6 įtempių $\sigma = [\sigma_{11} \sigma_{22} \sigma_{33} \sigma_{12} \sigma_{13} \sigma_{23}]^T$ funkcijos, 6 deformacijų $\varepsilon = [\varepsilon_{11} \varepsilon_{22} \varepsilon_{33} \varepsilon_{12} \varepsilon_{13} \varepsilon_{23}]^T$ funkcijos ir 3 poslinkių $u = [u_1 u_2 u_3]^T$ funkcijos.

Pusiausvyros lygtys. Diferencialinės pusiausvyros lygtys užrašomos taip: (šitos lygtys turėtų būti tiesinės, nors jeigu paisyti konstrukcijos deformavimosi įtaką poveikiams, pvz. apkrovoms, vėl gausime netiesinę formulotę)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial x_3} + g_1 = 0, \\ \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{23}}{\partial x_3} + g_2 = 0, \text{ tūryje } V. \\ \frac{\partial \sigma_{31}}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_{32}}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_{33}}{\partial x_3} + g_3 = 0, \end{array} \right. \quad (2)$$

čia g tūrinė apkrova.

Priklausomybes (2) galima užrašyti ir operatoriaus matricos forma:

$$\nabla \sigma + g = 0, \text{ tūryje } V. \quad (3)$$

čia Hamiltono operatorius ∇ (nabla).

Lygtys (3) išreiškia priklausomybę tarp šešių įtempiu funkcijų $\sigma_{11} \sigma_{12} \sigma_{13} \sigma_{23} \sigma_{21} \sigma_{31}$ ir išorinės tūrinės jėgos $g = [g_1 g_2 g_3]^T$. Pagal tamprumo teorijos uždavinio formulotą dydžiai, apibūdinantys išorines jėgas, kūno matmenis, formą ir tamprumo savybes, turi įeiti į funkcijas $\sigma_{11}(x_1, x_2, x_3)$, $\sigma_{22}(x_1, x_2, x_3)$, ..., $\sigma_{23}(x_1, x_2, x_3)$ kaip kintamieji parametrai.

Geometrinės lygtys. Geometrinės lygtys $\varepsilon = \nabla^T u$ (pagal Koši) šešias deformacijų funkcijas $\varepsilon = [\varepsilon_{11} \varepsilon_{22} \varepsilon_{33} \varepsilon_{12} \varepsilon_{13} \varepsilon_{23}]^T$ išreiškia trimis poslinkio komponentais $u = [u_1 u_2 u_3]^T$. Kad iš šešių lygčių būtų galima išreikšti tris poslinkių funkcijas u_1, u_2, u_3 , šešias deformacijų funkcijas turi sieti papildomos priklausomybės.

Geometrinės deformacijų darnos lygtys gaunamos, eliminavus iš geometrinių lygčių poslinkių funkcijas u_1, u_2, u_3 . Tai atliekama dvejopai.

Kontinumo mechanika remiasi deformavimo ir poslinkių tolydumo prielaida. Matematiškai ši prielaida išreiškiama deformacijos ir poslinkių darnos lygtimis: Gali būti nelineinės lygtys, pavyzdžiui Greeno-Lagrango deformacijų atveju, gaunamas geometrinis netiesiškumas

$$\begin{cases} \varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, & \varepsilon_{12} = \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1}, \\ \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, & \varepsilon_{13} = \frac{\partial u_1}{\partial x_3} + \frac{\partial u_3}{\partial x_1}, \\ \varepsilon_{33} = \frac{\partial u_3}{\partial x_3}, & \varepsilon_{23} = \frac{\partial u_2}{\partial x_3} + \frac{\partial u_3}{\partial x_2}, \end{cases} \text{ tūryje V.} \quad (4)$$

Kūno geometrinės lygtys (4) dar vadinamos jas išvedusio Koši vardu. Operatoriaus matricos forma Koši geometrinės lygtis perrašomos:

$$\varepsilon = \nabla^T u \quad \text{tūryje V.} \quad (5)$$

Pirmoji lygčių grupė, gaunama diferencijuojant (4) lygtis, pirmoji sistemos lygtis diferencijuojama pagal x_2 , antroji pagal x_1 :

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_{11}}{\partial x_2^2} = \frac{\partial^3 u_1}{\partial x_1 \partial x_2^2}, \quad \frac{\partial^2 \varepsilon_{22}}{\partial x_1^2} = \frac{\partial^3 u_2}{\partial x_1^2 \partial x_2}. \quad (6)$$

Taip gaunama pirmoji deformacijų darnos lygčių grupė: jeigu (4) netiesinės tuomet ir šios lygtys netiesinės

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varepsilon_{11}}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_{22}}{\partial x_1^2} - \frac{\partial^2 \varepsilon_{12}}{\partial x_1 \partial x_2} = 0, \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_{11}}{\partial x_3^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_{33}}{\partial x_1^2} - \frac{\partial^2 \varepsilon_{13}}{\partial x_1 \partial x_3} = 0, \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_{22}}{\partial x_3^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_{33}}{\partial x_2^2} - \frac{\partial^2 \varepsilon_{23}}{\partial x_2 \partial x_3} = 0, \end{cases} \text{ tūryje V.} \quad (7)$$

Antroji lygčių grupė, gaunama diferencijuojant (4) lygtis kita tvarka, pirmoji sistemos lygtis diferencijuojama pagal x_3 , antroji pagal x_2 , o trečioji pagal x_1 . Taip gaunama antroji deformacijų darnos lygčių grupė: jeigu (4) netiesinės tuomet ir šios lygtys netiesinės

$$\begin{cases} -2 \frac{\partial^2 \varepsilon_{11}}{\partial x_2 \partial x_3} + \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\frac{\partial \varepsilon_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial \varepsilon_{13}}{\partial x_2} - \frac{\partial \varepsilon_{23}}{\partial x_1} \right) = 0, \\ -2 \frac{\partial^2 \varepsilon_{22}}{\partial x_1 \partial x_3} + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\frac{\partial \varepsilon_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial \varepsilon_{23}}{\partial x_1} - \frac{\partial \varepsilon_{13}}{\partial x_2} \right) = 0, \\ -2 \frac{\partial^2 \varepsilon_{33}}{\partial x_1 \partial x_2} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\frac{\partial \varepsilon_{13}}{\partial x_2} + \frac{\partial \varepsilon_{23}}{\partial x_1} - \frac{\partial \varepsilon_{12}}{\partial x_3} \right) = 0, \end{cases} \text{ tūryje V.} \quad (8)$$

Fizikinės lygtys. Gali būti nelineinės deformacijų atžvilgiu. Tai vadinama fizikišku netiesiškumu Atvirkštinis Huko dėsnis gaunamas, išreiškus įtempius deformacijomis:

$$\begin{cases} \sigma_{11} = 2G \left(\varepsilon_{11} + \frac{\nu \vartheta}{1-2\nu} \right), & \sigma_{12} = G \varepsilon_{12}, \\ \sigma_{22} = 2G \left(\varepsilon_{22} + \frac{\nu \vartheta}{1-2\nu} \right), & \sigma_{13} = G \varepsilon_{13}, \\ \sigma_{33} = 2G \left(\varepsilon_{33} + \frac{\nu \vartheta}{1-2\nu} \right), & \sigma_{23} = G \varepsilon_{23}, \end{cases} \text{ tūryje V.} \quad (9)$$

čia $\vartheta = \varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}$, t.y. ϑ yra pirmasis deformacijų tenzorius ε invariantas J_1 .

Matricine forma:

$$\varepsilon = D \sigma. \quad (10)$$

čia įtempių vektorius $\sigma = [\sigma_{11} \ \sigma_{22} \ \sigma_{33} \ \sigma_{12} \ \sigma_{13} \ \sigma_{23}]^T$, deformacijų vektorius $\varepsilon = [\varepsilon_{11} \ \varepsilon_{22} \ \varepsilon_{33} \ \varepsilon_{12} \ \varepsilon_{13} \ \varepsilon_{23}]^T$, D – elemento dV pasiduodamumo matrica.

3. Plieninės juostos modeliavimas programa COMSOL Multiphysics

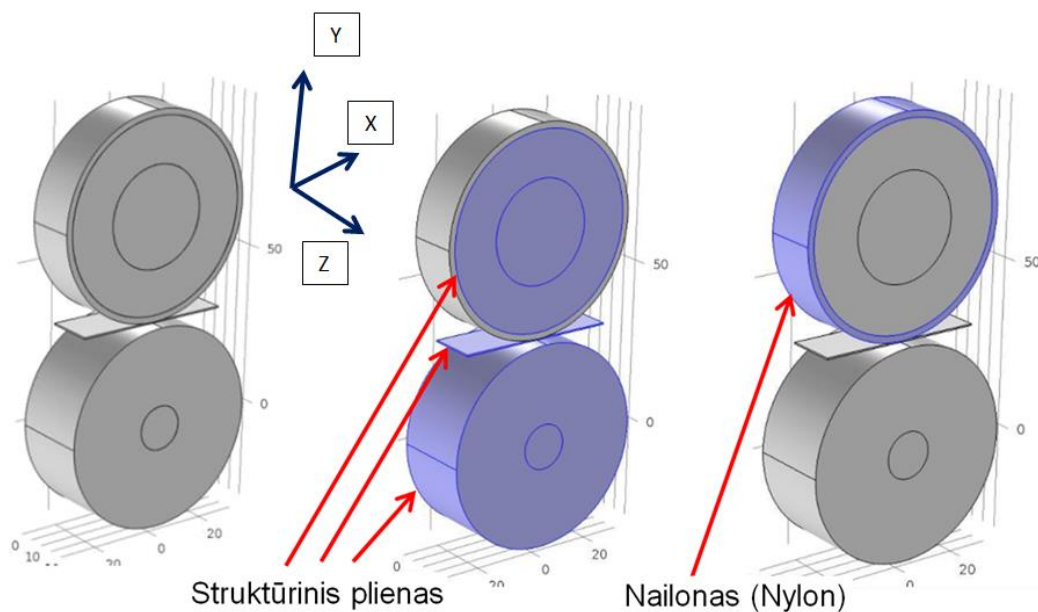
COMSOL Multiphysics yra labai efektyvi baigtinių elementų analizės programa mechaninių ir kitų įvairių tipų sistemų, bei elementų modeliavimui. Sprendžiant uždavinį ji naudoja naujausias uždavinio apdorojimo technologijas su labai patogiu modelio redaktoriumi (preprocesoriumi) ir nemažai galimybių turinčiu postprocesoriumi, uždavinio rezultatams analizuoti ir nagrinėti. Konkrečiose vietose neuždavus tam tikrų tinklėlio žingsnio reikšmių, tinklėlis generuojamas automatiškai, tačiau atskiruose modelio linijų

susikirtimo taškuose, labai lengva jį keisti, nustatant mažesnes reikšmes ar atitinkamai didesnes (priklausomai nuo to, kokio tikslumo reikalaujama toje vietoje). Postprocesorius leidžia nagrinėti rezultatus daugelyje grafinių formų: vektoriniai grafikai, laukų linijos, spalviniai grafikai, laukų nagrinėjimas pagal savarankiškai pasirinktus kontūrus. Taip pat įmanoma įrašyti savo formules, kurių pagalba lengvai apskaičiuojami įvairūs parametrai, pasirinktose modelio srityse.

COMSOL Multiphysics sprendžia pačius įvairiausius uždavinius, kuriuos galima aprašyti diferencialinėmis lygtimis. Vienas jų, aktualus šiame darbe – mechaninės sistemos modeliavimui.

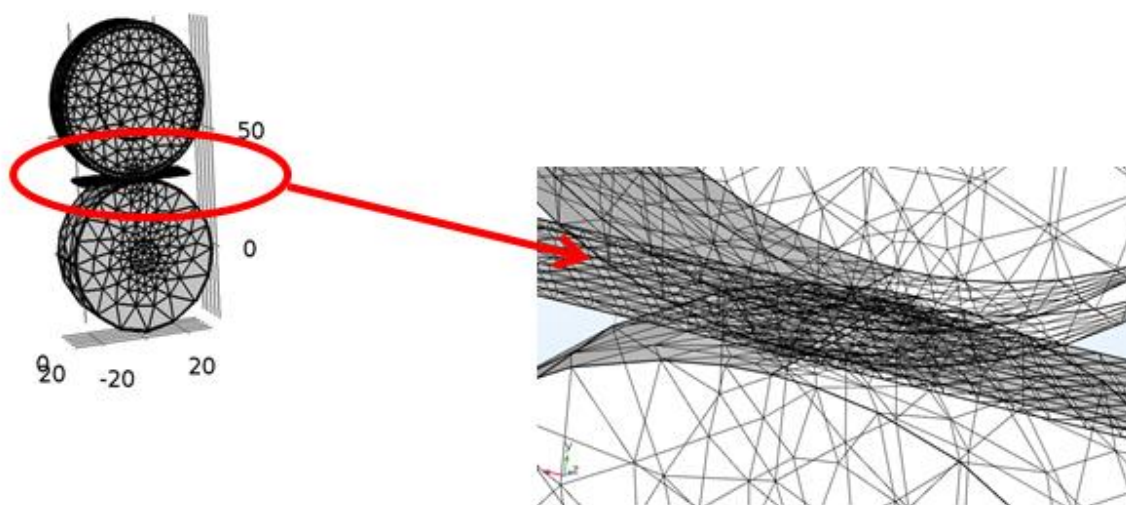
Su galingu postprocesoriumi COMSOL Multiphysics programa pateikia modelio parametrų grafikus įvairiausiomis formomis – paviršiniais grafikai, pjūvio formos brėžiniais, kontūro brėžiniais, animaciniai grafikai ir t.t.

Plieninės juostos modeliavimas. Sudaroma uždavinio aprašymo byla plieninės juostos junginio mechaninėms savybėms skaičiuoti. Programos sugeneruotas baigtinių elementų tinklelis pateiktas 2 pav. 3 pav. yra pateiktas sudarytas baigtinių elementų tetraedrinis tinklelis.



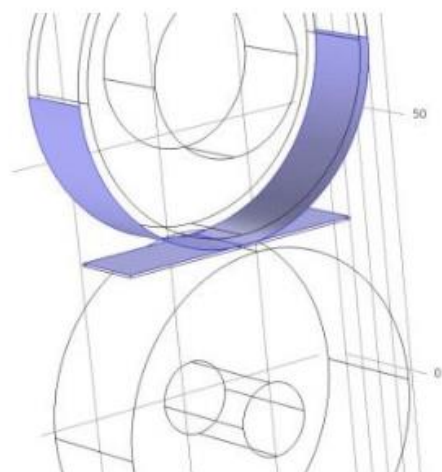
2 pav. Comsol modeliuojamas plieninės juostos junginys

Sudarius baigtinių elementų tinklėlį geometriniam modeliui, sekančiame žingsnyje yra modeliuojamas uždavinio sprendimas. Norint sumodeliuoti uždavinio sprendimą plieninės juostos junginiui yra priskiriamas lygčių sistemos tipas ir sprendimo metodas. Sprendimo tipas yra parenkamas stacionarus (Stationary), kuris yra naudojamas pastovios būsenos situacijoms. Sprendžiamas kontakto uždavinys (Solid Mechanics aplinkoje). Kontaktnės poros pateiktos 4 pav. Sprendimo metodas yra parenkamas iteracinis. Priskyrus lygčių sistemos sprendimo tipą ir sprendimo metodą yra sprendžiamas uždavinys.

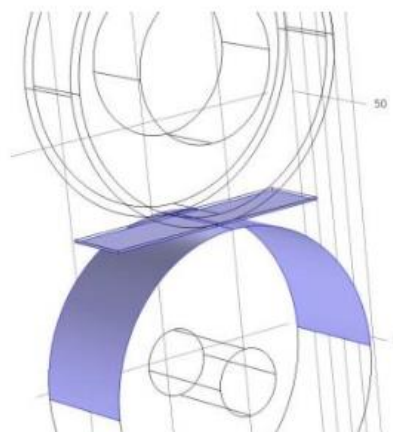


3 pav. Plieninės juostos junginio sudarytas baigtinių elementų tinklelis

Pirma kontaktinė pora:

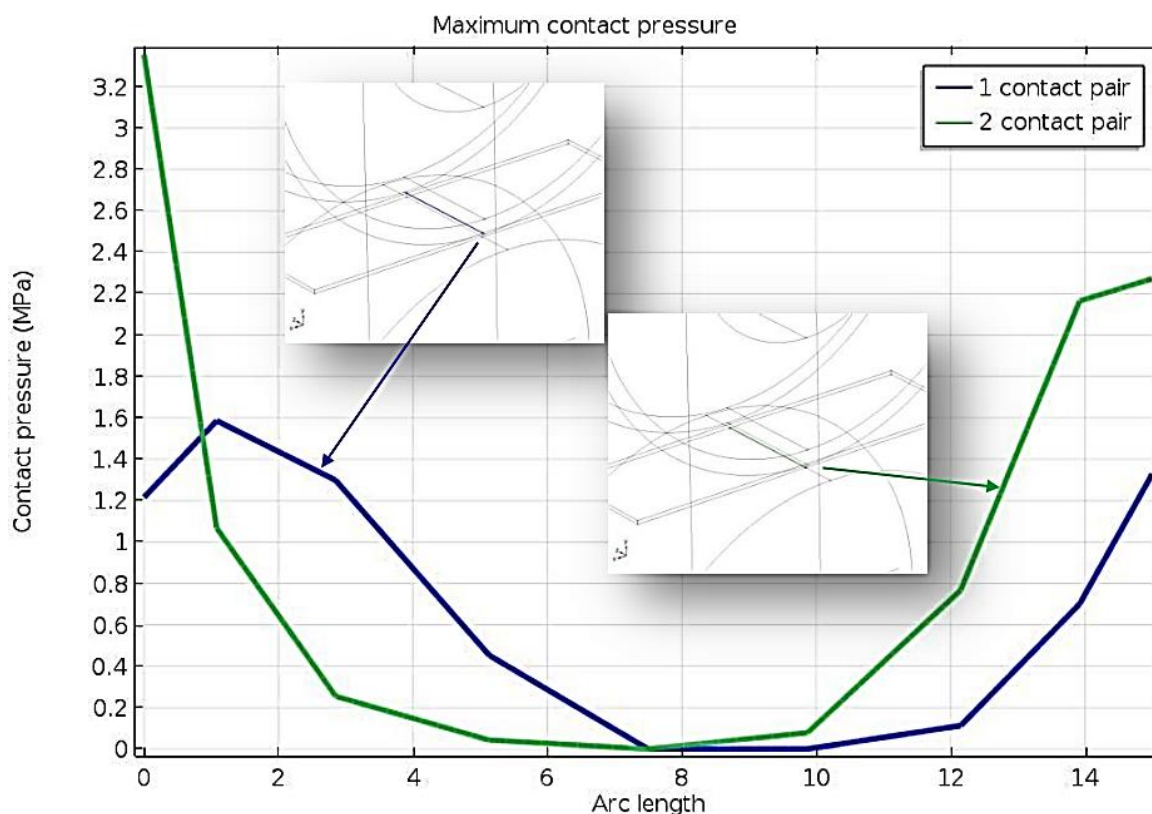


Antra kontaktinė pora:

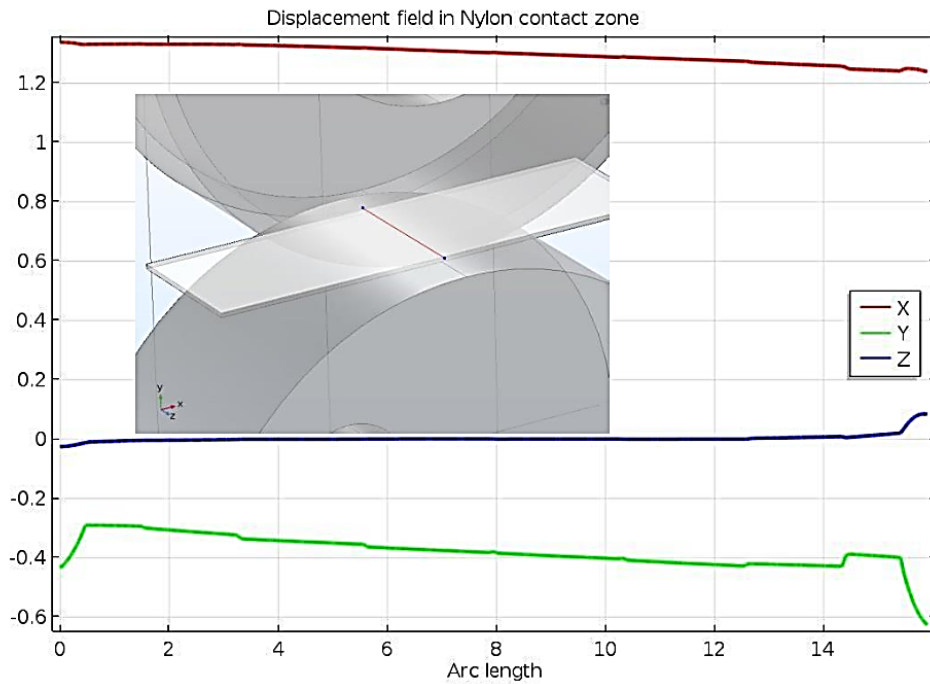


4 pav. Plieninės juostos junginio kontaktinės poros

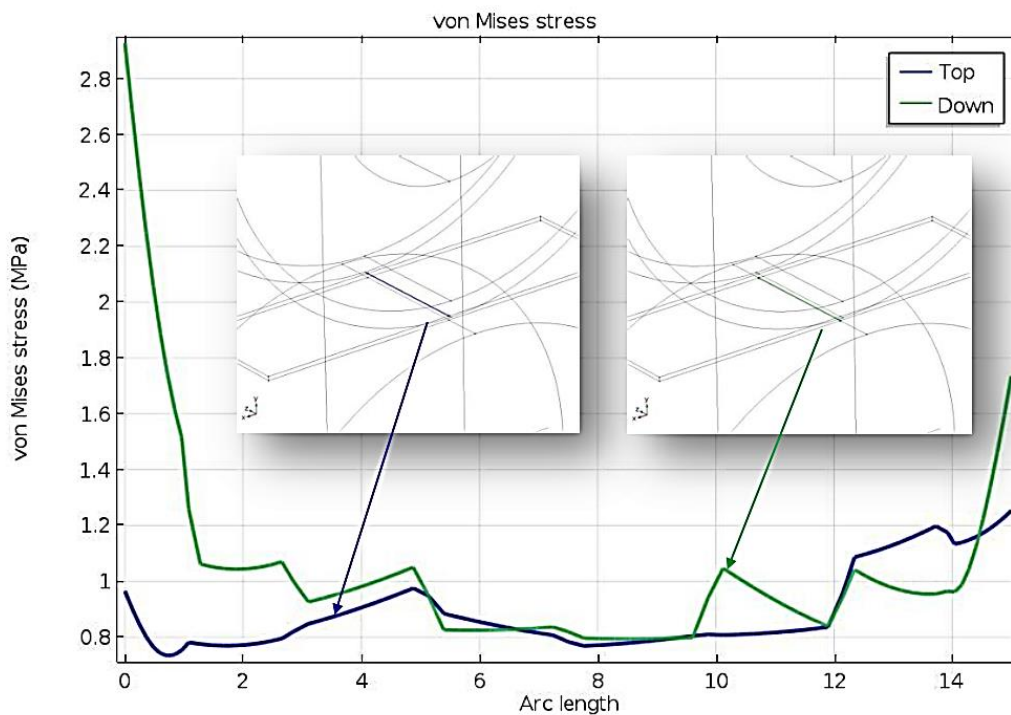
Gauti uždavinių rezultatai yra pateikti 8-12 paveiksluose. 8 pav. pateiktas plieninės juostos junginio kontaktinių porų slėgio pasiskirstymas. 9 pav. pateikti pirmos ir antros kontaktinių porų slėgio pasiskirstymai pagal kontaktų linijas. 10 pav. pateikti pirmos ir antros kontaktinių porų poslinkio pasiskirstymai pagal kontaktų linijos X, Y ir Z ašis. 11 pav. pateiktas nailono kontaktinės zonos poslinkio pasiskirstymas XYZ koordinatėmis. 11 pav. pateikti pirmos ir antros kontaktinių porų poros von Mises įtempimų pasiskirstymai 1 ir 2 kontaktų zonoje. 12 pav. pateiktas Von Mises įtempimų pasiskirstymas kontaktų zonoje.



5 pav. Pirmos ir antros kontaktinių porų slėgio pasiskirstymai pagal kontaktų linijas



6 pav. Nailono kontaktinės zonos poslinkio pasiskirstymas XYZ koordinatėmis



7 pav. Pirmos ir antros kontaktinės poros von Mises įtempimų pasiskirstymai 1 ir 2 kontaktų zonoje

Iš rezultatų analizės matosi nevienodas kontaktinės poros slėgio pasiskirstymas (5 pav.). Ta pati galima pasakyti ir apie įtempimus kontaktų zonoje (7 pav.), tai matosi iš polimero struktūros deformacijos (6 pav.), ypač Y krypties (apkrovos vektorių kryptis).

Išvados

Darbe išnagrinėtos precizinės rastrų formavimo sistemos vienos pagrindinės dalies (juostos poslinkio matavimo mazgo) analitinio modeliavimo galimybės.

Darbe buvo atliktas tiesinis plieninės juostos mechaninis modelis, kurį veikia apkrovos. Darbe aprašytos lygtys, kurios nusako plieninės juostos modelio deformavimą veikiant apkrovoms su nustatytais kraštinėmis sąlygomis. Atliktas plieninės juostos modeliavimas programa COMSOL Multiphysics.

Literatūra

1. Kasparaitis, A., Kilikevičius, A., Barakauskas, A., Mokšin, V. 2012. Experimental research of vibrations of angle measurement comparator. *Journal of Vibroengineering* 14(4): 1760–1765. ISSN 1392–8716.
2. Kasparaitis, A.; Vekteris, V.; Kilikevičius, A. 2007. Investigation of vibrations acting on mechatronic comparator, *Ultragarsas* 1(62): 38–41. ISSN 1392–2114.
3. Kilikevičius, A., Petraška, A., Juraitis, S., 2010. Measurement errors of Comparator on Carriage vibrations, *Journal of Vibroengineering* 11(1): 347–354. ISSN 1392–8716.
4. Kilikevičius, A.; Prokopovič, V.; Makarskas, V. 2014. Kampo matavimo komparatoriaus dinaminų charakteristikų tyrimai, *Mokslas – Lietuva ateitis*: 1-4.
5. Kilikevičius, A.; Vekteris, V. 2006. Diagnostic testing of the comparator carriage vibrations, *Ultragarsas* 2(59): 26–30. ISSN 1392–2114.
6. Kilikevičius, A.; Vekteris, V.; Slivinskas, K.; Kasparaitis, A. 2009. Investigation of dynamics of the mechatronical comparator, *Ultragarsas* 2(64): 17–23. ISSN 1392–2114.
7. Kasparaitis, A.; Kilikevičius, A.; Vėžys, J.; Prokopovič, V. Dynamic research of angle measurement comparator // *Journal of vibroengineering*. Kaunas: Vibromechanika. ISSN 1392-8716. Vol. 16, iss. 5 (2014), p. 2287-2296.
8. Rivin E.I. Vibration isolation of precision equipment. *Precision Engineering* 1995;17:41–56.
9. Rivin E.I. Vibration isolation of precision objects. *Journal of Sound and Vibration* 2006;40:12–20.
10. Erkaya S., Uzmay I. Experimental investigation of joint clearance effects on the dynamics of a slider–crank mechanism. *Multibody System Dynamics* 2010;24:81–102.

DYNAMIC RESEARCH OF THE RASTERS FORMATION DEVICE

Summary

In modern devices, work processes are performed in a dynamic mode. In the dynamic mode, the external and internal vibrational sources are used to form the device in the design of the device. In this work, the object of the research is a raster-forming device operating in a dynamic mode. The main objective of the study is to determine the characteristics of the ridge forming device band displacement measuring system unit.

Key words: Raster formation, elastic deformation, dynamic characteristics.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Antanas Fursenko.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Golsta“ komercijos direktorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Vainorius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Kilikevičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Antanas Fursenko.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: JSC „Golsta“ commercial director.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Author name, surname: Darius Vainorius.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department assistant.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@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: 8 684 04169, jonas.matijosius@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: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

KALIBRAVIMO SISTEMOS DINAMINIAI TYRIMAI

Antanas Fursenko, Kristina Kilikevičienė, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Jurijus Zaranka

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Moderniuose įrenginiuose kalibravimas yra realizuojamas dinaminio režimu, kai matuojamo objekto rastrinių elementų padėtis detektuojama judant paslankiems matavimo įrenginio junginiams. Šio proceso metu veikia išoriniai ir vidiniai virpesių šaltiniai. Šiame darbe tyrimo objektas yra naujai sukurtas kampo matavimo komparatorius, dirbantis dinaminio režimu. Pagrindinis tyrimo tikslas yra nustatyti kampo komparatoriaus dinamines charakteristikas bei palyginti eksperimentinius ir teorinius skaičiavimus.

Reikšminiai žodžiai. kampo komparatorius, modalinė analizė, virpesiai, tampriosios deformacijos, dinaminės charakteristikos.

Įvadas

Kampo komparatoriai yra projektuojami atlikti labai tikslūs matavimus [1-6]. Dėl griežto tikslumo kampo komparatoriai privalo būti tinkamai izoliuoti nuo grindų vibracijos [2-11]. Pasyvūs izoliatoriai slopinantys virpesius yra patikimi, nenaudoja energijos ir yra ekonomiškai veiksmingi [12-14]. Pagrindinė problema, kurią sukuria minkštos tvirtinimo atramos su pasyviais izoliatoriais yra ta, kad jos sukuria nepageidaujamas liekamas vibracijas. Dažniausiai, liekamosios vibracijos pasireiškia izoliuotos įrangos žemo dažnio svyravimais dėl vidinio ir išorinio sužadinimo, iš kurių labiausiai pasireiškiantis sužadinimas yra sukeltas judančių įrenginio dalių [12,13,15]. Liekamosios vibracijos turi būti sumažintos, kadangi jos mažina galutinį kampo komparatoriaus tikslumą.

Šiame straipsnyje pateikiamos dinaminio modeliavimo ir dinaminių charakteristikų įvertinimo metodologijos skirtos preciziniams kampo matavimo mechanizmams. Atliekami eksperimentai su tikslu patikrinti dinaminį modelį ir lanksto tipo mechanizmo charakteristikas. Atliekamas daugiakūnių mechanizmų, įskaitant šarnyrines jungtis su laisvumu (tarpeliu), dinaminių charakteristikų tyrimas panaudojant skaičiuojamuosius metodus.

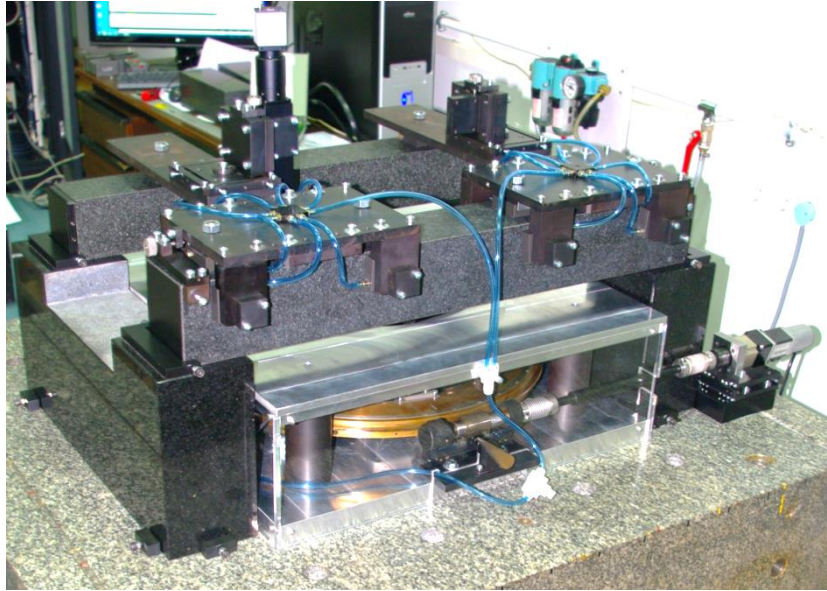
Mechanizmuose tarpeliai (laisvumai) yra neišvengiami dėl surinkimo, paklaidų gamybos metu ir nusidėvėjimo. Be to, tarpeliai atsiranda kiekvienoje šarnyrinėje jungtyje judant mechanizmui. Realus mechanizmo judėjimas skiriasi nuo idealaus (teorinio) mechanizmo, o judesio tikslumas yra mažesnis dėl šarnyrinių jungčių laisvumo. Dėl laisvumo šarnyrinėse jungtyse atsiranda smūginės dinaminės apkrovos, paveikiamas apkrovos perdavimas sistemoje ir dėl laisvumo mechanizmas gali būti sugadintas. Šis laisvumas daro įtakos sistemos reagavimo laikui ir dėl jo yra pateisinamas atsiradęs skirtumas tarp teorinio ir realaus modelių matavimų ir judėjimų [1-11].

Pagrindinis tyrimo tikslas yra nustatyti kampo komparatoriaus dinamines charakteristikas bei palyginti eksperimentinius ir teorinius skaičiavimus

1. Tyrimasis objektas

Tyrimo objektas yra UAB „Precizika Metrology“ sukurtas kampo komparatorius (1 pav.) [16, 17], kurio pagrindindas yra masyvi, atspari vibracijai smulkiagrūdžio granito bazė. Į ją sumontuota pavyzdinio kampo sistema (precizinis aerostatinis suklys, pavaros ir posūkio matavimo sistema). Ant suklio sumontuotas kalibruojamojo limbo bazavimui skirtas lygiavimo ir centravimo staliukas. Ant bazės per standžias granito atramas pritvirtintos standžios granito tiesaus judesio kreipiamosios, kurio atžvilgiu aerostatiniais atraminiais guoliais programiškai valdoma pavara perslenkama ir užduotoje padėtyje fiksuojama kariatėlė. Ant pastarosios sumontuotas limbo brūkšnių padėties detektavimo įrenginys.

Kalibravimo procesas valdomas, kalibravimo rezultatai kaupiami, apdorojami ir pateikiami automatiškai į skaičiavimo – valdymo kompleksą įeinančiais kompiuteriu, valdikliais ir kita įranga, aprūpinta jų veikimą palaikančia programine matematine įranga.



1 pav. Kampo komparatoriaus bendras vaizdas

2. Kampo komparatoriaus kariatėlės modeliavimas ir eksperimentas

Kampo matavimo komparatoriaus kariatėlės modalinė analizė buvo atlikta „SolidWorks“ aplinkoje. Medžiagos įtakos kariatėlės tampriesiems virpesiams iliustracijai, analizė buvo atlikta plienui 45 ir nerūdijančiam plienui AISI 304. Dviejų medžiagų kariatėlių susižadinančių virpesių pavojingų dažnių deformacijų palyginimas pateiktas 1 lentelėje.

Kampo komparatoriaus modelis. Bet kokio elastingo kūno dinaminį poveikį apibrėžtos pagal dinaminę pusiausvyros lygtį [13]:

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [C]\{\dot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = \{F\}, \quad (1)$$

čia $[M]$, $[C]$, $[K]$ masės, slopinimo ir standumo matricos; $\{F\}$ yra išorinės jėgos vektorius; $\{\ddot{\delta}\} = \left\{ \frac{d^2\delta}{dt^2} \right\}$,

$\{\dot{\delta}\} = \left\{ \frac{d\delta}{dt} \right\}$, $\{\delta\}$ yra pagreičio, greičio ir poslinkio vektoriai.

Erdvinė elastingos struktūros masės matricos formą:

$$[M] = \int [N]^T \rho [N] dV, \quad (2)$$

čia ρ yra tankis, V baigtinio elemento tūris:

$$[N] = \begin{bmatrix} N_1 & 0 & 0 & N_2 & 0 & 0 & \dots & N_n & 0 & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & 0 & N_2 & 0 & \dots & 0 & N_n & 0 \\ 0 & 0 & N_1 & 0 & 0 & N_2 & \dots & 0 & 0 & N_n \end{bmatrix}, \quad (3)$$

čia $N_1, N_2, \dots, N_n$ yra baigtinių elementų funkcijų Lagrange forma ($N_i = 1$ mazgo i ir $N_i = 0$ kitų mazgų baigtinių elementų) ir n yra baigtinių elementų mazgų skaičius.

Standumo matricos formą:

$$[K] = \int [B]^T [D] [B] dV, \quad (4)$$

čia

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial x} & 0 & 0 & \dots & \frac{\partial N_n}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_1}{\partial y} & 0 & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial y} & 0 & \dots & 0 & \frac{\partial N_n}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial N_1}{\partial z} & 0 & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial z} & \dots & 0 & 0 & \frac{\partial N_n}{\partial z} \\ \frac{\partial N_1}{\partial y} & \frac{\partial N_1}{\partial x} & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial y} & \frac{\partial N_2}{\partial x} & 0 & \dots & \frac{\partial N_n}{\partial y} & \frac{\partial N_n}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_1}{\partial z} & \frac{\partial N_1}{\partial y} & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial z} & \frac{\partial N_2}{\partial y} & \dots & 0 & \frac{\partial N_n}{\partial z} & \frac{\partial N_n}{\partial y} \\ \frac{\partial N_1}{\partial z} & 0 & \frac{\partial N_1}{\partial x} & \frac{\partial N_2}{\partial z} & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial x} & \dots & \frac{\partial N_n}{\partial z} & 0 & \frac{\partial N_n}{\partial x} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

čia x, y, z koordinačių ašis ir:

$$[D] = \begin{bmatrix} K + \frac{4}{3}G & K - \frac{2}{3}G & K - \frac{2}{3}G & 0 & 0 & 0 \\ K - \frac{2}{3}G & K + \frac{4}{3}G & K - \frac{2}{3}G & 0 & 0 & 0 \\ K - \frac{2}{3}G & K - \frac{2}{3}G & K + \frac{4}{3}G & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & G & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & G \end{bmatrix}, \quad (6)$$

čia $K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$, $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$, čia E yra medžiagos tamprumo modulis ir ν medžiagos Puasono koeficientas.

Slopinimo matricos formą:

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K], \quad (7)$$

čia α išorinio slopinimo koeficientas ir β vidinio slopinimo koeficientas.

Kai nėra išorinio žadinimo ir jokio slopinimas, lygtis supaprastinama:

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = \{0\}. \quad (8)$$

Periodiniai sprendiniai šios lygties turi formą:

$$\{\delta\} = \{\delta_0\} \cos \omega t. \quad (9)$$

Išdiferencijuojant pusiausvyros lygtį gauname:

$$([K] - \omega^2[M])\{\delta_0\} = \{0\}. \quad (10)$$

Sprendžiant savų reikšmių problemą savųjų dažnių ω_i ir savosios formos $\{\delta_i\}$ gaunamos, čia $i=1, 2, \dots, n$ ir n yra struktūros laisvės laipsnių skaičius. Kad savieji vektoriai yra saugomi matricioje:

$$[\Delta] = [\{\delta_1\} \quad \{\delta_2\} \quad \dots \quad \{\delta_n\}]. \quad (11)$$

Savųjų dažnių skalė yra parinkta taip, kad būtų tenkinama sąlyga:

$$\{\delta_i\}^T [M] \{\delta_i\} = 1. \quad (12)$$

Ortogonalumas sąlygos išreiškiamas:

$$[\Delta]^T [M] [\Delta] = [I], \quad (13)$$

čia $[I]$ identiškumo matrica:

$$[\Delta]^T [K] [\Delta] = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \omega_2^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \omega_n^2 \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Judesys yra išreiškiamas linijine savųjų dažnių kombinacija:

$$\{\delta\} = [\Delta] \{z\} = [\Delta] \begin{Bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{Bmatrix}, \quad (15)$$

čia $\{z\}$ savųjų dažnių koeficientų $z_1, z_2, \dots, z_n$ vektorius.

Modalinės lygties išraiška:

$$\ddot{z}_i + 2c_i \omega_i \dot{z}_i + \omega_i^2 z_i = \{\delta_i\}^T \{F\}, \quad (16)$$

Čia modalinis slopinimas išreiškiamas:

$$c_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{\omega_i} + \beta \omega_i \right). \quad (17)$$

1 lentelė

Modeliavimo rezultatai		
Modos Nr.	Plienas 45	Nerūdijantis plienas (AISI 304)
	Dažnis, Hz	Dažnis, Hz
1	79,43	74,61
2	274,97	262,25
3	336,32	320,77
4	340,05	324,28

Modeliavimo rezultatai rodo, kad medžiagos charakteristikos neturi esminio poveikio tampriosioms kariatėlėms kariatėlės virpesių tampriosioms deformacijoms. Jų pobūdis nesikeičia, o jų modų dažniai skiriasi iki 5%.

Eksperimentiniai tyrimai. Buvo atlikta eksperimentinė modalinė. Eksperimentinė modalinė analizė yra procesas, kurio metu naudojant eksperimentinius duomenis galima nustatyti modalinius parametrus (savasis dažnis, slopinimo koeficientas ir modos forma). Modaliniai parametrai nustatomi pasirinktame dažnių diapazone (intervale). Modos forma yra struktūros (objekto) įlinkis, kuris parodo konkrečios modos santykinį poslinkį tarp visų struktūros (objekto) dalių. Buvo atlikta komparatoriaus kariatėlės eksperimentinė modalinė analizė.

Atlikus eksperimentinę kampo matavimo komparatoriaus kariatėlės modalinę analizę identifikuotos dviejų modų dažniai 76 ir 264 Hz. Šios modos atitinka teorinio modeliavimo (1 lentelė) 1 ir 2 modas. Lyginant teorinių ir eksperimentinių modalinės analizės rezultatų duomenys gautas dažnių nesutapimas apie 4 %.

Išvados

Siekiant aukšto kampo kalibravimo tikslumo ir modeliuojant su dinaminiais poveikiais susijusias kalibravimo paklaidas turi būti įvertintos tampriosios deformacijos susijusios su aplinkos ir vidinių šaltinių sukeliamais virpesiais.

Naudojant programinį paketą „SolidWorks“ buvo ištirta jautriausias virpesių poveikiui precizinio kampo komparatoriaus junginys krietėlė kaip besideformuojantis kūnas ir nustatyti pavojingi rezonansiniai dažniai ir krietėlės deformacijos, kurios sukuria parazitinius, didinančius kampo kalibravimo paklaidą rastrinių elementų padėties detektavimo įrenginio poslinkius kalibravimo objekto atžvilgiu

Literatūra

1. Flores P., Ambrosio J., Claro J.C.P., Lankarani H.M., Koshy C.S. A study on dynamics of mechanical systems including joints with clearance and lubrication. *Mechanism and Machine Theory* 2006;41:247–61.
2. Erkaya S., Uzmay I. A neural-genetic (NN-GA) approach for optimizing mechanisms having joints with clearance. *Multibody System Dynamics* 2008;20(1):69–83.
3. Flores P. Modeling and simulation of wear in revolute clearance joints in multi-body systems. *Mechanism and Machine Theory* 2009;44(6):1211–22.
4. Flores P. A parametric study on the dynamic response of planar multi-body systems with multiple clearance joints. *Nonlinear Dynamics* 2010;61: 633–53.
5. Garcia O.J.C. Analysis of clearance in multibody system. *Multibody System Dynamics* 2005;13:401–20.
6. Erkaya S., Uzmay I. Experimental investigation of joint clearance effects on the dynamics of a slider–crank mechanism. *Multibody System Dynamics* 2010;24:81–102.
7. Bauchau O.A., Rodriguez J. Modeling of joints with clearance in flexible multi-body system. *International Journal of Solids and Structures* 2002;34: 41–63.
8. Flores P., Ambrósio J. On the contact detection for contact-impact analysis in multibody systems. *Multibody System Dynamics* 2010;24(1):103–22.
9. Schwab A.L., Meijaard J.P., Meijers P.A. Comparison of revolute joint clearance model in the dynamic analysis of rigid and elastic mechanical systems. *Mechanism and Machine Theory* 2002;37(9):895–913.
10. Ting K.L., Zhu J.D., Watkins D. The effects of joint clearance on position and orientation deviation of linkages and manipulators. *Mechanism and Machine Theory* 2000;35:391–401.
11. Tian Q., Zhang Y.Q., Chen L.P., Flores P. Dynamics of spatial flexible multibody systems with clearance and lubricated spherical joints. *Computers and Structures* 2009;87:913–29.
12. DeBra D.B. Vibration isolation of precision machine tools and instruments. *Annals of the CIRP* 1992;41:711–8.
13. Rivin E.I. Vibration isolation of precision equipment. *Precision Engineering* 1995;17:41–56.
14. Rivin E.I. Vibration isolation of precision objects. *Journal of Sound and Vibration* 2006;40:12–20.
15. Subrahmanyam P.K., Trumper D.L. Synthesis of passive vibration isolation mounts for machine tools – a control systems paradigm. In: *Proc. American Control Conference, Chicago, IL. June. 2000.* p. 2886–91.
16. Kasparaitis, A.; Kilikevičius, A.; Vėžys, J.; Prokopovič, V. Dynamic research of angle measurement comparator // *Journal of vibroengineering, Kaunas: Vibromechanika. ISSN 1392-8716. Vol. 16, iss. 5 (2014), p. 2287-2296.*
17. Kasparaitis, A.; Kilikevičius, A.; Barakauskas, A.; Mokšin, V. Experimental research of vibrations of angle measurement comparator // *Journal of vibroengineering, Kaunas: Vibromechanika. ISSN 1392-8716. Vol. 14, iss. 4 (2012), p. 1760-1765.*

DYNAMIC RESEARCH OF THE CALIBRATION SYSTEM

Summary

In modern devices, calibration is realized in a dynamic mode, when the position of the raster elements of the object being measured is detected by moving volumetric measuring devices. During this process, external and internal vibrational sources are used. In this work, the object of the research is the newly developed angular metering comparator operating in the dynamic mode. The main objective of the study is to determine the dynamic characteristics of the angular comparator and compare the experimental and theoretical calculations.

Key words. Angular comparator, modal analysis, oscillation, elastic deformation, dynamic characteristics.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Antanas Fursenko.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Golsta“ komercijos direktorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Vainorius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Kilikevičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jurius Zaranka.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorius

Darbo vietą ir pozicija: 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: 8 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Antanas Fursenko.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: JSC „Golsta“ commercial director.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Author name, surname: Darius Vainorius.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department assistant.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@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: 8 684 04169, jonas.matijosius@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: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.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: 8 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

DARBŲ SAUGOS ŠALMŲ VERTIKALIŲ SMŪGINIŲ VIRPESIŲ TYRIMAS

Antanas Fursenko, Darius Vainorius, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Juozas Jakubka
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Dėl darbo procesų atsirandantys virpesiai neigiamai veikia žmogaus sveikatą, todėl norint apsaugoti žmogų nuo susidarantių žalingų virpesių poveikio yra kuriamos įvairios apsaugos priemonės. Straipsnyje pateikiami eksperimentiškai gauti pramoninių apsauginių šalmų dinamikos tyrimų rezultatai.

Reikšmingi žodžiai: virpesiai, apsauginiai šalmai, dinaminės charakteristikos

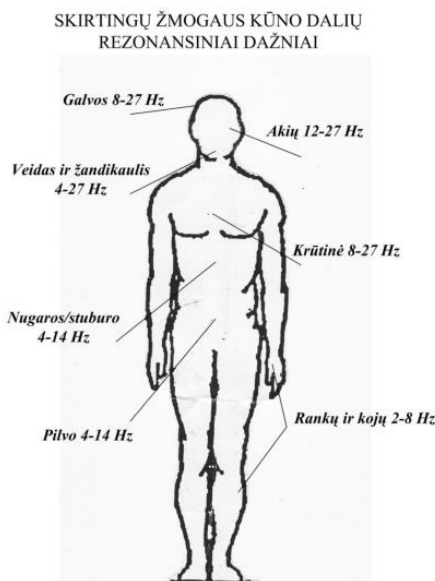
Įvadas

Virpesių poveikis žmogui visų pirma susijęs su svyravimais, kylančiais veikiant kintamai išorinei jėgai. Tokių svyravimų priežastys gali būti susiję ne tik su jėginiais, bet ir kinematiniais žadinimais.

Pagrindiniai virpesių parametrai: svyravimų amplitudė (A , X , mm), svyravimų dažnis (f , Hz), svyravimų greitis (v , m/s) bei svyravimo pagreitis (a , m/s²). Pagal svyravimų dažnį virpesiai skirstomi į ypač žemo dažnio – iki 11 Hz, žemo dažnio – nuo 30–250 Hz, aukšto dažnio – daugiau nei 250 Hz.

Virpesių poveikis priklauso nuo svyravimo proceso galios kontakto vietoje, poveikio laiko, kontakto vietos, poveikio krypties, kūno audinių slopinimo savybių, rezonanso veiksnių ir daugelio kitų savybių (Adewusi et. al. 2010; Baublys et. al. 2003; Daniel et. al. 2014; Hunter et. al. 2002). Ypač kenksmingi žmogui virpesiai, kurių dažnis artimas skirtingų kūno dalių savajam dažniui (1 pav.). Daugumos vidaus organų savasis dažnis – 3–9 Hz, pečių juostos – 16–20 Hz. Ypač didelę reikšmę rezonansas turi regos organams. Regėjimo sutrikimai kyla veikiant 60–90 Hz virpesiams, kurie atitinka akių obuolių savąjį dažnį.

Virpesių spektro pobūdis analogiškas triukšmo spektrams. Įvertinus tai, kad absoliučios parametru reikšmės kinta labai plačiu intervalu, vibroakustinių tyrimų praktikoje analogiškai triukšmui naudojamos parametru lygio sąvokos.



1 pav. Žmogaus kūno dalių savieji dažniai

Daugumos vidaus organų savasis dažnis 3–9 Hz, pečių juostos 16–20 Hz. Ypač didelę reikšmę rezonansas turi regos organams. Akių obuolių rezonansinis dažnis apie 50 Hz. Geležinkelio vagono keleiviai patiria visą kūną veikiančią vibraciją. Šios vibracijos poveikis apima virpesius, kurie sklinda pagrindiniais keleivio atramos paviršiais (grindimis, sėdyne, atlošu). Jos dažnis dažniausiai nuo 0,5 Hz iki 80 Hz (LST EN ISO 2005; Obelinis et. al. 2007; Xueyan et. al. 2011). Pagal veikimo kryptį viso kūno vibracija skirstoma ortogonaliosios koordinatų sistemos kryptimis: vertikaliąją – nuo kojų galvos link (z), horizontaliąją – nuo nugaros į krūtinę (x), horizontaliąją – nuo dešinės pusės į kairę (y). Sukamieji svyravimai dėl žemiau įvardintos priežasties šiame skaičiavime neanalizuojami. Dažniausiai leidžiami vibracijos lygiai z ašies kryptimi būna didesni negu x ir y ašių kryptimis.

Tarp profesinių susirgimų, vibracijų patologija yra antroje vietoje (po dulkių).

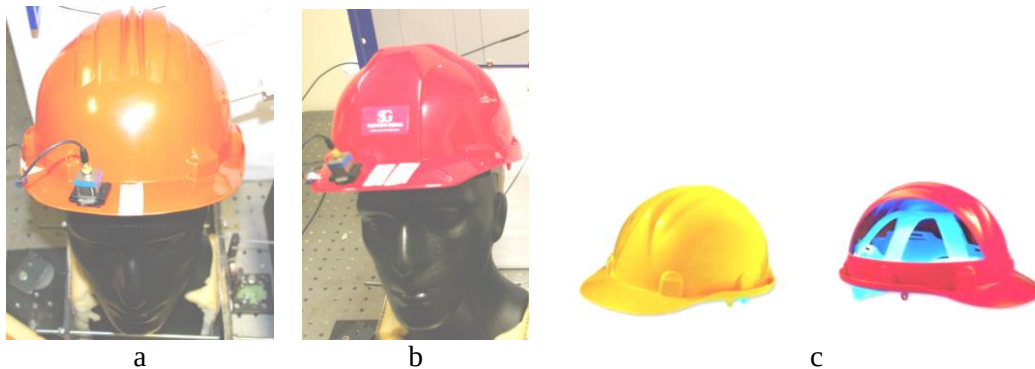
Veikiant vibracijai pirmiausiai nukenčia nervų sistema ir analizatoriai: vestibuliarinis, regos, jutiminis.

Norint apsaugoti žmogų nuo žalingo virpesių poveikio naudojami įvairūs būdai ir priemonės. Pagrindiniai apsaugos nuo vibracijų būdai: 1) Vibracijų šaltinio pašalinimas – tai pats efektyviausias būdas, jei vibracijos nėra technologinio proceso dalis. Įgyvendinimas tiksliai balansuojant besisukančias daleles,

smūginius procesus pakeičiant besmūginiais, didinant pavarų tikslumą ir t. t.; 2) Vibroizoliacija įgyvendinama pastatant įrengimus ant specialių pamatų, tamprųjų elementų, įrengiant vamzdynuose tamprias grandis ir t. t.; 3) Vibrogėsėjimas pasiekiamas didinant energijos nuostolius svyravimo sistemose. Įgyvendinamas įvedant papildomas mases, standumo briaunas bei panaudojant specialius vibrogėsėjintuvus; 4) Vibrodemferiavimas įgyvendinamas didinant vidinę trintį, didinant paviršinę trintį (padengiant paviršius tamprųjų medžiagų sluoksniu) ir t. t.; 5) Individualios apsaugos priemonės – tai specialios pirštinės, avalynė, šalmai, kilimėliai.

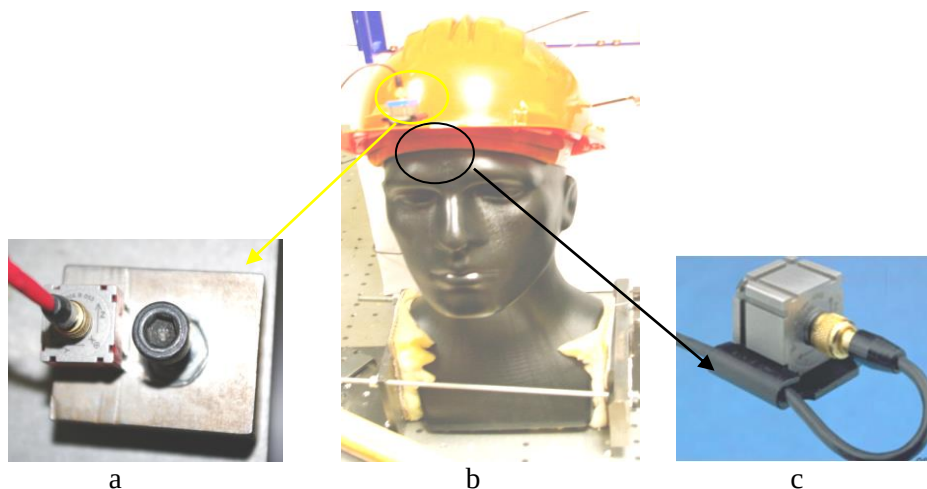
Tyrimo objektas ir metodų aprašymas

Tyrimo objektas yra pramoniniai apsauginiai šalmai. Tyrimuose naudojami pramoniniai apsauginiai šalmai pateikti 2 pav. a ir b. Buvo naudojami skirtingų charakteristikų dveji šalmai (skirtinga forma ir medžiagos).



2 pav. Pramoniniai apsauginiai šalmai

Virpesių ir jėgos parametrų matavimui buvo panaudotos „Brüel & Kjær“ matavimo priemonės. 3 paveiksle parodytos virpesių matavimo priemonės, kurias sudarė du trijų ašių akcelerometrai 4506 (3 pav. c). Vienas trijų ašių akcelerometras 4506 buvo tvirtinamas prie orientavimo kaladėlės. Ši kaladėlė savo ruožtu standžiai tvirtinama manekeno viduje vidinės kaukolės viršuje.



3 pav. Žmogaus virpesių matavimui naudojamos priemonės

Kitas trijų ašių akcelerometras 4506 buvo tvirtinamas ant šalmo viršutinės dalies (2 pav. a ir b). Atliekant tyrimą vertikalūs smūginis žadinimas buvo atliekamas rankiniu būdu naudojantis plaktuko 4 pav.



4 pav. Vertikalių smūginių virpesių sukūrimui naudojama priemonė

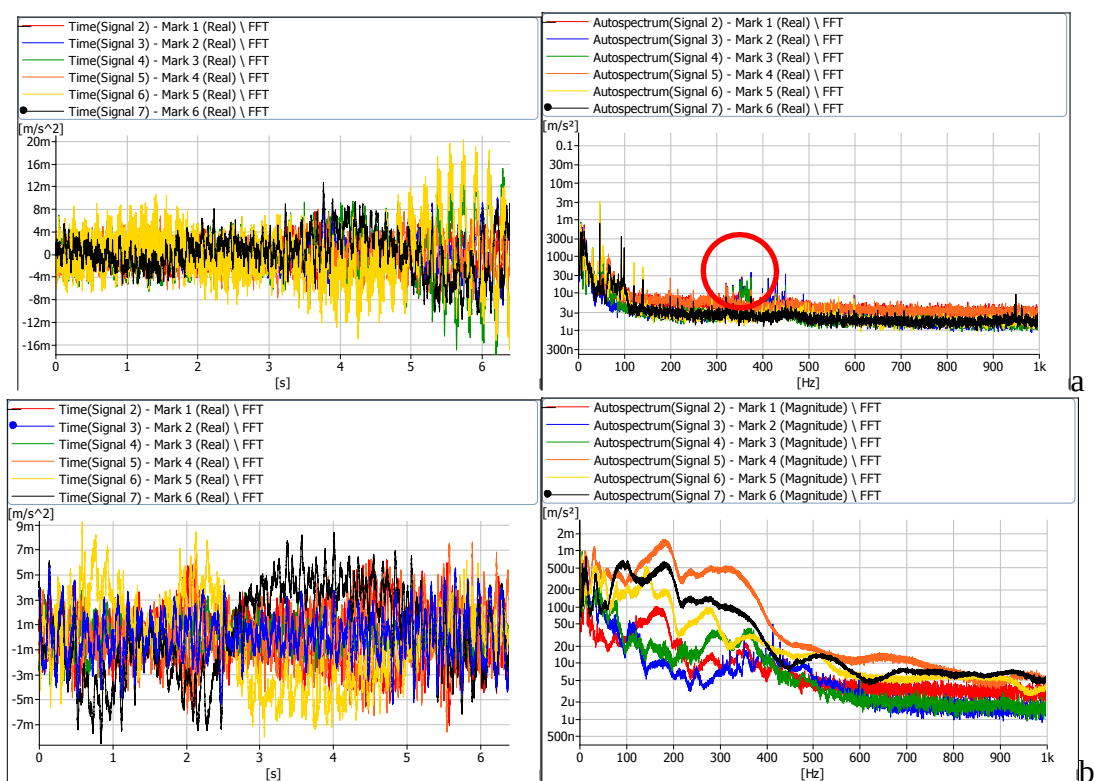
5 pav. paveiksle pavaizduota kilnojama matavimo rezultatų apdorojimo įranga „3660-D“ su kompiuterių DEEL, šios matavimo sistemos dalis kaupė ir apdorojo matavimo duomenis.



5 pav. Matavimo rezultatų apdorojimo įranga.

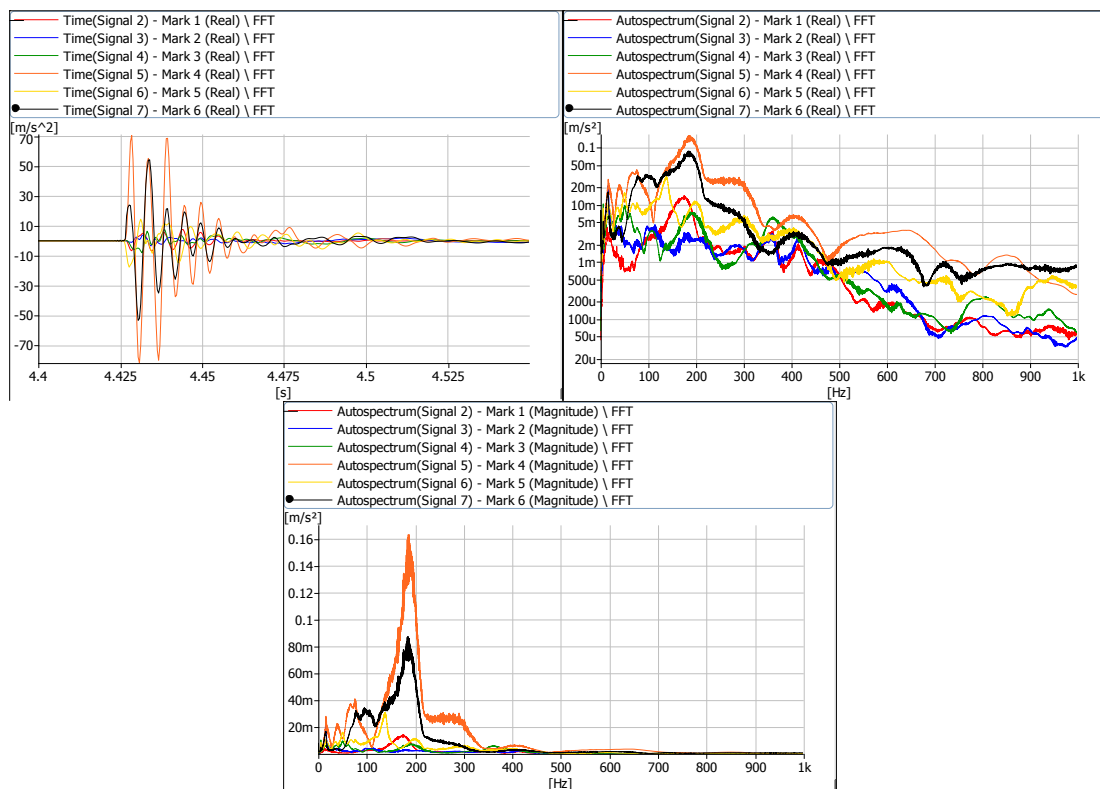
Gauti matavimo signalai kompiuteriu buvo apdorojami, panaudojant programinius paketus Origin 6 ir Pulse.

Matavimo rezultatai Pramoninių apsauginių šalmų virpesiai buvo matuojami dviejuose taškuose, pirmas taškas buvo ant šalmo, o antras taškas buvo manekeno viduje vidinės kaukolės viršuje. Vidinėje manekeno kaukolės dalyje buvo standžiai pritvirtinta kaladėlė su davikliu (2 pav. a dalis). Virpesiai buvo matuojami 4506 triašiais akcelerometrais (2 pav. c). Virpesių registracijos ir suskaičiuoti spektrinio tankio grafikai pateikti 6 – 8 paveiksluose.

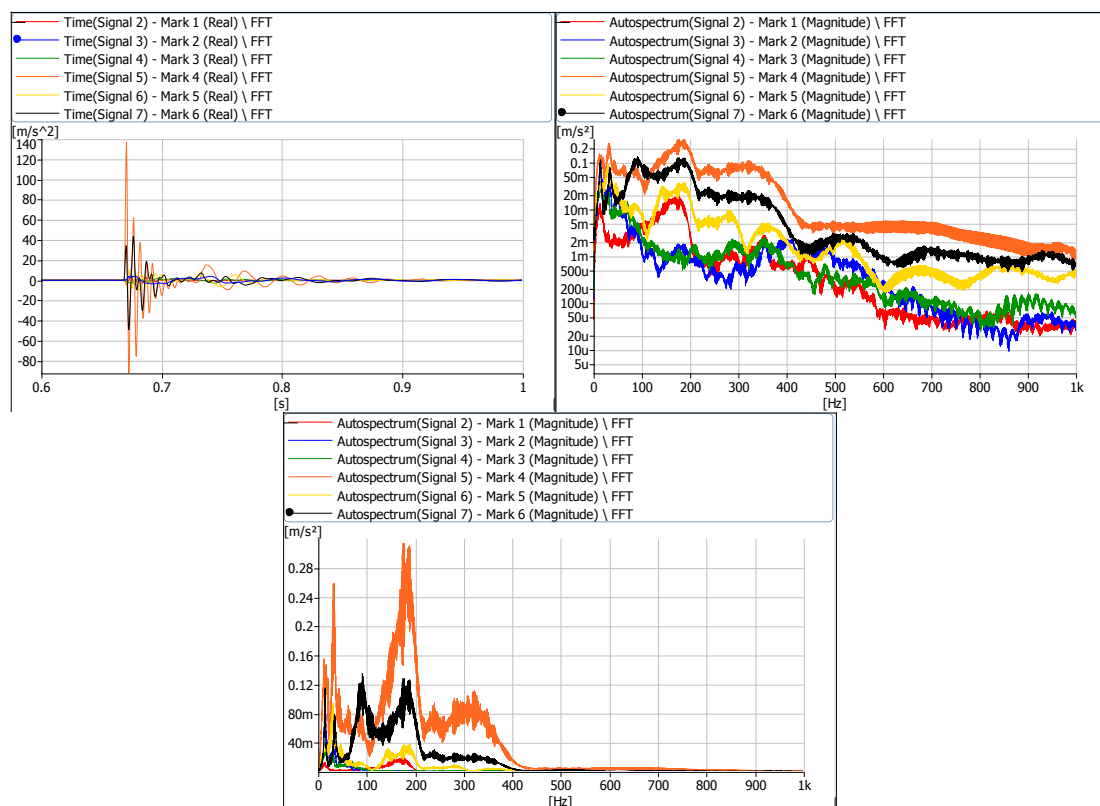


6 pav. Pramoninių apsauginių šalmų, kai nėra priverstinio išorinio žadinimo (ramybės būseną), absoliučių virpesių pagreičio (raudona, mėlyna ir žalia – manekeno kaukolės vidinės dalies virpesiai; oranžinė, geltona ir juoda – apsauginio šalmo virpesiai) amplitudės laikinio signalo ir spektrinio tankio grafikai:

a) 1 šalmo, b) 2 šalmo.



7 pav. Pramoninio apsauginio šalmo nr. 1 absoliučių virpesių pagreičio (raudona, mėlyna ir žalia – manekeno kaukolės vidinės dalies virpesiai; oranžinė, geltona ir juoda – apsauginio šalmo virpesiai) amplitudės laikinio signalo ir spektrinio tankio grafikai kai yra vertikalus smūginis žadinimas



8 pav. Pramoninio apsauginio šalmo nr. 2 absoliučių virpesių pagreičio (raudona, mėlyna ir žalia – manekeno kaukolės vidinės dalies virpesiai; oranžinė, geltona ir juoda – apsauginio šalmo virpesiai) amplitudės laikinio signalo ir spektrinio tankio grafikai kai yra vertikalus smūginis žadinimas

Išvados

Atlikus pramoninių apsauginių šalmų sistemų eksperimentinius tyrimus nustatyta, jog pramoninių apsauginių šalmų sistemos stabilumas yra labai svarbus reiškinys, siekiant didesnio pramoninių apsauginių šalmų efektyvumo.

Pramoninių apsauginių šalmų eksperimentinių rezultatų grafikai rodo, kad kai yra smūginis žadinimas, dominuojančios pramoninių apsauginių šalmų sistemos pagreičio amplitudės pasireiškia iki 300 Hz (šalmas Nr. 1) ir iki 350 Hz (šalmas Nr. 2), pagrindinė didžiausia dedamoji atsiranda prie 180 Hz (šalmas Nr. 1 ir šalmas Nr. 2).

Atlikti pramoninių apsauginių šalmų sistemos dinaminės charakteristikų tyrimai parodo pavojingus pramoninių apsauginių šalmų sistemos dažnius, kurių reiktų vengti eksploatuojant pramoninius apsauginius šalmus.

Literatūra

1. ADEWUSI S.A., RAKHEJA S., MARCOTTE P., BOUTIN J. Vibration transmissibility characteristics of the human hand – arm system under different postures, hand forces and excitation levels//Journal of Sound and Vibration. 2010, Vol. 329, 2953–2971
2. BAUBLYS J., JANKAUSKAS P. Darbo saugos organizavimas ir ergonomikos pagrindai. Vilnius, 2003, 126p.
3. DANIEL E. WELCOME, REN G. DONG, XUEYAN S. XU, CHRISTOPHER WARREN, THOMAS W. MCDOWELL. The effects of vibration-reducing gloves on finger vibration//International Journal of Industrial Ergonomics. 2014, Vol. 44, Issue 1, 45–59 p.
4. HUNTER, S. M., CROME, P. Hand function and stroke//Reviews in Clinical gerontology, 2002, 12: 68-81
5. LST EN ISO 8041:2005. Žmogaus reakcija į vibraciją – matavimo prietaisai.
6. OBELINIS V., MALINAUSKIENĖ V. Darbo sąlygų ir profesinių veiksmų įtaka širdies ir kraujagyslių ligų rizikai. Medicina Kaunas, 2007, 43 (2).
7. XUEYAN S. XU, DANIEL E. WELCOME, THOMAS W. MCDOWELL, JOHN Z. WU, BRYAN WIMER, CHRISTOPHER WARREN, REN G. DONG. The vibration transmissibility and driving-point biodynamic response of the hand exposed to vibration normal to the palm. International journal of industrial ergonomics. 2011, Vol. 41 418-427p.

VERTICAL VIBRATIONS RESEARCH OF SAFE WORK HELMETS

Summary

For work processes resulting vibrations negative effect on human health, so in order to protect a person from harmful vibrations generated by the impact is the creation of various protective measures. The article presents the experimentally obtained industries helmets dynamics studies.

Key words: vibrations, safety helmets, dynamic characteristics.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Antanas Fursenko.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Golsta“ komercijos direktorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Vainorius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: 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: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Juozas Jakubka.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros magistras.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 614 76589, j.jakubka@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Antanas Fursenko.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: JSC „Golsta“ commercial director.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 671 84939, antanas@golsta.lt

Author name, surname: Darius Vainorius.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department assistant.

Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

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: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@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: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Juozas Jakubka.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Mechanical Engineering department master of science.

Author's research interests: Mechanics, environmental.

Telephone and e-mail address: 8 614 76589, j.jakubka@gmail.com

DALELIŲ AGLOMERACIJOS AKUSTINIAME LAUKE TYRIMŲ APŽVALGA IR PERSPEKTYVOS

Audrius Čereška, Irina Grinbergienė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Atmosferos tarša kietosiomis dalelėmis šiuo metu yra itin aktuali pasaulinio masto problema. Didžiausias atmosferos užterštumas kietosiomis dalelėmis iš apdirbimo pramonės, dėl kietojo kuro deginimo ir iš eksploatuojamų dyzelinių variklių. Siekiant efektyviau mažinti kietųjų dalelių patekimą į atmosferą kuriami įvairūs šiuolaikiniai oro valymo įrenginiai, būdai ir metodai. Vienas iš tokių būdų – dalelių aglomeracija veikiant jas akustiniu lauku. Darbe pateikta dalelių aglomeracijos akustiniame lauke tyrimų apžvalga. Aptartos konkrečios dalelių aglomeracijos standų konstrukcijos, veikimo principai ir efektyvumas ir suformuluotos išvados.

Reikšminiai žodžiai: užterštumas, kietosios dalelės, akustinis laukas, aglomeracija.

Įvadas

Daugybė atliktų tyrimų parodė, jog skaudžiausius padarinius sukelia itin smulkios kietosios dalelės PM₁₀-PM_{2,5}. Smulkios kietosios dalelės PM_{2,5} tai tokios dalelės, kurių aerodinaminis skersmuo yra iki 2,5 μm. Atsižvelgiant į šių dalelių pavojų žmogaus sveikatai, JAV 1997 buvo įkurta Aplinkos apsaugos agentūra, kuri standartais apibrėžė normatyvus tokio pobūdžio taršai. Standartai ilgainiui buvo tobulinami ir nustatyti šie ribiniai PM_{2,5} normatyvai: išmetimai paros bėgyje negali viršyti 35 μg/m³, o metinis vidurkis negali viršyti 12 μg/m³.

Dėl itin mažų dydžių šios dalelės atmosferoje gali nukeliauti didelius atstumus (Pui et al., 2014: 1-26). Kietųjų dalelių išsiskyrimas – neatsiejamas dyzelinių variklių naudojimo padarinys. Tokių dalelių, išsiskiriančių veikiant šiems varikliams dispersiškumas yra nuo 50 nm iki 1 μm (Kihong et al., 2004: 881-889, Burtscher, 2005: 896-932). Kalbant apie pramonės šakas pažymima, jog didžiausi smulkių kietųjų dalelių kiekiai patenka į atmosferą gaminant cementą (Sanchez-Soberon et al., 2015: 109-116). Atkreipta dėmesį į tai, jog pusė visų kietųjų dalelių išsiskiriančių cemento gamybos metu yra mažesnės negu 2,5 μm (Gupta et al., 2012: 343-351).

Teršalų daleles, kurių skersmuo yra mažesnis negu 10 μm, surinkti naudojant įprastus valymo įrenginius (ciklonus, skruberius ir t.t.) yra sudėtinga, todėl net po oro valymo procesą jos ir toliau patenka į atmosferą (Gallego et al., 1999: 3843-3849, Heidenreich et al., 2000: 2895-2905). Oro valymui nuo itin smulkių dalelių reikalingos kelių pakopų oro valymo sistemos, kurioms reikia didelių energijos sąnaudų, galingų ventiliatorių ir tt. Taip pat tokios sistemos reikalauja ir didelių patalpų plotų joms įrengti. Tai reikalauja didelių materialinių išlaidų, dėl tokių sistemų montavimo ir eksploatavimo sudėtingumo (Хмельёв и др., 2010: 22). Dėl šių priežasčių mokslininkai nuolat atlieka eksperimentinius ir skaitinius tyrimus, kurių rezultatais remiantis būtų kuriamos technologijos efektyviai itin smulkių kietųjų dalelių nusodinimui.

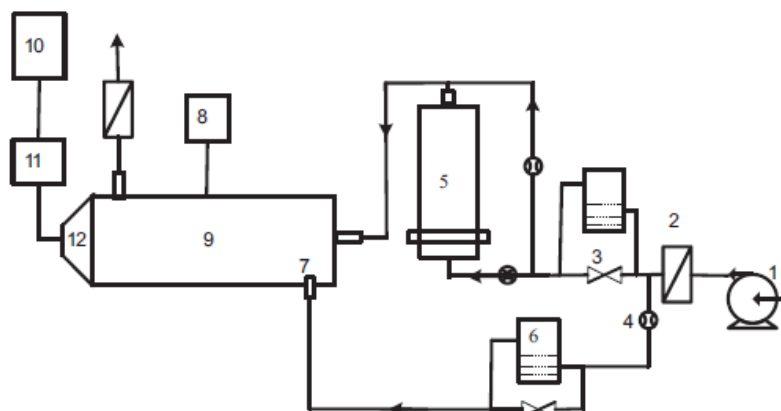
Dėl itin mažų skersmenų tarp aukščiau aprašytų dalelių veikia itin stiprios Van Der Valso, elektrostatinės ir kapiliarinės jėgos, kurios kartu sudaro traukos jėgą. Dėl šios jėgos tokios dalelės yra linkusios sudaryti stambesnius aglomeratus (Guo et al., 2012: 67-73). Dėl to yra ieškoma metodų, kaip būtų galima pagreitinti šį procesą, siekiant padidinti oro valymo efektyvumą. Vienas jų – akustinio lauko panaudojimas. Akustinio signalo poveikio dėka smulkesnės dalelės juda link stambesnių. Tokie aglomeratai lengvai gali būti pašalinami iš užteršto oro ciklonų ar kitokių valymo įrenginių pagalba (Gallego et al., 1999: 3843-3849, Sarabia et al., 2005: 277-281, Dong et al., 2006: 540-553). Aglomeracija veikiant akustiniame lauke priklauso nuo įvairių mechanizmų, vykstančių tarp dalelių, bei tarp dalelių ir dujinės terpės (pvz. oro). Ankstesni eksperimentiniai ir skaitiniai tyrimai parodė, jog akustinė aglomeracija ženkliai pakeičia dalelių pasiskirstymą pagal jų dydžius, po akustinio lauko poveikio padidėja stambesnių dalelių koncentracija lyginant su smulkiomis (Hoffman, 1999: 919-936, Hoffman, 2000: 353-357, Dong et al., 2006: 540-553, Sheng et al., 2006: 16-36, Riera et al., 2015: 1023-1058, Markauskas et al. 2015: 698-704).

Prieš atliekant eksperimentinius arba skaitinius tyrimus svarbu yra išnagrinėti pagrindinius tiriamo proceso dėsnius. Smulkų dalelių aglomeracijos tyrimams svarbu yra aprašyti dalelių judėjimą sraute ir daleles veikiančias jėgas. Turi būti vertinami skirtingi mechanizmai, turintys įtakos dalelių aglomeracijos efektyvumui. Iki šiol yra ieškoma metodų ir būdų kaip būtų galima pagerinti dalelių aglomeracijos efektyvumą. Atliekami įvairūs eksperimentiniai, teoriniai ir skaitiniai tyrimai.

Darbo tikslas: atlikti kietųjų dalelių aglomeracijos akustiniame lauke tyrimų problemos apžvalgą ir pateikti šios problemos tolimesnių tyrimų sprendimo variantus.

Eksperimentiniai kietųjų dalelių aglomeracijos akustiniame lauke tyrimai

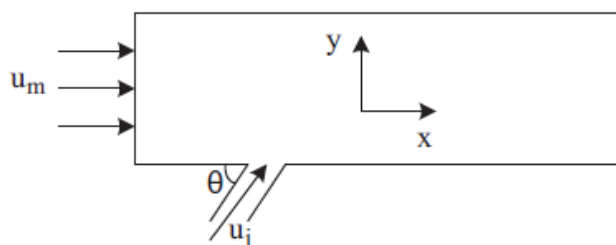
Šalyse, kur itin paplitusi sunkioji pramonė didelė problema yra oro valymas nuo pelenų, susidarantių gamyboje deginant kietąjį kurą, taip pat tai aktualu ir gaminant šilumos energiją. Čia taip pat galimas akustinio lauko taikymas pelenų aglomeracijai prieš jų šalinimą. Autoriai Sun, Zhang, Fang (2013: 12-23) atliko eksperimentinį tyrimą su pelenų dalelėmis. Jų sukonstruota eksperimentinio stendo schema (1 pav.).



1 pav. Pelenų aglomeracijos akustiniame lauke tyrimų stendo schema: 1 – kompresorius, 2 – HEPA filtras, 3 – vožtuvas, 4 – rotametas, 5 – verdančio sluoksnio aerozolių generatorius, 6 – drėkintuvas, 7 – purkštukas, 8 – valdymo sistema, 9 – aglomeracijos kamera, 10 – akustinio signalo generatorius, 11 – stiprintuvas, 12 – garsiakalbis

Šaltinis: Sun et al., 2013: 12-23

Į sistemą tiekiamas oras buvo filtruojamas, tuomet nukreipiamas į aerozolių generatorių kur buvo sumaišomas su pelenais. Aerozolių generatoriuje smulkios pelenų dalelės susimaišė su oru, o stambios buvo nusodintos. Pro purkštuką buvo tiekiamas pagalbinis oro srautas, kuris užtikrino reikiamą drėgmę ir turbulenciją, didinanti dalelių susidūrimo tikimybę. Oro srauto greitis aglomeracijos kameroje – 0,2 – 0,5 m/s, o pagalbinio srauto greitis siekė nuo 12 iki 30 m/s. Pagalbinio oro srauto padavimo schema pateikta 2 paveiksle.



2 pav. Pagalbinio oro srauto padavimo schema: u_m – oro srauto greitis aglomeracijos kameroje, u_j – pagalbinio oro srauto greitis, θ – pagalbinio oro padavimo kampas

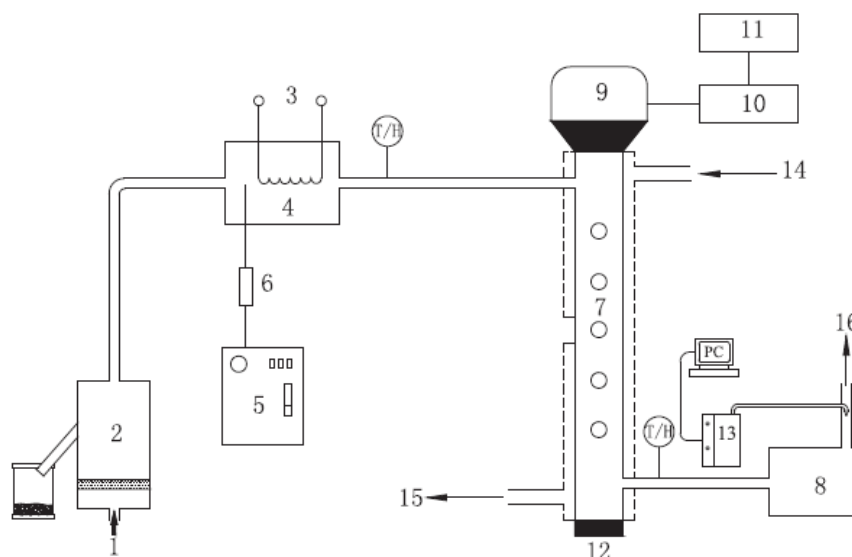
Šaltinis: Sun et al., 2013: 12-23

Dalelių dydžiai nuo 0,43 iki 10 μm . Aglomeracijos efektyvumas buvo nustatinėjamas esant garso bangos dažniams nuo 280 iki 3500 Hz, garso slėgiui 100 – 130 dB, taip pat buvo keičiamas purkštuko kuriuo paduodamas pagalbinis oras, kampas nuo 40 iki 140 laipsnių.

Atlikus šį eksperimentą nustatyta, jog didžiausias pelenų dalelių aglomeracijos efektyvumas buvo pasiektas esant šiems parametrams: akustinio signalo dažnis – 1416 Hz, garso slėgis – 128 dB, pagalbinio oro srauto greitis – 25,5 m/s ir purkštuko posūkio kampas – 90 laipsnių. Esant šiems parametrams, vidutinis dalelių skersmuo padidėjo nuo 2,47 iki 6,48 μm .

Dar vienas būdas padidinti dalelių aglomeracijos efektyvumą – leisti aglomeracijos kameroje aukštos įtampos elektros srovę. Vainikinio išlydžio būdu dalelėms yra suteikiamas krūvis ir tuomet jos yra nusodinamos veikiant stipriu elektriniu lauku (8-12 kV). Aglomeracijos kameroje sukuriamas nuolatinės arba kintamos srovės elektrinis laukas. Akustinis laukas tuo pačiu sukuria reliatyvų dalelių judėjimą, padidindamas jų susidūrimo tikimybę (Chen et al., 2015: 12-19). Tokią metodiką siūloma taikyti šiluminėse jėgainėse, kur deginamas iškastinis kuras. Tačiau tai turi ir trūkumų – vykstant elektros išlydžiui susidaro daug azoto oksidų ir ozono, tai yra kenksminga aplinkai ir žmogaus sveikatai (Wang et al., 2016: 156-161).

Mokslininkai (Yan et al., 2016: 319-327) pasiūlė aglomeracijos efektyvumą padidinti tiekiant į sistemą persotintus garus. Aglomeracijos ir dalelių nusodinimo efektyvumas padidėja garams kondensuojantis. Šio eksperimentinio tyrimo stendas pateiktas (3 pav.).

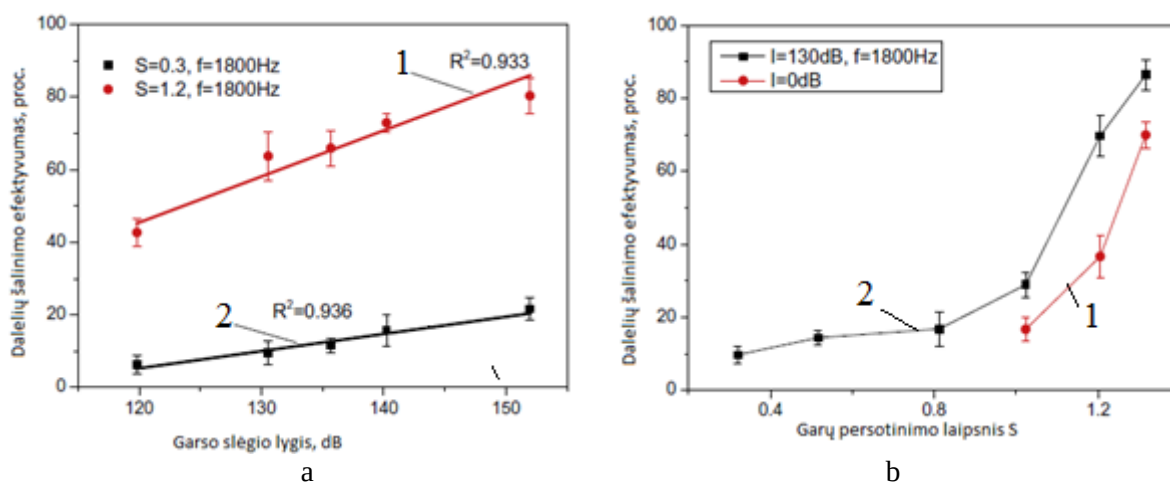


3 pav. Eksperimentinio stendo su garų generatoriumi schema: 1 – verdančios dujos, 2 – verdančio sluoksnio aerozolių generatorius, 3 – šildytuvas, 4 – buferinė kamera, 5 – vandens garų generatorius, 6 – srauto matuoklė, 7 – aglomeracijos kamera, 8 – atskyrimo kamera, 9 – garso šaltinis, 10 – stiprintuvas, 11 – garso signalo generatorius, 12 – garsą atspindinti plokštelė, 13 – dalelių pasiskirstymo matavimo įrenginys, 14 – vandens padavimas, 15 – dujų išmetimas

Šaltinis: Yan et al., 2016: 319-327

Iš šio eksperimento rezultatų matoma, kad oro valymo efektyvumas, dalelės veikiant tik akustiniu lauku, tik 10-23 %. Tuo tarpu kartu veikiant akustiniam signalui ir kondensuojant garus, efektyvumas pakilo iki 53-80 %. Garų persotinimo laipsnis 1,2. Dalelių nusodinimo faktorius veikiant jas akustiniu lauku didėjo didinant garų persotinimo laipsnį. Kuomet garų persotinimo laipsnis buvo mažesnis už vienetą, oro valymo efektyvumas buvo itin mažas ir pradėjo smarkiai didėti tik persotinimo laipsniui perkopus vienetą. Taigi akustinė aglomeracija ir persotintas garas negali efektyviai veikti kartu, esant mažam persotinimo laipsniui. Kai garso slėgis lygis buvo sumažintas iki 120 dB esant garų persotinimo laipsniui 1,2, oro valymo efektyvumas 63%. Tai parodo, jog aukštas dalelių pašalinimo efektyvumas gaunamas būtent dėl dvigubo poveikio, net esant mažesniai garso slėgiui.

Dalelių šalinimo efektyvumo kitimas esant skirtingam garso slėgiui ir garų persotinimo laipsniui 1,2 (1 kreivė) ir 0,3 (2 kreivė) ir pateiktas grafiškai (4a pav.). Persotintų garų įtaka dalelių šalinimo efektyvumui pateikta 4b paveiksle.



4 pav. Dalelių šalinimo efektyvumas: a – esant skirtingam garso slėgiui ir garų persotinimo laipsniui, b – persotintų garų įtaka dalelių šalinimo efektyvumui

Šaltinis: Yan et al., 2016: 319-327

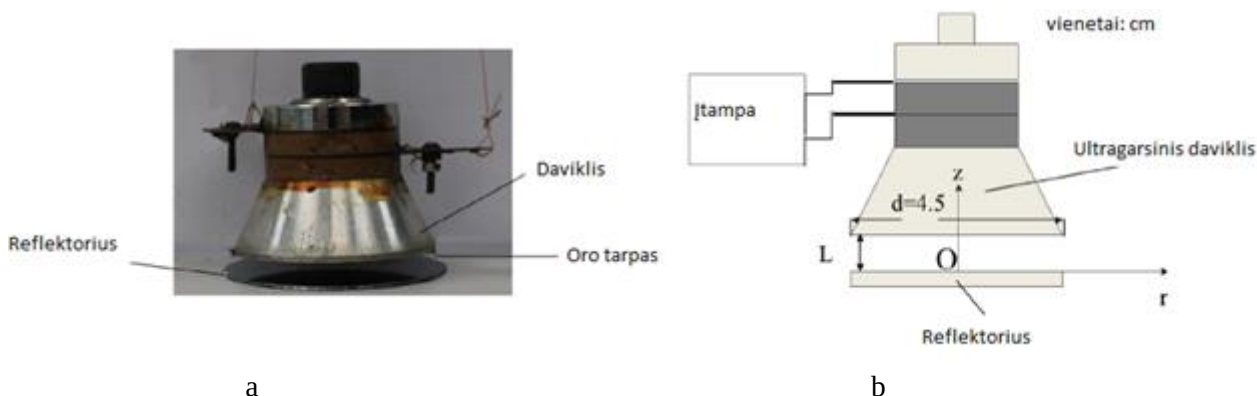
1 kreivė rodo dalelių šalinimo efektyvumo kitimą veikiant jas akustiniu lauku ir persotintais garais, o 2 kreivė rodo tik persotintų garų įtaką. Kritinis garų persotinimo laipsnis, reikalingas pelenų dalelėms suaktyvinti gali būti nustatytas (Yan, 2009):

$$S_{cr} = \exp\left(\frac{8\pi V_w^2 \sigma_{eg}^3}{3kT \ln(4\pi r^2 K_C)} f(m_f, x)\right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

čia σ_{eg} – terpės sąlyčio paviršiaus įtempis, V_w – terpės tūris, K_C – kinetikos koeficientas, r – dalelės spindulys, $f(m_f, x)$ – santykinio kontakto kampo funkcija.

Dėl kondensato lašelių dalelės greičiau jungėsi į stambius aglomeratus.

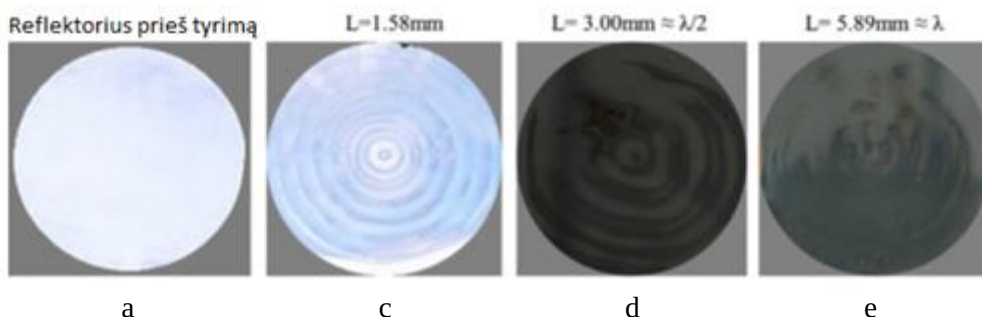
Dar vienas siūlomas dalelių nusodinimo ir šalinimo būdas – ultragarso pagalba nusodinti jas ant silikininės plokštelės. Eksperimentui sukurtas įrenginys (a) ir jo principinė schema (b) pavaizduoti (5 pav.):



5 pav. Dalelių nusodinimo tyrimų stendas: a – gyvas vaizdas, b – principinė schema

Šaltinis: Wang and Hu, 2015: 156-161

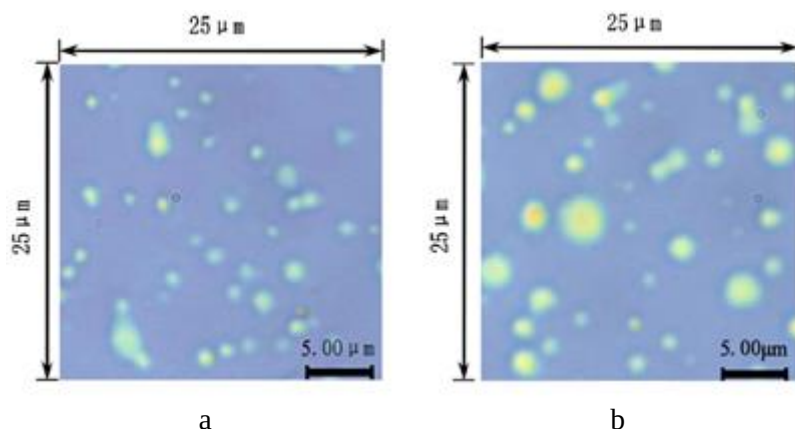
Eksperimentinį stendą sudaro 250x250x200 mm matmenų dėžutė, kuri yra pripildyta smulkių ir stambių aerozolių. Dalelių surinkimo įrenginys sudarytas iš pjezoelektrinio daviklio ir silikininio reflektoriaus, kurie sudėti vienas prieš kitą (b). Tarpe tarp jų veikia ultragarsas, kuris daleles nusodina ant reflektoriaus. Atliekant bandymus galima keisti tarpo tarp reflektoriaus ir daviklio dydį. Daviklyje du pjezoelektriniai žiedai su priešingomis poliarizacijos kryptimis yra sulgyuoti ir išpausti tarp dviejų aliumininių dangtelių sudarant uždara konstrukciją. Pjezoelektrinių žiedų išorinis skersmuo, vidinis skersmuo ir storis atitinkamai yra 30 mm, 12 mm ir 5 mm. Spinduliuojančio paviršiaus ir reflektoriaus skersmenys yra 4,5 cm. Spinduliuojantis paviršius dirbdamas stūmoklio režimu skleidžia 48 kHz garso dažnį, o veikiant lenkimo režimui – 56,9 kHz. Pastarasis režimas leidžia efektyviau surinkti smulkius aerozolių ant reflektoriaus paviršiaus. Aerozoliai buvo generuoti smilkstančios lazdelės pagalba. Lazeriniu matuokliu atlikta jų granulimetrinė analizė. Akustinis signalas taip pat sukėlė aerozolių dalelių aglomeraciją. Didinant atstumą tarp ultragarsinio daviklio ir reflektoriaus buvo pasiekiami vis geresni dalelių nusodinimo rezultatai. Tai buvo matyti reflektoriaus nuotraukose (6 pav.):



6 pav. Kietųjų dalelių pasiskirstymas ant reflektoriaus esant skirtingiems atstumams L tarp jo ir plokštelės: a – reflektorius prieš tyrimą, b – $L = 1,58$ mm, c – $L = 3,00$ mm, d – $L = 5,89$ mm

Šaltinis: Wang and Hu, 2015: 156-161

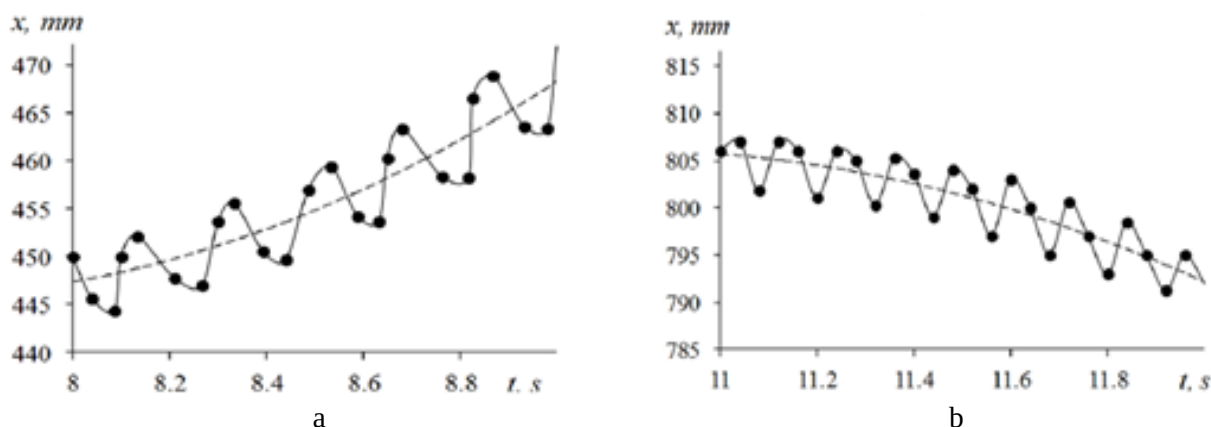
Atstumai parinkti pagal ore sklindančios ultragarso bangos ilgį: ketvirtis, pusė ir pilna. Rezultatai aiškiai matosi nuotraukoje darytoje po mikroskopu (7 pav.):



7 pav. Dalelės, surinktos ant reflektoriaus paviršiaus: a – atstumas tarp daviklio ir reflektoriaus – ketvirtis garso bangos ilgio, b – atstumas tarp daviklio ir reflektoriaus – pusė garso bangos ilgio

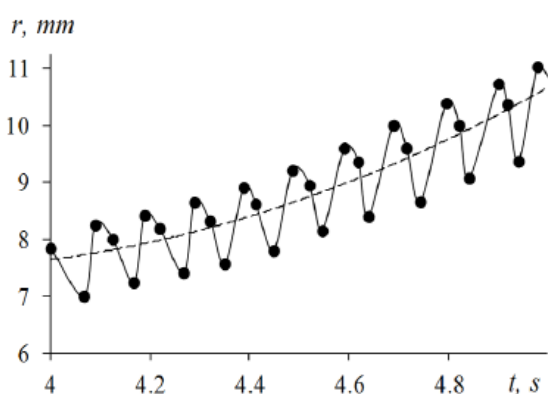
Šaltinis: Wang and Hu, 2015: 156-161

Mokslininkų (Gubaidullin et al., 2016: 1-5) atliktas dalelių judėjimo trajektorijų nustatymo tyrimas veikiant akustiniam laukui vamzdyje (8, 9 pav.).



8 pav. Dalelės judėjimo trajektorija vamzdyje priklausomai nuo laiko: a - išilgai vamzdelio ašies (centro), veikiant akustiniam laukui kurio dažnis 6 Hz, b - šalia vamzdelio sienelės, veikiant akustiniam laukui kurio dažnis 8 Hz

Šaltinis: Gubaidullin et al., 2016: 1-5



9 pav. Dalelės judėjimo trajektorija skersine vamzdelio kryptimi priklausomai nuo laiko, veikiant akustiniam laukui, kurio dažnis 10 Hz

Šaltinis: Gubaidullin et al., 2016: 1-5

Tokį judėjimą dalelei sukelia akustinis signalas, perduodamas virpėjimą terpei, kuri savo ruožtu virpina dalelę.

Matyti, kad dalelė virpėdama juda link vamzdelio sienelių veikiant akustiniam signalui.

Teoriniai dalelių aglomeracijos akustiniame lauke tyrimai

Teoriškai nagrinėjant dalelių judėjimą dujų sraute veikiant akustiniam laukui reikia nustatyti jų greičių ir padėties pokyčius. Dalelės judėjimo lygtis šiuo atveju užrašoma:

$$m_p \frac{du_p}{dt} = \delta m_p \frac{du_g}{dt} + \frac{1}{2} \delta m_p \frac{d(u_g - u_p)}{dt} + 6\pi\mu R(u_g - u_p) + 6R^2 \times \sqrt{\pi\mu\rho_g} \int_{-\infty}^t \frac{d(u_g - u_p)}{d\eta} \cdot \frac{d\eta}{\sqrt{t-\eta}} \quad (2)$$

čia u_p ir u_g – dalelės ir dujinės terpės judėjimo greičiai. Kairioji lygties pusė aprašo dalelę veikiančias jėgas.

Pirmasis dešinės pusės narys $\delta m_p \frac{du_g}{dt}$ – slėgio jėga, kurią sukelia terpė be dalelių, antrasis narys $\frac{1}{2} \delta m_p \frac{d(u_g - u_p)}{dt}$ apibūdina jėgą, kuri sukelia terpė judėjimą tarp gretimų dalelių, trečiasis narys $6\pi\mu R(u_g - u_p)$ – Stokso jėga, paskutinis – $6R^2 \times \sqrt{\pi\mu\rho_g} \int_{-\infty}^t \frac{d(u_g - u_p)}{d\eta} \cdot \frac{d\eta}{\sqrt{t-\eta}}$ apibūdina dalelės greičio kitimą per laiką t .

Dalelių tankis yra žymiai didesnis negu terpės, todėl pirmasis ir antrasis lygties nariai gali būti nevertinami, kuomet terpės (dujų) slėgis yra labai aukštas. Gaunama lygtis:

$$F_p = 6\pi\mu R(u_g - u_p) \quad (3)$$

Terpės greičio bangos lygtis:

$$u_g = u_0 \sin \omega t \quad (4)$$

Gaunamas toks sprendinys:

$$u_p = \frac{u_0 \sin(\omega t - \varphi)}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau_d^2}} + \frac{\omega \tau_d u_0 e^{-t/\tau_d}}{1 + \omega^2 \tau_d^2} \quad (5)$$

čia ω – virpesių kampinis dažnis, τ_d – dalelės relaksacijos laikas, apskaičiuojamas:

$$\tau_d = \frac{2\rho_p R^2}{9\mu} \quad (6)$$

čia φ – virpesių fazė, μ – terpės (terpės) dinaminė klampa.

Dalelės relaksacijos laikas yra žymiai trumpesnis negu garso bangos periodas, todėl dalelės judėjimo lygtis gali būti išreikšta:

$$u_p = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau_d^2}} u_0 \sin(\omega t - \varphi) \quad (7)$$

Dalelių traukos koeficientas pagal Stoksa išreiškiamas:

$$\mu_p = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau_d^2}} = \cos \varphi \quad (8)$$

Virpesių lygtys dujinėje terpėje judančiame ir stovinčiame akustiniame lauke užrašomos:

$$y_t(x, t) = A \sin(\omega t - kx) \quad (9)$$

$$y_s(x, t) = -A \cos(\omega t) \sin(kx) \quad (10)$$

Remiantis jomis galima apskaičiuoti dalelių greičius:

$$u_{pt}(x, t) = \mu_p \omega A \cos(\omega t - kx - \varphi) \quad (11)$$

$$u_{ps}(x, t) = \mu_p 2\omega A \sin(\omega t - \varphi) \sin(kx) \quad (12)$$

Tuomet galima nustatyti dalelių poslinkius:

$$y_{pt}(x, t) = \mu_p A \cos(\omega t - kx - \varphi) \quad (13)$$

$$y_{ps}(x, t) = -2\mu_p A \cos(\omega t) \sin(kx) \quad (14)$$

čia A – dujinės terpės virpesių amplitudė, k – svyravimų bangos eilės numeris. Šie parametrai išreiškiami:

$$A = \frac{\sqrt{2} p_e}{\rho_0 c_0 \omega} \quad (15)$$

$$k = \frac{2\pi f}{c_0} \quad (16)$$

čia p_e – efektyvusis garso slėgis, kuris gaunamas iš garso slėgio lygio išraiškos:

$$SPL = 20 \log \frac{p_e}{p_{ref}} \quad (17)$$

čia p_{ref} – charakteringas garso slėgis, 2×10^{-5} Pa (Zhou et al 2016: 2245-2250).

Antrasis Niutono dėsnis dalelių aglomeracijos akustiniame lauke teoriniam tyrimui dar gali būti interpretuojamas:

$$m\ddot{x}_p = F_d + F_b + F_g + F_{MRPE} \quad (18)$$

čia F_d – terpės (dujų) pasipriešinimo jėga, F_b – plūdrumo jėga, F_g – gravitacijos jėga, F_{MRPE} – dalelių tarpusavio sąveikos jėga.

Plūdrumo jėga apskaičiuojama:

$$F_b = V_p \rho_g g \quad (19)$$

čia V_p – dalelės tūris, ρ_g – terpės tankis, g – laisvojo kritimo pagreitis. Gravitacijos jėga:

$$F_g = mg \quad (20)$$

čia m – dalelės masė.

Pasipriešinimo jėgos išraiška užrašoma Oseeno režimui. Pastarasis ima galioti, kuomet Reinoldso skaičius $Re > 1$ (Oseen 1910).

$$F_d = 6\pi\mu R \left(1 + \frac{3}{16} Re\right) (u_g - u_p) \quad (21)$$

čia Re – Reinoldso skaičius:

$$Re = 2R(|u_g - u_p|)/\nu \quad (22)$$

čia μ – terpės dinaminis klampis, $\mu = \nu\rho_g$, ν – terpės kinematinis klampis, u_g ir u_p – terpės ir dalelės judėjimo greičiai (Markauskas et al. 2015: 698-704).

Pasirinkus tokį modelį yra galimybė vertinti kiekvienos jėgos įtaką dalelių aglomeracijos efektyvumui atskirai. Kuo didesnis Reinoldso skaičius tuo didesnis turbulencijos intensyvumas.

Akustinių bangų sukeliama turbulencija išskiriama kaip vienas iš svarbiausių aglomeracijos mechanizmų. Kai garso slėgis 160 dB srautas ima tubulizuotis ir jame atsiranda maži sukūriai. Kuomet dvi skirtingų inercijų ir skirtingais greičiais judančios dalelės patenka į šį sukūrį, jų reliatyvus greitis skatina aglomeracijos procesą. Turbulentinės difuzijos sąveika galima tarp dviejų vienodo skersmens dalelių, kurios yra nešamos dviejų gretimų sukūrių (Noorpoor et al., 2012: 252-260).

Turint pagrindines dalelių judėjimą ir veikiančias jėgas aprašančias lygtis, sudaromi jų aglomeracijos modeliai, kuriuos naudojant galima nustatyti, kurie mechanizmai turi didžiausią įtaką aglomeracijos proceso efektyvumui.

Išvados

1. Vienas iš šiuo metu plačiai nagrinėjamų smulkių kietųjų dalelių surinkimo ir nusodinimo būdų yra jų aglomeracija.
2. Iki šiol yra ieškoma metodų ir būdų kaip būtų galima pagerinti dalelių aglomeracijos efektyvumą. Šio proceso rezultatams pagerinti mokslininkai siūlo veikti daleles akustiniu lauku.
3. Pateikti atvejai: akustinio lauko taikymas pelenų aglomeracijai prieš jų šalinimą; aglomeracijos kameroje sukuriamas nuolatinės arba kintamos srovės elektrinis laukas; aglomeracijos ir dalelių nusodinimo efektyvumo padidinimas tiekiant į sistemą persotintus garus; dalelių nusodinimo ir šalinimo būdas – ultragarso pagalba nusodinant jas ant silikoninės plokštelės, duoda ne didesnę kaip 80 % dalelių aglomeracijos ir nusodinimo efektyvumą.
4. Taikant skaitinius kietųjų dalelių aglomeracijos būdus sudėtinga objektyviai modeliuoti dalelių aglomeracijos dalelių judėjimą sraute ir daleles veikiančias jėgas.
5. Reikia ir toliau intensyviai ieškoti naujų skaitinių ir praktinių kietųjų dalelių aglomeracijos būdų kurių efektyvumas būtų ne mažesnis kaip 95 %.

Literatūra

1. Burtcher, H. 2005. Physical characterization of particulate emissions from diesel engines. Institute for Sensors and Signals, University of Applied Sciences, Aargau, Klosterzelgstrasse, CH-5210 Windisch, Switzerland *Aerosol Science* 36: 896–932.
2. Chen, H.; Luo, Z.; Jiang, J.; Zhou, D.; Lu, M.; Fang, M.; Cen, K. 2015. Effects of simultaneous acoustic and electric fields on removal of fine particles emitted from coal combustion. *Powder Technology* 281: 12–19.
3. Dong, S.; Lipkens, B.; Cameron, T.M. 2006. The effects of orthokinetic collision, acoustic wake, and gravity on acoustic agglomeration of polydisperse aerosols. *Journal of Aerosol Science* 37: 540–553.
4. Gallego, J.A.; Sarabia, E.R.; Rodriguez, G. 1999. Application of acoustic agglomeration to reduce fine particle emissions from coal combustion plants. *Environmental Science and Technology* 33 (21): 3843–3849.
5. Gubaidullin, D. A.; Tkachenko, L. A.; Zaripov, R. G. 2016. The movement of a particle of nonlinear oscillations of high amplitude in the closed tube. VII Conference on Low Temperature Plasma in the Processes of Functional Coating Preparation: *Journal of Physics: Conference Series* 669: 1–5.
6. Guo, Q.; Yang, Z.; Zhang, J. 2012. Influence of a combined external field on the agglomeration of inhalable particles from a coal combustion plant. *Powder Technology* 227: 67–73.
7. Gupta, R.K.; Majumdar, D.; Trivedi, J.V.; Bhanarkar, A.D. 2012. Particulate matter and elemental emissions from a cement kiln. *Fuel Process Technology* 104: 343–351.
8. Heidenreich, S.; Vogt, U.; Büttner, H. 2000. A novel process to separate submicron particles from gases—a cascade of packed columns. *Chemical Engineering Science* 55: 2895–2905.
9. Hoffmann, T.L. 1999. An extended kernel for acoustic agglomeration simulation based on the acoustic wake effect. *Journal of Aerosol Science* 28(6): 919–936.
10. Hoffmann, T.L. 2000. Environmental implications of acoustic aerosol agglomeration. *Ultrasonics* 238 (1–8): 353–357.
11. Yan, J. 2009. Study on fine particles removal from coal combustion improved by vapor condensational growth (Ph.D. thesis), School of Energy and Environment, Southeast University.
12. Yan, J.; Chen, L.; Yang, L. 2016. Combined effect of acoustic agglomeration and vapor condensation on fine particles removal. *Chemical Engineering Journal* 290: 319–327.
13. Kihong, P.; Kittelson, D.B.; McMurry, P.H. 2004. Structural Properties of Diesel Exhaust Particles Measured by Transmission Electron Microscopy (TEM). Relationships to Particle Mass and Mobility Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota *Aerosol Science and Technology*, 38: 881–889.
14. Markauskas, D.; Kačianauskas, R.; Maknickas, A. 2015. Numerical particle-based analysis of the effects responsible for acoustic particle agglomeration. *Advanced Powder Technology* 26: 698–704.
15. Noorpoor, A. R.; Sadighzadeh, A.; Habibnajer, H. 2012. Experimental Study on Diesel Exhaust Particles Agglomeration using Acoustic Waves. *International Journal of Automotive Engineering* 2(4): 252–260.
16. Oseen, C. 1910. Über die stokesche formel und über eine verwandte aufgabe in der hydrodynamik, *Astronomi och Fysik* 6 (29).
17. Pui, D.; Chen, Sh.; Zuo, Z. 2014. PM_{2.5} in China: Measurements, sources, visibility and health effects, and mitigation. *Particuology* 13: 1–26.
18. Riera, E.; Gonzalez-Gomez, I.; Rodrigue, G.; Gallego-Juarez, J.A. 2015. Ultrasonic agglomeration and preconditioning of aerosol particles and other applications. *Powder Ultrasonics* 38(1–8): 1023–58.
19. Sanchez-Soberon, F.; Rovira, J.; Mari, M.; Sierra, J.; Nadal, M.; Domingo, J.; Schuhmacher, M. 2015. Main components and human health risks assessment of PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁ in two areas influenced by cement plants. *Atmospheric Environment* 120: 109–116.
20. Sarabia, E.R.; Elvira-Segura, L.; Gonzalez-Gomez, I. 2003. Investigation of the influence of humidity on the ultrasonic agglomeration of submicron particles in diesel exhausts. *Ultrasonics* 41: 277–281.
21. Sheng, C.; Shen, X. 2006. Modelling of acoustic agglomeration processes using the direct simulation Monte Carlo method. *Journal of Aerosol Science* 37(1): 16–36.
22. Sun, D.; Zhang, X.; Fang, L. 2013. Coupling effect of gas jet and acoustic wave on inhalable particles agglomeration. *Journal of Aerosol Science* 66: 12–23.
23. Wang, Y.; Hu, J. 2016. Ultrasonic removal of coarse and fine droplets in air. *Separation and Purification Technology* 153: 156–161.
24. Zhou, D.; Luo, Z.; Fang, M.; Lu, M.; Jiang, J.; Chen, H.; He, M. 2016. Numerical calculation of particle movement in sound wave fields and experimental verification through high-speed photography. *Applied Energy* 185(2): 2245–2250.
25. Хмелев, В.Н.; Шалунов, А.В.; Шалунова, К.В.; Цыганок, С.Н.; Барсуков, Р.В.; Сливин, А.Н. 2010. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей. Монография. Бийск. Издательство Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REVIEW AND PROSPECTS OF RESEARCH PARTICULE AGGLOMERATION IN ACOUSTIC FIELD

Summary

Atmospheric emissions of particulate matter nowadays is very important global problem. The highest atmospheric pollution with particulate matter is from the processing industry, solid fuel combustion and from existing diesel engines. In order to effectively reduce the particle entry into the atmosphere, there is creating a range of modern air purification equipment, techniques and methods. One of these methods - agglomeration of particles by subjecting them to an acoustic field. The work contains the agglomeration of particles in acoustic field research review. There is discussed specific particle agglomeration stands design, principles of operation and efficiency and conclusions.

Key words: pollution, solid particles, acoustic field, agglomeration.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Irina Grinbergienė

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos inžinerijos katedros lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: aplinkos užterštumo problemos

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 686 60623, irina.grinbergiene@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Audrius, Čereška

Science degree and name: doctor, professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics faculty, Mechanical engineering department professor

Author's research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems

Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

Author name, surname: Irina Grinbergienė

Science degree and name: graduate student, lecturer

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty, Mechanical engineering department associated lecturer

Author's research interests: problems of environmental pollution

Telephone and e-mail address: +370 686 60623, irina.grinbergiene@vgtu.lt

UŽTERŠTUMO KIETOSIOMIS DALELĖMIS PROBLEMOS ANALIZĖ

Audrius Čereška, Irina Grinbergienė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

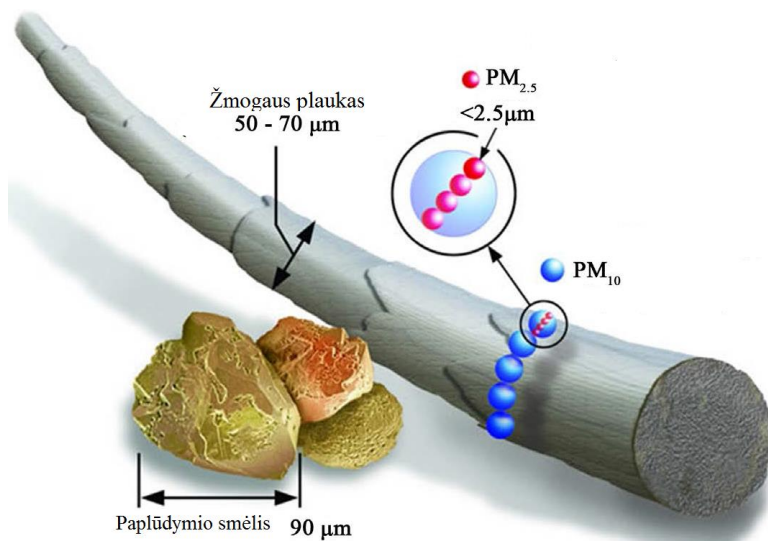
Anotacija. Didėjant industrializacijos ir transporto srautų mastams didėja ir atmosferos užterštumas. Viena iš užterštumo problemų užterštumas kietosiomis dalelėmis. Didžiausius kietųjų dalelių kiekius į atmosferą išmeta metalo apdirbimo pramonė, kietojo kuro deginimas, dyzelinių variklių eksploatavimas ir t.t. Dėl itin mažų dydžių šios dalelės atmosferoje gali nukeliauti didelius atstumus. Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, padidintas oro užterštumas kietosiomis dalelėmis daro įtaką sergamumo kvėpavimo bei širdies ir kraujagyslių ligomis didėjimui. Straipsnyje atlikta užterštumo kietosiomis dalelėmis apžvalga. Pateikti dalelių teršiančių aplinką dydžiai ir jų ryšys su pavojingumu aplinkai ir žmogaus sveikatai. Parodytas kietųjų dalelių koncentracijos pasiskirstymas pasaulio mastu. Pateikta kietųjų dalelių prasiskverbimo į žmogaus organizmą schema ir žmogaus sveikatai daroma žala. Atliktas užterštumo kietosiomis dalelėmis analizės apibendrinimas.

Reikšminiai žodžiai: užterštumas, kietosios dalelės, koncentracija, žala sveikatai.

Įvadas, užterštumo kietosiomis dalelėmis apžvalga

Pasaulyje didėjant industrializacijos ir transporto srautų mastams kartu didėja ir atmosferos užterštumas. Didžiausias dėmesys skiriamas atmosferos užterštumui kietosiomis dalelėmis. Oro užterštumas kietosiomis dalelėmis yra pagrindinė miestų aplinkos oro kokybės problema. Kietosios dalelės – tai ore esančių dalelių ir skysčio lašelių (aerolių) mišinys, kurio sudėtyje gali būti įvairių komponentų – rūgščių, sulfatų, nitratų, organinių junginių, metalų, dirvožemio dalelių, dulkių, suodžių ir kt. Į orą išmetamos kietosios dalelės labai skiriasi savo fizine ir chemine sudėtimi, skirtingi yra dalelių dydžiai ir jų išmetimo šaltiniai. Mokslininkai, medikai ir kitos organizacijos nagrinėja šių teršalų padarinius žmonių sveikatai, kuriamos įvairios direktyvos, reglamentai, skirti kietųjų dalelių patekimo į atmosferą mažinimo prevencijai.

Pavojingiausiomis laikomos smulkiausios dalelės PM_{2,5}. Nustatyta, jog PM_{2,5} dalelės yra prisotintos toksiškais sunkiaisiais metalais, rūgštiniais oksidais ir organiniais teršalais, kurie patenka į žmogaus organizmą per kvėpavimo takus ir sukelia rimtus sveikatos sutrikimus miestų gyventojams (WHO, 2005). PM_{2,5} dalelių dydžio palyginimas su kitais smulkiais objektais pateiktas 1 paveiksle.



1 pav. Kietųjų dalelių PM₁₀ ir PM_{2,5} dydžių lyginimas su žmogaus plauku ir smėlio dalelėmis

Šaltinis: EPA, 2014

Pagrindiniai oro teršimo šaltiniai Lietuvoje ir pasaulyje yra energetikos objektai - šiluminės elektrinės ir katilinės, pramonės įmonės bei transportas.

Smulkios kietosios dalelės PM_{2,5} tai tokios dalelės, kurių aerodinaminis skersmuo yra iki 2,5 µm. Atsižvelgiant į šių dalelių pavojų žmogaus sveikatai, JAV 1997 buvo įkurta Aplinkos apsaugos agentūra, kuri standartais apibrėžė normatyvus tokio pobūdžio taršai. Standartai ilgainiui buvo tobulinami ir nustatyti šie PM_{2,5} normatyvai: išmetimai paros bėgyje negali viršyti 35 µg/m³, o metinis vidurkis negali viršyti 12 µg/m³.

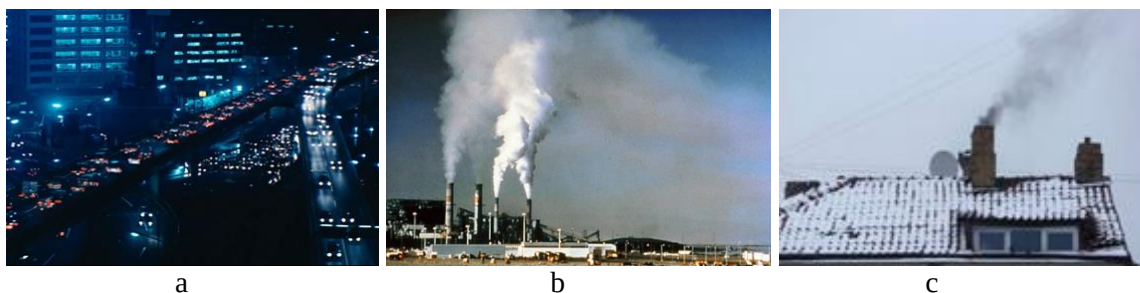
Dėl itin mažų dydžių šios dalelės atmosferoje gali nukeliauti didelius atstumus (Pui et al., 2014: 1-26). Kietųjų dalelių išsiskyrimas – neatsiejamas dyzelinių variklių naudojimo padarinys. Tokių dalelių, išsiskiriančių veikiant šioms varikliams dispersiškumas yra nuo 50 nm iki 1 µm (Kihong et al., 2004: 881-889, Burtscher, 2005: 896-932). Didžiausi smulkių kietųjų dalelių kiekiai patenka į atmosferą gaminant cementą

(Sanchez-Soberon et al., 2015: 109-116). Pusė visų kietųjų dalelių išsiskiriančių cemento gamybos metu yra mažesnės negu $2,5\ \mu\text{m}$ (Gupta et al., 2012: 343-351).

Darbo tikslas: apžvelgti užterštumo kietosiomis dalelėmis problemą ir atlikti užterštumo mažinimo galimybių analizę.

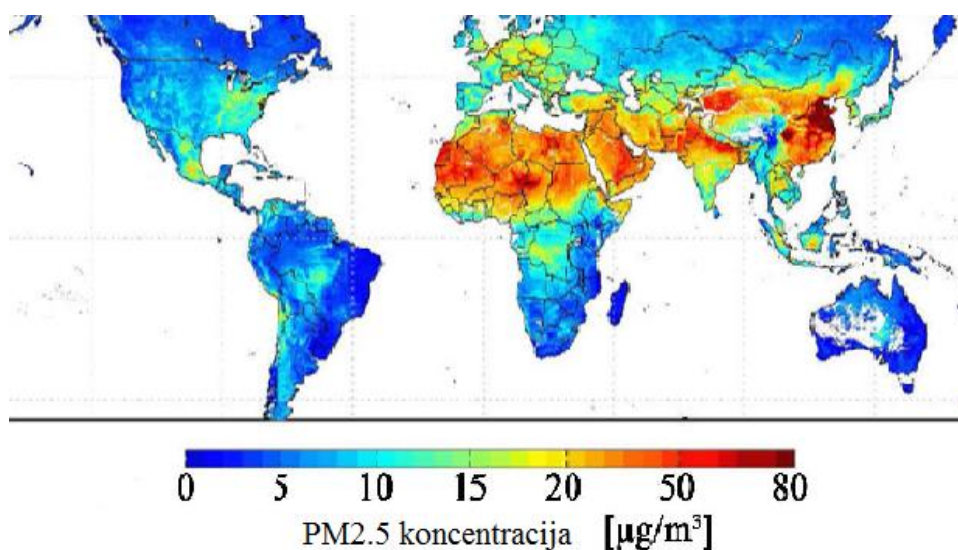
Oro taršos šaltiniai

Oro tarša yra visos ne tik Lietuvos, ne tik Europos, bet visos žemės problema. Oro teršalai, išskirti vienoje valstybėje, gali keliauti atmosfera ir pabloginti oro kokybę kitur. Oro taršos šaltiniai įvairūs – tiek antropogeniniai, tiek gamtiniai. Oro taršos šaltiniai: iškastinio kuro deginimas elektros energijai gaminti, transportas, pramonė ir namų ūkiai (2 pav.); pramoniniai procesai ir tirpiklių naudojimas, pvz., chemijos ir mineralų pramonėje; žemės ūkis; atliekų perdirbimas; vulkanų išsiveržimai, smėlio audros, jūros druskos aerozoliai ir lakiųjų organinių junginių garavimas iš augalų, – gamtinių išmetimo šaltinių pavyzdžiai ir t.t.



2 pav. Užterštumo šaltiniai: a – transportas, b – pramonė, c – kietojo kuro deginimas

Viena iš didžiausių aplinkos užterštumo problemų yra užterštumas kietosiomis dalelėmis. Kietųjų dalelių $\text{PM}_{2.5}$ koncentracija pasaulio šalyse vaizduojama (3 pav.).



3 pav. Kietųjų dalelių $\text{PM}_{2.5}$ koncentracijos pasiskirstymas
Šaltinis: Qu, 2013: 37-45

Matoma, kad didžiausias užterštumas jomis vyrauja gausiai industrializuotose valstybėse, ypač Kinijoje (Zhu and Kung, 2014: 315-322). Tuo tarpu mažiausi išmetimai vyrauja Pietų ir Šiaurės Amerikoje, Pietų Afrikoje, Australijoje ir Šiaurinėje Azijoje.

Dažniausiai kietųjų dalelių koncentracijos padidėjimą lemia autotransporto sukelta tarša, statybų, gatvių tiesimo, remonto darbai, kūrenimas kietuoju kuru, nepalankios teršalų išsisklaidymui meteorologinės sąlygos (rūkas, dulksna, silpnas vėjas).

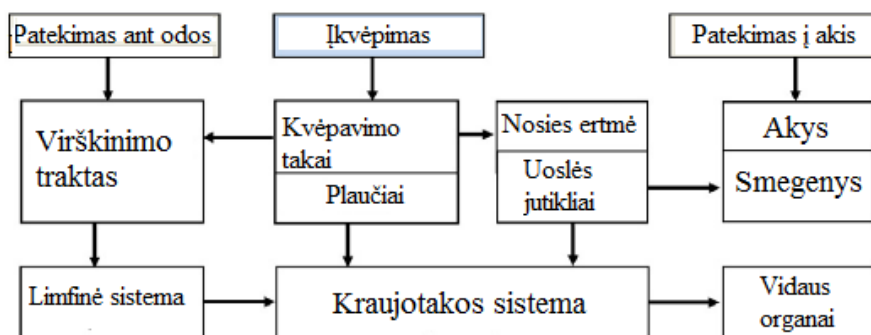
Oro tarša kenkia žmogaus sveikatai ir aplinkai. Per pastaruosius dešimtmečius Europoje gerokai sumažėjo daugelio į orą išmetamų teršalų kiekiai, todėl oro kokybė pagerėjo. Tačiau oro teršalų koncentracijos vis dar per didelės, ir oro kokybės problema išlieka. Didelė dalis Europos gyventojų gyvena zonose, ypač miestuose, kur nesilaikoma oro kokybės standartų: užterštumas ozonu, azoto dioksidu ir kietosiomis dalelėmis (KD) kelia didelį pavojų sveikatai. Kelios valstybės 2010 m. viršijo vienos arba kelių keturių svarbių oro teršalų emisijos normas. Taigi mažinti oro taršą vis dar yra svarbu.

Užterštumo poveikis žmogaus sveikatai

Pasaulinės sveikatos organizacijos (PSO) statistikos duomenimis atmosferos tarša kasmet sukelia 3,7 milijono priešlaikinių mirčių (WHO, 2014). Iš visų medžiagų teršiančių atmosferą labiausiai žalingomis žmonių sveikatai iškiriamos kietosios dalelės (Cohen et al., 2005: 1301-1307; EEA, 2013). 2,4 mln mirčių kasmet žmones ištinka dėl kietųjų dalelių sukeltų susirgimų (Sierra-Vargas & Teran, 2012). Kietosios dalelės, patekusios į žmogaus organizmą sukelia tokias ligas kaip astma, bronchitas, širdies-kraujagyslių ligos ir plaučių vėžys (Anderson et al., 2012: 166-175).

Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis vienas ryškiausių taršos kietosiomis dalelėmis PM_{2,5} padarinys – astma, kuri laikoma chronišku susirgimu ir gali atsirasti jau ankstyvoje vaikystėje (Nawahda, 2013: 1-7).

Kietųjų dalelių parametrai, turintys įtakos jų pavojingumui yra jų dydis ir cheminė sudėtis. Kietųjų dalelių dispersiškumas svyruoja nuo mikrometrų iki nanometrų. Dalelės, kurių skersmuo yra 10 mikrometrų ir mažesnis (PM₁₀) geba patekti ir žmogaus kvėpavimo takus ir pasiekti plaučius (US EPA 2013). Stambesnės dalelės nuo 10 iki 2,5 μm (PM_{10-2,5}) nusėda viršutiniuose kvėpavimo takuose. Tuo tarpu smulkios dalelės (t.y. tokios, kurių skersmuo mažesnis negu 2,5 μm prasiskverbia giliau į plaučius, taip pat gali pasiekti ir kraujotakos sistemą (Anderson et al., 2012: 166-175). Tokių dalelių kelias joms patekus į žmogaus organizmą pateikta 4 paveiksle.



4 pav. Smulkių kietųjų dalelių prasiskverbimo į žmogaus organizmą schema

Šaltinis: Chen et al., 2016: 2844-2855

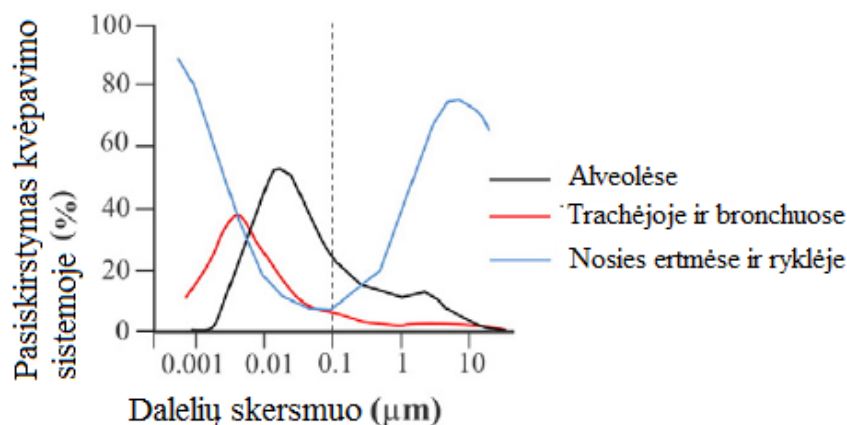
Kuo mažesnis dalelių skersmuo, tuo gilesnius kvėpavimo takus jos pasiekia ir gali pradėti kauptis tam tikrose plaučių vietose ar netgi patekti į kraują. KD₁₀ dalelės (kurių dydis ore yra nuo 2,5 μm iki 10 μm) kelia didžiausią susirūpinimą, kadangi jos yra pakankamai mažos, kad galėtų prasiskverbti giliai į plaučius ir tokiu būdu sukelti didelę grėsmę žmogaus sveikatai. Didesnės kietosios dalelės sulaikomos viršutiniuose kvėpavimo takuose ir dažniausiai čiaudint ar kosint iš jų pašalinamos.

Skirtingi kietųjų dalelių dydžiai skirtingai veikia žmogaus organizmą. Kai kurios mūsų pačių savybės, tokios kaip čiaudulys, kosėjimas padeda mums apsaugoti, bet smulkesnės dalelės (pvz.: septintadalio plauko storio ir mažesnės), patenka į organizmą, į plaučius, kur kvėpavimo proceso būdu per kraują yra išnešiojamos po visą organizmą, lygiai taip pat, kaip yra išnešiojamas mums reikalingas deguonis, kuriuo kvėpuojame. Iš principo nesvarbu, kokio dydžio yra dalelės, jos yra pavojingos sveikatai. Kai kurie specialistai kvėpavimą oru, kuris yra užterštas kietosiomis dalelėmis, prilygina rūkymui, kadangi pokyčiai, kurie vyksta kvėpuojant kietosiomis dalelėmis yra panašūs į tuos, kurie vyksta ir rūkant.

Padidėjus aplinkos ore kietųjų dalelių koncentracijai, stebimi ūmūs sveikatos sutrikimai: dirginami viršutiniai kvėpavimo takai – peršti nosį, gerklę, atsiranda kosulys bei apsunkintas kvėpavimas. Tarp sergančių lėtinėmis kvėpavimo ar kraujotakos sistemos ligomis pastebimi šių ligų paūmėjimai – ypač bronchinės astmos, obstrukcinio bronchito priepuolių, širdies veiklos sutrikimų. Be to, kietosios dalelės absorbuoja toksines medžiagas bei mikroorganizmus ir perneša juos į gilesnius kvėpavimo takus, o tai gali sukelti lėtinius apsinuodijimus, alergines organizmo reakcijas. Epidemiologinių mokslinių tyrimų duomenimis, kietųjų dalelių poveikis siejamas su vidutinio būsimą gyvenimo trukmės sumažėjimu, daugiausiai dėl mirtingumo nuo kvėpavimo ir kraujotakos sistemos ligų bei plaučių vėžio.

Vaikai, ypač kūdikiai, nėščiosios, vyresnio amžiaus žmonės bei asmenys, sergantys astma ir kitomis kvėpavimo bei kraujotakos sistemos ligomis, yra jautresni neigiamam užterštos aplinkos poveikiui.

Mokslininkai (Oberdoster et al., 2005: 823-839) ištyrė ir smulkių aerozolių pasiskirstymą žmogaus kvėpavimo sistemoje (5 pav.).



5 pav. Smulkių kietųjų dalelių pasiskirstymas žmogaus kvėpavimo sistemoje

Šaltinis: Oberdoster et al., 2005: 823-839

Mokslininkų išvados teigia, jog kuo dalelės yra smulkesnės, tuo didesnis jų pavojus sveikatai. Itakos turi ir tai, kad tokiose dalelėse yra įvairių toksinių medžiagų, pvz. rūgščių ir sunkiųjų metalų (Casse et al., 2013: 802-812). Kietųjų dalelių dispersiškumas ir cheminė sudėtis priklauso ir nuo tokių aplinkos parametrų kaip orų pokyčiai ir metų laikas. Taip pat pažymimas ir teršalų emisijų šaltinio tipas. Dėl sunkiųjų metalų, esančių kietosiose dalelėse jos pasižymi kancerogeniniu poveikiu (Sanchez-Soberon et al., 2015: 109-116).

Kietosios dalelės, azoto dioksidas ir pažemio ozonas dabar laikomi trimis didžiausią poveikį žmonių sveikatai darančiais teršalais. Ilgalaikio ir maksimalaus šių teršalų poveikio padariniai įvairuoja: nuo kvėpavimo takų pažeidimo iki ankstyvosios mirties. Maždaug 90 % miesto gyventojų Europoje yra veikiami tokių teršalų koncentracijų, kurios viršija sveikatai kenksmingus oro kokybės lygius. Pavyzdžiui, ore esančios smulkios kietosios dalelės (KD_{2,5}) tikėtiną gyvenimo trukmę ES sumažina daugiau nei aštuoniais mėnesiais. Vis didesnę rūpestį keliantis kancerogeninis teršalas yra benzo(a)pirenas, kurio koncentracijos keliose miesto zonose, ypač Vidurio ir Rytų Europoje, viršija normas, nustatytas žmogaus sveikatai apsaugoti.

Apsauga nuo teršalų

Padidėjus aplinkos oro taršai, gyventojams patariama riboti darbinę veiklą ir fizinį aktyvumą lauke, neatidarinėti orlaidžių, langų, sergantiems lėtinėmis ligomis pasirūpinti vaistų atsarga, jei įmanoma, pasistengti išvykti iš didmiesčio, ypač asmenims, jautresniems užteršto oro poveikiui. Žmonės gali naudoti vadinamuosius respiratorius (6 pav.), bet jie turi turėti storesnę sluoksnį. Tie, kurie naudojami buityje ar parduodami vaistinėse, netinka, nes kvėpavimo takus apsaugo labai menkai. Specialūs respiratoriai geriau filtruoja, juose nusėda daugiau teršalų. Žmonės turėtų suklusti ir susimąstyti, koku oru jie kvėpuoja ir turėtų stengtis daryti viską, kad tik į orą patektų kuo mažiau kenksmingų medžiagų. Prie oro kokybės gerinimo siekiančiam prisidėti pavieniam ir komforto nenorinčiam atsisakyti žmogui yra patariama eksploatuoti techniškai tvarkingą automobilį.

Suvartojant perpus mažiau energijos, įgyvendinant ES direktyvas, keičiantis ekonominėms sąlygoms, taikant energiją tausojančias technologijas, eksploatuojant mažiau kuro naudojančias transporto priemones ir sustabdžius aplinkai kenksmingus pramonės objektus, aplinkos oro teršalų išmetimai Lietuvoje per daugelį metų sumažėjo perpus. Bendrai Lietuvoje makro skalėje oro kokybė pagerėjo, tačiau traukos taškų – intensyviais transporto srautais pasižyminčių didžiųjų miestų – mikroskalėje aplinkos oro kokybė išlieka pastovi, net įvertinus sumažėjusią tarp valstybių teršalų pernašų kiekį.

Apibendrinimas

Atlikus apžvalgą aišku, kad dalelės kurių skersmuo 1-10 μm skersmens ribose žmogaus nosies ertmėse ir ryklėje pasiskirsto apie 80 %. Taigi pačios pavojingiausios yra dalelės kurių skersmuo nuo 1-10 μm. Abveolėse apie 50 % dalelių pasiskirsto kurių skersmuo nuo 0,01-0,1 μm. Trachėjoje ir bronchuose dalelės kurių skersmuo nuo 0,001-0,01 μm. Taigi pavojingiausios dalelės nuo 1-10 μm. Maždaug 90 % miesto gyventojų Europoje yra veikiami tokių teršalų koncentracijų, kurios viršija sveikatai kenksmingus oro kokybės lygius.



6 pav. Saugos priemonės

Padidėjus aplinkos oro taršai, reikia riboti darbinę veiklą ir fizinį aktyvumą lauke, neatidarinėti orlaidžių, langų, sergantiems lėtinėmis ligomis pasirūpinti vaistų atsarga. Paprasčiausios saugos priemonės respiratoriai turintys storesnį sluoksnį.

Svarbiausias uždavinys didėjant aplinkos užterštumui ieškoti įvairių naujų eksperimentinių, teorinių ir skaitinių metodų mažinančių aplinkos taršą.

Išvados

1. Šiuo metu daugiausia mokslininkų ir medikų dėmesio yra skiriama atmosferos užterštumui smulkiais kietosiomis dalelėmis PM 2,5 ir jų keliamiems padariniams žmogaus sveikatai.

2. Didžiausia tarša dalelėmis PM 2,5 vyrauja labiausiai industrializuotose Pasaulio valstybėse, ypatingai išskiriama Kinija. Tuo tarpu mažiausi išmetimai vyrauja Pietų ir Šiaurės Amerikoje, Pietų Afrikoje, Australijoje ir Šiaurinėje Azijoje. Lietuvoje aplinkos oro teršalų išmetimai kasmet mažėja.

3. Dėl kietųjų dalelių sukeltų susirgimų žmonės kasmet ištinka 2,4 mln. priešlaikinių mirčių. Smulkios kietosios dalelės sukelia įvairias širdies-kraujagyslių, odos ir kitas ligas. Taip pat jos pasižymi ir kancerogeniniu poveikiu.

4. Atsižvelgiant į šiame darbe aprašytus atmosferos taršos smulkiais kietosiomis dalelėmis poveikį žmonių sveikatai, mokslininkai nuolat kuria metodus ir technologijas, kurių pagalba būtų galima ženkliai ir efektyviai mažinti kietųjų dalelių PM 2,5 išmetimus į atmosferą.

Literatūra

1. Anderson, J.O.; Thundiyil, J.G.; Stolbach, A. 2012. Clearing the air: a review of the Effects of particulate matter air pollution on human health. *Journal of Medical Toxicology* 8: 166-175.
2. Burtscher, H. 2005. Physical characterization of particulate emissions from diesel engines. Institute for Sensors and Signals, University of Applied Sciences, Aargau, Klosterzelgstrasse, CH-5210 Windisch, Switzerland *Aerosol Science* 36: 896-932.
3. Cassee, F.R.; Heroux, M.E.; Gerlofs-Nijland, M.E.; Kelly, F.J. 2013. Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituents and sources of emission. *Inhalation Toxicology* 25: 802-812.
4. Chen, R.; Hu, B.; Liu, Y.; Xu, L.; Yang, G.; Xu, D.; Chen, Ch. 2016. Beyond PM2.5: The role of ultrafine particles on adverse health effects of air pollution. *Biochimica and Biophysica Acta* 1860: 2844-2855.
5. Cohen, A.J.; Ross Anderson, H.; Ostro, B.; Pandey, K.D.; Krzyzanowski, M.; Künzli, N.; Gutschmidt, K.; Pope, A.; Romieu, I.; Samet, J.M.; Smith, K. 2005. The global burden of disease due to outdoor air pollution. *Journal of Toxicology Environmental Health. Part A* 68: 1301-1307.
6. EEA, 2013. Air Quality in Europe 2013 Report, EEA report. Copenhagen. <http://dx.doi.org/10.2800/92843>.
7. EPA, U.: AirNow. 2014. [Interaktyvus]. Žiūrėta 2017 m. balnadžio mėn 28 d. Prieiga per internetą: <<http://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>>.
8. Gupta, R.K.; Majumdar, D.; Trivedi, J.V.; Bhanarkar, A.D. 2012. Particulate matter and elemental emissions from a cement kiln. *Fuel Process Technology* 104: 343-351.
9. Kihong, P.; Kittelson, D.B.; McMurry, P.H. 2004. S Structural Properties of Diesel Exhaust Particles Measured by Transmission Electron Microscopy (TEM). Relationships to Particle Mass and Mobility Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota *Aerosol Science and Technology*, 38: 881-889.
10. Nawahda, A. 2013. The association of PM2.5 and surface ozone with asthma prevalence among school children in Japan: 2006-2009. *Health* 10A2: 1-7.
11. Oberdorster, G.; Oberdorster, E.; Oberdorster, J. 2005. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles, *Environmental Health Perspectives* 113: 823-839.
12. Pui, D.; Chen, Sh.; Zuo, Z. 2014. PM2,5 in China: Measurements, sources, visibility and health effects, and mitigation. *Particuology* 13: 1-26.
13. Qu, Z. 2013. Source Appointment of PM2.5 in Urban Atmospheric Environment. *Environmental Science*, 21: 37-45.

14. Sanchez-Soberon, F.; Rovira, J.; Mari, M.; Sierra, J.; Nadal, M.; Domingo, J.; Schuhmacher, M. 2015. Main components and human health risks assessment of PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ in two areas influenced by cement plants. *Atmospheric Environment* 120: 109-116.
15. Sierra-Vargas, M.P.; Teran, L. M. 2012. Air Pollution: Impact and Prevention. *Respirology* 17: 1031-1038.
16. US EPA, 2013. Particulate Matter, Air & Radiation: US EPA [Interaktyvus]. Žiūrėta 2017 m. balandžio mėn 28 d. Prieiga per internetą: <<http://www.epa.gov/pm/>>.
17. WHO: Frequently Asked Questions: Ambient and Household Air Pollution and Health. 2014. [Interaktyvus]. Žiūrėta: 2017 m. balandžio mėn. 28 d. Prieiga per internetą: <http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/faqs_air_pollution.pdf?ua%41>.
18. World health organization, WHO air Quality Guidelines Global Update 2005, Bonn, Germany
19. Zhu, D.; Kung, M. 2014. Current City Problems in Beijing: Discussion of PM_{2.5} related toxic Air Pollution. *Current Urban Studies* 2: 315-322.

ANALYSIS OF AIR POLLUTION PROBLEMS CAUSED BY SOLID PARTICLES

Summary

With increasing industrialization and growing traffic stream increases an atmospheric pollution. The most important problem is particulate matter pollution. The highest particulate matter emissions are emitted by the metal finishing industry, solid fuel burning, diesel engine operation, etc. Due to the extremely small size of the particles in the atmosphere they can travel long distances. The World Health Organization estimates that increased air pollution by particulate matter affects the incidence of respiratory and cardiovascular diseases increase. The paper made an overview of contamination by solid particles. The polluting particle sizes and their relation to hazards to the environment and human health. Displayed particle concentration distribution globally. There is presented small particle penetration into the human body diagram, effects on human health and caused injury. An analysis of particulate matter pollution generalization is discussed.

Key words: pollution, solid particles, concentration, harmful effect on health.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Irina Grinbergienė

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos inžinerijos katedros lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: aplinkos užterštumo problemos

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 686 60623, irina.grinbergiene@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Audrius, Čereška

Science degree and name: doctor, professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics faculty, Mechanical engineering department professor

Author's research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems

Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

Author name, surname: Irina Grinbergienė

Science degree and name: graduate student, lecturer

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty, Mechanical engineering department associated lecturer

Author's research interests: problems of environmental pollution

Telephone and e-mail address: +370 686 60623, irina.grinbergiene@vgtu.lt

INVESTIGATION OF ATTENUATION CONSTANT OF ELECTROMAGNETIC WAVES PROPAGATING IN THE GYROELECTRIC n -InAs AND n -InSb WAVEGUIDES

Darius Plonis, Andrius Katkevičius
Vilnius Gediminas Technical University

Abstract. The investigation results of the open circular gyroelectric waveguides with two layers of dielectric material added to the gyroelectric core of the waveguide are presented in this paper. The comparison of models of n -InAs and n -InSb waveguides is performed in order to estimate the dependencies of the attenuation of the electromagnetic waves in these models of waveguides. Models of n -InAs and n -InSb waveguides are also compared by estimating the attenuation dependencies on the longitudinal magnetic flux density. The performed investigation showed that it is possible to receive 1.73 times higher attenuation of the electromagnetic waves using n -InSb waveguides instead of n -InAs.

Key words: Gyroelectric waveguides, electromagnetic waves attenuation, magnetic flux density.

Introduction

Models of open cylindrical gyroelectric n -InSb and n -InAs type waveguides are investigated in this article. Gyroelectric microwave devices such as phase shifters are produced using gyrotropic waveguides (Eldek, 2008: 177–187), (Che, 2004: 263–275).

New models of waveguides are developed with the evolution of microwave technologies. Most new models of waveguides consist of a dielectric core and the anisotropic shell. The anisotropic cladding is made by applying the silver and dielectric rings or graphene layers on the dielectric core. Such waveguides models are applicable in the field of telecommunications in developing photonic transmission lines, nano waveguides or antennas (Zhang, 2009: 1242 – 1245), (Huang, 2008).

Semiconductors materials such as GaAs are used in antennas as well. Usually gyrotropic waveguides are used to build a polarizer based on Faraday effect. An example of such polarizer, designed to work in 74–110 GHz frequency range, is discussed by Erickson, R. N. (Erickson, 2007: 2495–2501).

Propagation of electromagnetic (EM) waves in gyroelectric waveguides based on Green's function is described in article (Liu, 2000: 231–259). The propagation of electromagnetic waves in open cylindrical SiC waveguides is analyzed in (Nickelson, 2009: 87–90), (Nickelson, 2009: 573–577).

The attenuation of electromagnetic waves in magneto-active waveguides increases at the higher electron (hole) density, therefore the electromagnetic waves are absorbed. This is the reason, which limits the application area of these waveguides for the transmission of information, because the part of the information is lost.

The research of gyroelectric semiconductor waveguides are usually carried out by the determination of technical cut-off frequencies of gyroelectric waveguides (Nickelson, 2008: 35–51), but attenuation of electromagnetic waves is usually not evaluated, because the evaluation of attenuation of electromagnetic waves increases the duration of calculation.

The aim of the paper is to investigate the attenuation constant of open cylindrical semiconductor-dielectric (gyroelectric) waveguides and the influence of external dielectric layers on the attenuation constant.

It is possible to reduce or to select the appropriate attenuation of electromagnetic waves in the microwave attenuators by correctly selecting the complex relative dielectric permittivity of the external dielectric layer. Microwave attenuators could be controlled by an external magnetic field.

The dependence of attenuation constant of electromagnetic waves from the longitudinal magnetic flux density B_0 and the variation of this parameter from the complex relative permittivity of the external dielectric layer are discussed in this paper.

Parameters of models of gyroelectric waveguides can be operated by changing the temperature T ; an external magnetic flux density B_0 and free carrier density N ; the normalized thickness $d_{1,2}/r^s$ of the external dielectric layer and permeability $\varepsilon_{r,2}^d$ of complex relative dielectric layers: lower indexes 1 is the complex relative permittivity of the first external dielectric layer; 2 is the complex relative permittivity of the second external dielectric layer.

Electrodynamic models of open cylindrical gyroelectric waveguides has been well discussed and described in the cylindrical coordinate system in the paper (Plonis, 2016: 414–424). Therefore, they will not be presented here.

The investigation of attenuation constant

Models of the gyroelectric (semiconductor-dielectric) n -InAs and n -InSb waveguides were investigated with the variation of the longitudinal magnetic flux density B_0 and the normalized thickness $d_{1,2}/r^s$ of the

isotropic external dielectric layer (there r^s is the radius of gyroelectric core) and the electron density N of the semiconductor.

Propagation of the electromagnetic waves is usually described with complex propagation constant in waveguides. This constant can be described as $\gamma = \beta - j\alpha$, there β is the phase coefficient of electromagnetic wave rad/m; α is the attenuation constant of electromagnetic wave, 1/m; j is the complex imaginary number $j = \sqrt{-1}$.

Investigation of models of the semiconductor-dielectric gyroelectric n -InAs waveguides is carried out by assessing the permittivity constant $\epsilon_k^s = 15.2$, of semiconductor, mobility $\mu = 0.001 \text{ m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, effective mass $m^* = 0.02m_e$ and density $N = 10^{19} \text{ m}^{-3}$ of electrons.

Dependencies of attenuation constant of electromagnetic waves on the longitudinal magnetic flux in gyro-electrical n -InSb waveguides models are calculated when permittivity constant is equal to $\epsilon_k^s = 17.7$, effective mass is equal to $m^* = 0.013m_e$, mobility is equal to $\mu = 0.001 \text{ m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ and the density of electrons is the same as in the n -InAs waveguide case.

Three dielectric types are selected for the isotropic dielectric layers which complex relative dielectric permittivity was taken from reference works (Вольман, 1982). Complex dielectric permittivity of ST-5 dielectric is $\epsilon_r^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$; permittivity of polikor is $\epsilon_r^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$; permittivity of TM-15 ceramic is $\epsilon_r^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$.

Attenuation characteristics of electromagnetic waves, which propagate in the modules of n -InAs and n -InSb waveguides, are presented as dependencies of attenuation coefficient α on the magnetic flux density B_0 . The studies are carried out when the basic HE_{11} type waves propagate in the n -InAs waveguides when the normalized frequency of electromagnetic wave is equal to $fr^s = 0.03 \text{ GHz}\cdot\text{m}$.

First of all the characteristics of electromagnetic waves attenuation are investigated when complex relative dielectric permittivity's of external dielectric layers are equal to $\epsilon_{r1}^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$ and $\epsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$. The positions of external dielectric layers are reversed afterwards. Then the investigation is repeated with $\epsilon_{r1}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$ and $\epsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, complex relative dielectric permittivity's. The positions of external dielectric layers are reversed afterwards again.

Dependencies of attenuation coefficients α of electromagnetic waves on the longitudinal magnetic flux density B_0 in models of n -InAs waveguides are presented in (Fig. 1). Characteristics of its nature are the same with increasing magnetic flux density B_0 . The highest attenuation of electromagnetic waves is obtained in n -InAs waveguides models when $B_0 = 0$ (Fig. 1). Real parts of tensor components of relative permittivity, which describes the core properties of gyroelectric waveguides, becomes equal to the constant of dielectric permittivity ($\text{Re}(\epsilon_{xx}^p) = \text{Re}(\epsilon_{zz}^p) = \epsilon_k^p$), in this case. Imaginary parts ($\text{Im}(\epsilon_{xx}^p) = \text{Im}(\epsilon_{zz}^p)$) becomes equal too and the components of tensors disappears ($\text{Re}(\epsilon_{xy}^p) = \text{Im}(\epsilon_{xy}^p) = 0$). The gyrotropy is repealed and models of gyroelectric waveguides turns into the models of layered dielectric waveguides in this case. The attenuation of electromagnetic waves is the same when magnetic flux density is equal to $B_0 = 0.22 \text{ T}$ (see Fig. Fig 1, a). The attenuation of electromagnetic waves decreases with increase of magnetic flux density B_0 in n -InAs waveguides in both cases.

The attenuation of electromagnetic waves in models of the gyroelectric n -InAs waveguides is reduced when complex relative dielectric permittivities of external dielectric layers are equal to $\epsilon_{r1}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$ and $\epsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, (Fig. 1, b). The electromagnetic field is more concentrated in the external dielectric layers in this case. The imaginary parts of complex relative dielectric permittivities of external dielectric layers are smaller as compared to imaginary parts of complex relative dielectric permittivities of tensors components.

The first external dielectric layer, witch complex permittivity is equal to $\epsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, reflects electromagnetic waves better when magnetic flux density varies from $B_0 = 0$ till $B_0 = 0.25 \text{ T}$, therefore the attenuation is better. The attenuation of electromagnetic waves decreases and remains the same in both cases of investigation if the magnetic flux density increases from $B_0 = 0.4 \text{ T}$ till the $B_0 = 1 \text{ T}$.

The maximum attenuation of electromagnetic waves is obtained in the gyroelectric n -InSb waveguides when external dielectric layers are used, which complex relative permittivity is equal to $\epsilon_{r1}^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$

and $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, (see Fig. 2, a). The attenuation of electromagnetic waves is almost the same in both investigation cases, when $B_0 = 0$. The attenuation decreases when B_0 increases and even more decreases when $\varepsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$ and $\varepsilon_{r2}^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$.

The attenuation of electromagnetic waves is even more decreased in the models of gyroelectric n -InSb waveguides when the external dielectric layers are used which complex permittivity is equal to $\varepsilon_{r1}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$ and $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, (Fig. 2, b).

The first external dielectric layer, which electrical permittivity is equal to $\varepsilon_{r1}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$, decreases the attenuation of electromagnetic waves more as compared to the second external dielectric layer, which electrical permittivity is equal to $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$. This is because the distance of second external dielectric layer is bigger from the gyroelectric core and the electromagnetic waves are affected less as compared to the first external dielectric layer, when electromagnetic waves are effected more.

The general requirement of dielectric waveguides is not satisfied that relative permittivity should decline from the core to the sides when the complex relative permittivity of external dielectric layers $\varepsilon_{r1}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$ and $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, are equal.

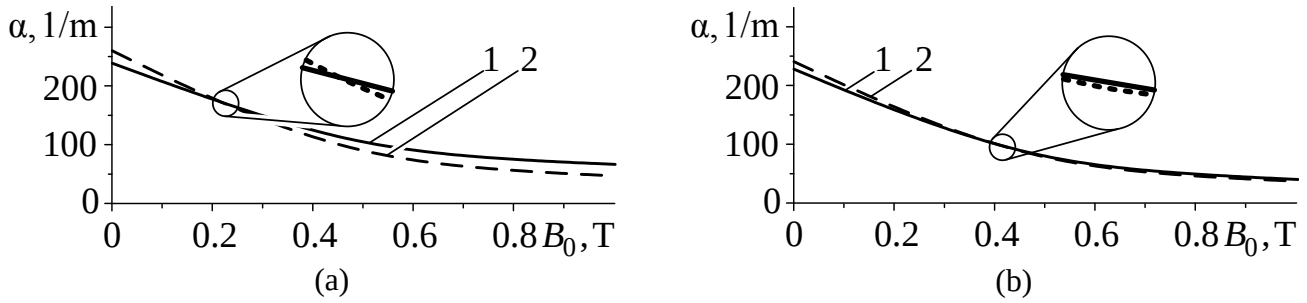


Fig. 1. Dependencies of attenuation coefficient α of HE_{11} waves of models of gyroelectric n -InAs waveguides on B_0 when,
 (a) 1 – $\varepsilon_{r1}^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$; 2 – $\varepsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$;
 (b) 1 – $\varepsilon_{r1}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$; 2 – $\varepsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$

Source: prepared by the author

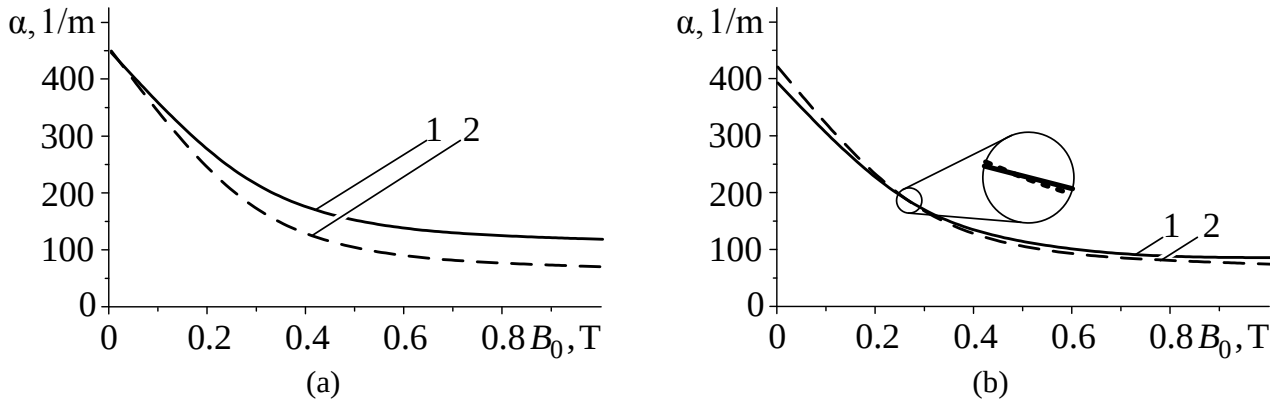


Fig. 1. Dependencies of attenuation coefficient α of HE_{11} waves of models of gyroelectric n -InSb waveguides on B_0 when,
 (a) 1 – $\varepsilon_{r1}^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$; 2 – $\varepsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 5(1 - j \cdot 9 \cdot 10^{-4})$;
 (b) 1 – $\varepsilon_{r1}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$; 2 – $\varepsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$, $\varepsilon_{r2}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$

Source: prepared by the author

The attenuation of electromagnetic waves is increased in the models of gyroelectric n -InSb waveguides again when the dielectrics $\varepsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$ and $\varepsilon_{r2}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$. The first external dielectric

$\varepsilon_{r1}^d = 15(1 - j \cdot 10^{-4})$ layer increases the attenuation of electromagnetic waves more as compared to the second external dielectric $\varepsilon_{r2}^d = 9.6(1 - j \cdot 10^{-4})$ layer.

The higher values of attenuation coefficient are obtained in waveguide models, which are made from n -InSb when compared to n -InAs. Gyroelectric waveguides, which are made from n -InSb, attenuates HE_{11} waves more, because the mobility of electrons is bigger when compared to models, which are made from n -InAs.

Conclusions

1. The investigation has shown that models of gyroelectric n -InAs and n -InSb waveguides can be applied to microwave attenuators and measurement systems of antennas sensitivity.
2. The maximum attenuation of electromagnetic waves is achieved in the models of gyroelectric waveguides: n -InAs – 261 1/m, n -InSb – 452 1/m, when $B_0 = 0$.
3. The differences between the waveguides arises because the electron mobility of the n -InSb semiconductor is higher than the electron mobility of the n -InAs semiconductor. Dielectric permittivities are almost similar for both semiconductor types.
4. The attenuation of the EM wave in n -InSb waveguides is 1.73 times larger, when $B_0 = 0$, than estimated for the n -InAs waveguides. The same differences are between electron mobilities (1.75 time) of semiconductors. Therefore, the attenuation of the EM waves can be predicted in waveguides.

References

1. Eldek A. A. 2008. Wideband 180° Phase Shifter using Microstrip-CPW- Microstrip Transition. *Progress In Electromagnetics Research B*, 2: 177–187.
2. Che -Q. W., Yung N. K. E., Wu K., Nie -D. X. 2004. Design Investigation on Millimeter Wave Ferrite Phase Shifter in Substrate Integrated Waveguide. *Progress In Electromagnetics Research*, 45: 263–275.
3. Huang Y., J., Lu W., T., Sridhar S. 2008. Nanowire Waveguide Made from Extremely Anisotropic Metamaterials. *Physical Review A*, 77(11).
4. Zhang Q., Jiang T., Feng Y. 2009. Slow Wave Propagation in a Dielectric Cylindrical Waveguide with Anisotropic Metamaterial Cladding. *Microwave Conference, 2009. APMC 2009. Asia Pacific*, 1242 – 1245.
5. Erickson R. N., 2007. A Low-Loss 74–110 GHz Faraday Polarization Rotator. *IEEE Transactions on Microwave Microwave Theory and Techniques*, 55(15): 2495–2501.
6. Liu S., Li L., W., Leong M., S., Yeo T., S. 2000. Theory of Gyroelectric Waveguides. *Progress In Electromagnetics Research*, 29: 231–259.
7. Nickelson L., Gric T., Asmontas S., Martavicius R. 2009. Electric Field Distributions of the Fast and Slow Modes Propagated in the Open Rod SiC Waveguide. *Electronics and electrical engineering*, 93: 87–90.
8. Nickelson L., Asmontas S., Gric T., Martavicius R., 2009. Analysis of Slow and Fast Modes of Lossy Ceramic SiC Waveguides. *Progress In Electromagnetics Research Symposium, Moscow, Russia, August 18–21, 2009*, 573–577.
9. Nickelson L., Asmontas S., Malisauskas V., Martavicius R., 2008. The dependence of Open Cylindrical Magnetoactive p -Ge and p -Si Plasma Waveguide Mode Cutoff Frequencies on Hole Concentrations. *J. Plasma Physics*, 75(1): 35–51.
10. Plonis D., Katkevičius A., Mališauskas V., Serackis A., Matuzevičius D. 2016. Investigation of New Algorithms for Estimation of Losses in Microwave Devices Based on a Waveguide or a Meander Line. *Acta Physica Polonica A*, 129(3): 414–424.
11. Вольман В., И. 1982. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. Москва: Радио и связь. 328 с

GIROELEKTRINIUS n -InAs IR n -InSb BANGOLAIÐŽIUS SKLINDANČIŲ ELEKTROMAGNETINIŲ BANGŲ SILPIMO KOEFICIENTŲ TYRIMAS

Santrauka

Straipsnyje yra pristatomi atvirųjų cilindrinų gyroelektrinių bangolaidžių, kuriuos sudaro gyroelektrinė šerdis ir du išoriniai dielektriniai sluoksniai, tyrimo rezultatai. Buvo palyginti n -InAs ir n -InSb pagrindo bangolaidžiai, siekiant išsiaiškinti elektromagnetinių bangų silpimo priklausomybę nuo bangolaidžio matmenų. Taip pat n -InAs ir n -InSb tipo bangolaidžiai naudojami, siekiant nustatyti silpimo priklausomybes nuo išilginio magnetinio srauto tankio. Tyrimai parodė, kad galima gauti 1,73 karto didesnę elektromagnetinių bangų silpimą, naudojant n -InSb bangolaidžius nei naudojant n -InAs tipo bangolaidžius.

Reikšminiai žodžiai: gyroelektriniai bangolaidžiai, elektromagnetinių bangų slopinimas, magnetinio srauto tankis.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Plonis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Elektronikos fakulteto Elektroninių sistemų katedros docentas. Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Elektronikos fakulteto Telekomunikacijų mokslo instituto direktorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mikrobangų ir aukštųjų dažnių technologijos, signalų apdorojimo technologijos, multimedija, įterptinės sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 5 251 2145, darius.plonis@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Katkevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Elektronikos fakulteto Elektroninių sistemų katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mikrobangų ir aukštųjų dažnių technologijos, įterptinės sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 5 274 4766, andrius.katkevicius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Plonis.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Electronics Department of Electronic Systems associated professor. Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Electronics Telecommunications Science Institute the head of institute.

Author's research interests: microwaves and high frequency technologies, signal processing technologies, multimedia and embedded systems.

Telephone and e-mail address: 8 5 251 2145, darius.plonis@vgtu.lt

Author name, surname: Andrius Katkevičius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Electronics Department of Electronic Systems associated professor.

Author's research interests: microwaves and high frequency technologies, embedded systems.

Telephone and e-mail address: 8 5 274 4766, andrius.katkevicius@vgtu.lt

"KAUNO VANDENŲ" NUOTEKŲ VALYKLOS ESAMO VIDAUS ELEKTROS TINKLO ĮVERTINIMAS IR DARBO EFEKTYVUMO DIDINIMAS

Arūnas Soraka, Anatolijus Drabatiukas
Kauno Technikos kolegija

Anotacija. Straipsnis parengtas realiai veikiančios įmonės pateiktų ir surinktų duomenų analizės pagrindu. Straipsnyje yra pateikiamas trumpas UAB "Kauno vandenys" nuotekų valyklos (toliau KVVN) elektros ūkio apibendrinimas, naudojamų dabartinėje praktikoje elektros įrenginių eksploatavimo sistemų apžvalga, pateikiami techniniai sprendimai, kurie leistų patobulinti esama UAB "Kauno vandenys" nuotekų valyklos vidaus elektros tinklą, siekiant padidinti elektros įrenginių eksploatacinį patikimumą.

Reikšminiai žodžiai: elektros ūkis, elektros įrenginių eksploatavimo sistemos, techninės būklės kontrolė, resursai.

Įvadas

Visose įmonėse yra įvairių įrenginių, kuriems turi būti tiekama kokybiška, reikiamų parametrų elektros energija. Vienas iš svarbių aspektų tiekiant kokybišką elektros energiją yra elektros energijos tiekimo sistemų, elektros tinklų bei elektros įrenginių patikima priežiūra bei eksploatavimas. Dauguma šiuolaikinių elektros vartotojų-tai aukštų technologijų įmonės, aprūpintos sudėtingomis informacinėmis priemonėmis, kurioms elektrą nutraukti galima ne ilgiau kaip dvi, tris valandas per metus, o kartais ir trumpiau (Navickas, 2011). Dabartinė ekonominė situacija, susijusi su perėjimu prie rinkos ekonomikos, verčia įmonių, organizacijų, bendrovių ir pan. vadovų, atsižvelgiant į valdomų elektros įrenginių apimtį, jų svarbą, sudėtingumą ir pan., ieškoti naujų elektros įrenginių eksploatavimo formų ir modelių, kad būtų užtikrintas didžiausias priamųjų sprendimų veiksmingumas. Šiandien pačios įmonės, siekiant užtikrinti elektros įrenginių patikimą darbą yra atsakingos už jų eksploatavimo planavimą ir organizavimą, naujų darbo metodų įdiegimą.

Eksploatavimo eigoje elektros įrenginiai keičia savo savybes (patikimumą, pasirengimą atlikti pavestas funkcijas, ekonomiškumą). Elektros įrenginių darbo tyrimą ir jų eksploatacinių savybių įvertinimą atlieka patikimumo teorija, kurią daugelis mokslininkų traktuoja kaip vieną iš eksploatavimo teorijos sudėtinių dalių.

Tyrimo objektas – UAB "Kauno vandenys" nuotekų valyklos (toliau KVVN) elektros ūkio aptarnavimo ir techninio lygio tobulinimas.

Tyrimo tikslas – pasiūlyti KVVN elektros ūkio aptarnavimo ir techninio lygio tobulinimo sprendimus.

Tyrimo metodika: teisės aktų, literatūros, interaktyvių informacijos šaltinių analizė, įmonės dokumentų analizė ir apibendrinimas.

1. Nuotekų valyklos vidaus elektros tinklo apibendrinimas

Tyrimo objekto pasirinkimą lėmė tai, kad KVVN yra aukštų technologijų įmonė, aprūpinta sudėtingomis informacinėmis priemonėmis, yra II-os grupės vartotojas, eksploatuojama 18 metų, elektros įranga dar nėra fiziškai ir morališkai pasenusi.

Nagrinėjamos įmonės elektros ūkis, tai sudėtingas kompleksas, kuri sudaro vieningą išorinių ir vidinių elektros tinklų visumą su transformatoriais, komutacine aparatūra, apskaitos matavimo prietaisais, matavimo informacinėmis sistemomis, apsaugos, automatikos ir nuotolinio valdymo įrenginiais, reaktyviosios galios kompensavimo ir įžeminimo sistemomis, įvairiais elektros imtuvais ir t.t.

KVVN vidaus tinkle yra penkiolika svarbių elektrotechnikos mazgų (žr. 1 lentelę).

1 lentelė

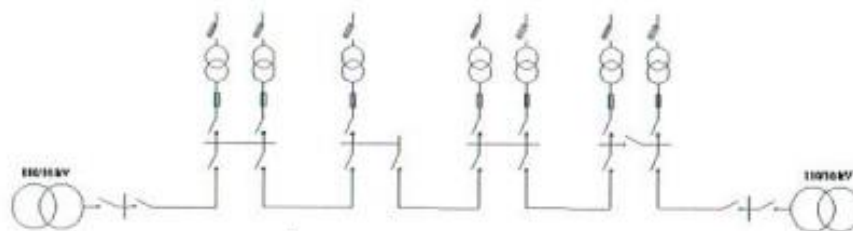
KVVN elektrotechniniai mazgai

Eil.Nr.	Objektas	Įtampas	Eil.Nr.	Objektas	Įtampas
1	Marvelės TP	110kV/10kV	9	Skirstykla L2A2	0.4kV
2	Skirstykla L1	10kV/0.4kV	10	Skirstykla L3A1	0.4kV
3	Skirstykla L2	10kV/0.4kV	11	Skydinė L3A2	0.4kV
4	Skirstykla L3	0.4kV	12	Skirstykla L6A1	0.4kV
5	Skirstykla L4	10kV/0.4kV	13	CPP TP1445	10kV
6	Skirstykla L5	10kV/0.4kV	14	MT1209	10kV
7	Skirstykla L6	10kV/0.4kV	15	Kogeneracinės jėgainės	0.4kV

Įmonės elektros imtuvų vienetinės galių ribos yra pakankamai plačios - nuo kW tūkstantosios dalies iki tūkstančių kilovatų ar daugiau. Elektros imtuvai skiriasi darbo režimais ir elektros vartojimo pobūdžiu, turinčiu netolygų apkrovos grafiką. Dėl to sumažėja elektros įrenginių darbo efektyvumas ir patikimumas bei atsiranda

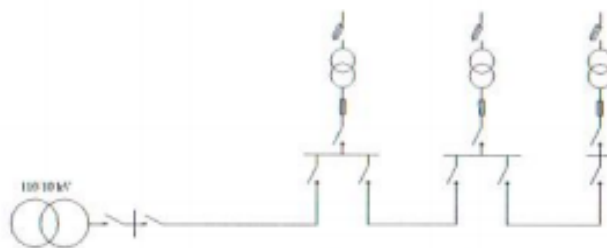
neracionalios elektros sąnaudos. Papildomas veiksnys – elektros imtuvų, kurie vartoja didelę reaktyviąją galią būvimas. Tai sukelia papildomus elektros ir įtampos nuostolius, mažina elektros tinklo pralaidumą ir reikalauja žymių sąnaudų jos kompensavimui.

Kauno nuotekų valykloje vidaus elektros tinklo schema yra žiedinė (1 pav.).



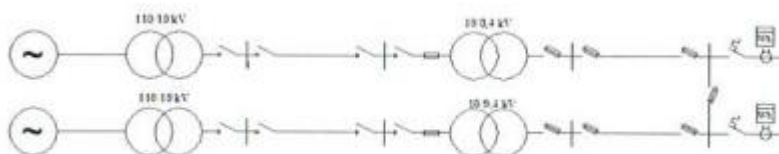
1 pav. Žiedinė tinklo schema (Miškinis, Razma, 2003)

Tačiau vertinant atskirų įtampų tinklo dalis, galima išvengti mišraus tinklo požymių, kai yra naudojamas žiedinis tinklas, kuris yra perskirtas ir gaunamas spindulinis (2 pav.).



2 pav. Spindulinis elektros tinklas

Tam tikrose vietose galima rasti ir magistralinio tinklo požymių. Elektros tinklas atitinka dabar projektuojamo tinklo 2 grupės vartotojams sąlygą (3 pav.).



3 pav. Žiedinis elektros tinklas 2 grupės vartotojams

Kadangi tinklo būseną yra atviras žiedas t.y. spindulinis tinklas, dėl to trumpo jungimo srovės yra mažesnės, tačiau nukenčia elektros kokybė t.y. išauga įtampos kritimas ir galios nuostoliai.

Tačiau toks tinklas ypač patogus kai imtuvų skaičius ir apkrovos nuolat didėja, tokiame tinklui retai kada reikalinga kapitalinė rekonstrukcija dėl augančių apkrovų.

2. Galimos elektros įrenginių techninio eksploatavimo sistemos

Elektros įrenginių pramonės įmonėse eksploatavimo tikslas – užtikrinti elektrifikuotų technologinių objektų efektyvų darbą, reikiamo elektros įrenginių patikimumo ir racionalaus naudojimo sąskaita. Skiriamas gamybinis eksploatavimas (įrangos naudojimo pagal savo paskirtį procesas) ir techninis eksploatavimas (įrangos reikalingos būklės užtikrinimo ir palaikymo procesas ją naudojant arba saugant). Daugiametė elektros įrenginių eksploatavimo patirtis parodė, kad išlaikyti tinkamą įrangos techninę būklę galima tik remiantis planingai vykdomų prevencinio pobūdžio techninių ir organizacinių priemonių pagrindu. Tokia elektros įrenginių aptarnavimo sistema pradėta vadinti planine perspėjimo techninės priežiūros ir remontų sistema (sutrumpintai PPTPIR) (Charapolskij, 2013).

1955 metais buvusioje SSSR, taip pat ir Lietuvoje pradėjo veikti mašinų gamybos įmonių technologinės įrangos vieninga planinių perspėjimų remontų ir racionalaus eksploatavimo sistema (sutrumpintai PPR) bei laikinieji nurodymai dėl energetikos įrangos planinių perspėjimų remontų pramonės įmonėse. PPR sistemos trūkumas yra santykinai didelis elektros įrangos techninės priežiūros ir remontų darbo imlumas, nes daugelis darbų yra reglamentuojami. Be to, vienas iš pagrindinių sistemos trūkumų yra tai, kad statistinių būdu nustatyti įrangos tarpremontiniai periodai, taikomi kiekvienam atskiram vienetai. Todėl negalima garantuoti, kad tarp remontų neatsiras atskirų įrangos elementų gedimai (Charapolskij, 2013).

Išsivysčiusios pramonės šalyse, techninės priežiūros ir remontų darbų organizavimo sistema yra vadinama šiek tiek kitaip, būtent: aptarnavimo sistema - Europoje, JAV, Kanadoje ir kt.; išsaugojimo sistema - Japonijoje, Pietų Korėjoje ir kitose Azijos šalyse. Pagrindiniai skirtumai nuo PPR sistemos:

- Remonto darbai įmonėse prilyginami naujos produkcijos išleidimo darbams.
- Vykdamas elektros įrenginių techninę priežiūrą ir remontą nėra šablono, kiekvienas elektros įrenginys šiuo atžvilgiu laikomas unikaliu. Priverstinai planuojamų iš anksto remontų nėra.
- Techninės priežiūros ir remontų vykdymo tvarka parengiama įrangos gamintojų. Ši tvarka nustatoma atitinkamų mašinų eksploatavimo instrukcijose ir griežtai vykdoma gamybos įmonėse.
- Kitas reikšmingas remontų bruožas yra tai, kad remontas su visu įrangos išmontavimu praktiškai nėra taikomas. Susidėvėję vienetai, mazgai ir komponentai remontų metu yra keičiami naujais, gamintojo pagamintais komponentais.
- Platus diagnostikos priemonių naudojimas.
- Daug dėmesio skiriama techninės priežiūros ir remontų darbų sąnaudų normavimui, taisymo trukmei. Laikoma, kad sąnaudų sumažinimas pagrindinių fondų atstatymui yra būtina efektyvaus darbo sąlyga konkurencinėje rinkoje.

Šiuo metu galima išskirti keturis pagrindinius visų tipų įrenginių eksploatavimo principus (Navickas, 2011, Gečys, 2012):

- *Gedimų šalinimas (remontavimas tik įvykus gedimui).* Įvykus gedimui, įrenginys suremontuojamas ar pakeičiami sugedę elementai ir eksploatuojamas toliau. Šis principas pats pigiausias, mažiausiai reikia išankstinių sąnaudų, bet galima patirti didelių nuostolių dėl netikėtų gedimų, prastovų, avarijų, nes gedimo tikimybė eksploatacijos metu palaipsniui didėja;
 - *Periodinis eksploatavimas (laiko pagrindu).* Pasibaigus resursui, elementas keičiamas nauju, nesvarbu kokia jo techninė būklė. Pavyzdžiui, periodiškai keičiami guoliai, sandarintuvai, gumos gaminiai ir įvairūs kiti, greitai senstantys arba intensyviai dylantys mazgai bei elementai. Šis metodas yra patikimesnis, bet reikia didesnių sąnaudų, nes dažnai keičiami elementai, kurių resursas gana didelis.
 - *Eksploatavimas pagal įrenginių būklę.* Šis eksploatacijos principas yra pats brangiausias - reikia didelių investicijų diagnostikos priemonėms įsigyti, joms aptarnauti ir t.t. Tačiau jis užtikrina didžiausią patikimumą, o elementų resursas išnaudojamas iki galo keičiami tik tie elementai, kurių visas resursas išnaudotas.
 - *Eksploatavimas įvertinant centralizuotą įrenginių patikimumą.* Tai eksploatavimo principas pagal įrenginių būklę papildytas įrenginių svarbos laipsniu. Leidžia maksimaliai išnaudoti įrenginių naudojimo laiką.
- Atlikus tyrimą nustatyta, kad UAB "Kauno vandenys" nuotekų valyklos elektros įrenginių eksploatavimas, priklausomai nuo įrenginio svarbos, jų gedimo įtakos personalo saugai ir gamybinių bei technologinių procesų stabilumui, realizuojamas šalinant gedimus, laiko pagrindu, pagal techninę būklę arba naudojant eksploatavimo principų derinį.

3. Elektros įrenginių eksploatavimo reglamentavimas

Elektros įrenginių vartotojas turi užtikrinti (Gečys, 2012):

- Elektros įrenginių techninę priežiūrą;
- Planinių-perspėjamųjų remontų vykdymą,
- Modernizacijos ir rekonstravimo darbų vykdymą.

Už išvardintų priemonių vykdymą atsakingas įmonės vadovas arba jo įgaliotas asmuo. Techninės priežiūros ir planinių perspėjamųjų remontų apimtys turi užtikrinti nuolatinį elektros įrenginių paruoštumą, jų atnaujinimą ir prisitaikymą besikeičiančioms darbo sąlygoms.

Lietuvoje šiuo metu nėra galiojančių normatyvų rinkinio, skirto pramonės įmonių elektros įrenginių naudojimo, priežiūros, remonto darbams organizuoti ir vykdyti. Pradėtos rengti dar 2005-2006 metais Vartotojų elektros įrenginių eksploatavimo taisyklės (toliau – VEĮET) iki šiol nėra įsigaliojusios. 2001 metais (nauja redakcija 2012 metu) patvirtintos Elektrinių ir elektros tinklų eksploatavimo taisyklės nustato reikalavimus energetikos objektų ir energetikos įrenginių eksploatacijai ir nėra pritaikytos elektros vartotojų sąlygoms ir įrangai. Dalinai susidariusią spragą užpildo Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės (toliau vadinama – Taisyklės) 2010 metų redakcija) ir Elektros įrenginių bandymų normų ir apimčių aprašas (toliau – Aprašas), patvirtintas 2016 metais. Taisyklėse nurodoma, kad visi eksploatuojami elektros įrenginiai turi atitikti Elektros įrenginių įrengimo taisyklių, gamintojo parengtų Techninio eksploatavimo instrukcijų (toliau vadinama – TEI) reikalavimus. Aprašas nustato elektros įrenginių bandymų specifiką, tikrinamų parametrų leidžiamąsias vertes, bandymų ir matavimų periodiškumą. Įrenginių eksploatuojančios įmonės bandymus reglamentuojantys dokumentai ir aprašo reikalavimai taikomi, jeigu jie neprieštarauja gamintojų instrukcijų nurodymams. Remonto ar techninės priežiūros darbų apimtys nustatomos vadovaujantis įrenginių bandymų ir matavimų rezultatais.

4. Profilaktinių priemonių terminų nustatymas

Elektros įrenginių optimalaus tarpremontinio periodo nustatymo problema yra susijusi su noru pilnai panaudoti įrenginio apkrovos gebą ir taip maksimaliai atitolinti jo rekonstrukciją. Šiam tikslui naudojamosi tiek ekonominiais (eksploatavimo K_E sąnaudos, sąnaudos medžiagoms, komutavimo aparatams, apsaugos bei kitai įrangai K_M , patirta žala dėl nepateiktos elektros ir pan.), tiek techniniais (gedimų intensyvumas, prastova, išnaudojimo koeficientas ir pan.) kriterijais.

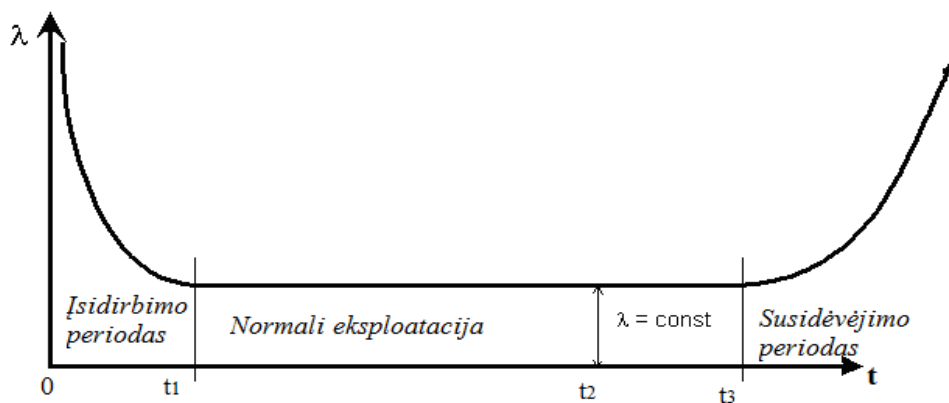
Tyrimais nustatyta, kad daugelio elektros įrenginių gedimų intensyvumo priklausomybė nuo eksploatacijos trukmės gerai atitinka Veibulo skirstinį (Navickas, 2011):

$$\lambda_L = \lambda_{JO} (0,1t)^{\alpha_I - 1},$$

čia λ_{JO} – stacionarioji gedimų intensyvumo vertė, apskaičiuota dešimčiai elektros įrenginio eksploatacijos metų; α_I – pasiskirstymo formos parametras.

Nustatyta, kad gedimo dažnis (intensyvumas) λ_I ir atkūrimo trukmė T_{Iavid} turi gana ženklią įtaką eksploataavimo sąnaudoms K_E , kurios susiję su planinių bei avarinių remontų organizavimu, ir papildomomis išlaidomis. Vidutinė atkūrimo (taisymo) trukmė T_{avid} ir vidutinė planinio išjungimo trukmė T_{plvid} nepriklauso nuo eksploatacijos trukmės, bet kinta per metus.

Gedimų intensyvumas dažnai klasifikuojamas pagal polinkį didėti, mažėti arba būti pastoviam laiko atžvilgiu (Navickas, 2011). Elektros įrenginių eksploataavimo praktika rodo, kad yra trys periodai, kurie nusakomi skirtingu gedimų intensyvumo (žr. 4 pav.).



4 pav. Elektros įrenginių tipinis gedimų intensyvumo grafikas eksploatacijos metu (Navickas 2011, Gečys, 2012).

Įsidirbimo periode gedimų intensyvumas smarkiai mažėja. Jo metu šalinami projektavimo, gamybos bei montavimo defektai. Normalios eksploatacijos periode vyrauja pastovūs gana mažo intensyvumo gedimai, senėjimo arba susidėvėjimo periode gedimai susiję su negrįžtamaisiais fizikiniais ir cheminiais procesais izoliacijoje, mazgų susidėvėjimu, korozija ir pan.

Nuolat dirbantiems elektros įrenginiams laiko tarpas tarp profilaktinių priemonių (Charapolskij, 2013):

$$T_t = k_s (2T_p / k_i \lambda)^{-2}.$$

čia k_s – koeficientas, vertinantis parametų stabilumą; T_p – prastovos remonte laikas; k_i – eksploataavimo intensyvumo koeficientas, λ – gedimų intensyvumas.

Techniniams ekonominiams skaičiavimams dažnai naudojamos vidutinės gedimo intensyvumo ir atkūrimo trukmės funkcijų parametų vertės. λ ir T_p rodikliai nurodomos lentelėse, įrangos gamintojo, apdorojant statistinius duomenys.

Paprasčiausia elektros įrenginio remonto arba konstrukcinių elementų keitimo būtinumą galima nustatyti pagal kontroliuojamų parametų kitimo greitį lyginant juos su leistiniais parametrais.

Pavyzdžiui, 230 V įtampos tinklo ruožo matavimo metu izoliacijos varža buvo 4 MΩ. Vėliau, atliekant matavimus, intervalais kas 6 mėnesius buvo gautos tokios reikšmės: 3,4; 2,8 ir 2,2 MΩ. Tuomet instaliacijos techninės būklės parametro kitimo greitis būtų lygus:

$$V = (0,6 + 0,6 + 0,6) \text{ M}\Omega / 18 \text{ mėn.} = 0,1 \text{ M}\Omega / \text{mėn.}$$

Ribinės būklės atsiradimo momentas (nustatomas pagal leistiną izoliacijos varžą, kuri lygi 0,5 MΩ) bus lygus:

$$T = (2,2 - 0,5) \text{ M}\Omega / 0,1 \text{ M}\Omega / \text{mėn.} = 17 \text{ mėn.}$$

Iš čia seka, kad praėjus 17 mėn. izoliacijos varža pasieks ribinę vertę ir instaliacija turės būti remontuojama.

Kitas pavyzdys. Buvo matuojama elektros variklio izoliacijos varža keturis kartus kas mėnesį. Gauti tokie rezultatai: 100, 75, 50, 30, 10 MΩ.

Tuomet techninės būklės parametro kitimo greitis

$$V = \frac{(100 - 75) + (75 - 50) + (50 - 30) + (30 - 10)}{1 \times 4} = 22,5 \quad [M\Omega / \text{mėn.}]$$

Ribinės būklės atsiradimo momentas

$$N = \frac{10 - 0,5}{22,5} = 0,4 \quad \text{mėn.}$$

Tai būtina turėti omenyje, sudarant elektros įrenginių remonto planą.

5. Rezultatai

Analizuojant UAB“ Kauno vandenys“ nuotekų valyklos elektros įrenginių eksploatavimo sistemas nustatyta, kad įmonėje taikoma tiek *periodinio eksploatavimo (laiko pagrindu)*, tiek *eksploatavimo pagal įrenginių būklę sistemos*. Taikant periodinio eksploatavimo sistemą yra parengiami daugiamečiai įrenginių eksploatavimo planai, planuojamas atsarginių dalių įsigijimas, darbų finansavimas, naudojama sukaupta skirstyklių elektros įrenginių eksploatavimo patirtis.

Eksploatavimo pagal įrenginių būklę sistemą taikoma vidaus tinklo linijoms, atsarginiam generatoriui, įžeminimo kontūrai ir pan. Čia plačiai naudojamos techninės diagnostikos priemonės. Didžiausią įtaką įrenginio techninei būklei turi izoliacijos senėjimas ir atskirų dalių susidėvėjimas. *Gedimų šalinimas* užima labai mažą elektros įrenginių eksploatavimo segmentą.

Nuotekų valyklos vidaus elektros tinklo techninei analizei buvo atrinkti elektros mazgai, kurie yra senesnės statybos ir turi didelę įtaką technologiniam procesui. Buvo nustatyta, kad:

- Kai skirstyklos L1 įrenginiai maitinami iš rezervinio generatoriaus (toks režimas galimas kai įvyksta normalaus darbo sutrikimas ir valdymas atliekamas rankinių būdu), generatoriaus galia bus nepilnai panaudojama ir yra galimybė ją naudoti kitur, įrengus papildomą infrastruktūrą;

- Sutrikus elektros energijos tiekimui skirstyklai L2, nutrūksta maitinimas pultui ir serveriams, jei gedimas užsitęsia, pulto operatoriai netenka nuotolinio valdymo. Dalis technologinio pastato įrenginių sustoja ir susidaro technologinio proceso trikdžiai. Jei ilgesnį laiką sutrinka elektros tiekimas, neveikia ir dalis pirminio valymo grandies įrenginių;

- Sutrikus elektros energijos tiekimui skirstykoje L3A1, sutrinka katilinės ir kogeneracinės jėgainės darbas, kadangi pačioje skirstykoje nėra įrengta ARI. Katilinėje yra dyzelinis generatorius, kuris maitina tik kogeneratorių, tačiau dyzelinį generatorių galima panaudoti kaip autonominį elektros šaltinį visai skirstyklai ilgalaikio sutrikimo atveju. Bet tam reikalinga papildoma infrastruktūra;

- Nutrūkus elektros maitinimui iš 110kV pastotės, patobulinus infrastuktūrą galima būtų maitinti svarbiausius mazgus paleidus biodujų kogeneratorių.

- Norint turėti nenutrūkstamą elektros energijos tiekimą vartotojams reikia elektrą tiekti iš vieno šaltinio ir jam išsijungus įjungti rezervinį ARI pagalba. Elektrotechninės produkcijos gamintojai rekomenduoja svarbiausiems waste water treatment plant (WWTP – nuotekų valymo įrenginiai) mazgams panaudoti autonominių elektros šaltinių įrengimo galimybę, kuri užtikrintų elektros tiekimą avarijos atveju ir patikimą svarbaus elektros mazgo darbą[7].

Išvados

1. Elektros įrenginių gedimų imtis ir dažnis yra labai mažas ir pastovus, t.y. įrenginiai dirba normalios eksploatacijos režimu (4 pav.). Situacija gali pasikeisti po 5-8 metų, perėjus į susidėvėjimo periodą.

2. Rinkti statistinius duomenis apie elektros įrangos gedimų dažnį ir atstatymo laiką, tam kad tiksliau nustatyti profilaktinių priemonių vykdymo terminus.

3. Didžiausią įtaką įrenginio techninei būklei turi izoliacijos senėjimas ir atskirų dalių susidėvėjimas.

4. Tobulinant įmonės elektros įrenginių eksploatavimo sistemą ir vertinant jos efektyvumą, galima būtų naudoti SAIFI ir SAIDI rodiklius, kurie šiuo metu naudojami elektros energetikoje[6]. Kuo didesnės rodiklių reikšmės, tuo vartotojai vidutiniškai atjungiami dažniau ir ilgiau.

5. Dabartiniame etape siūloma atlikti elektros tinklo modernizavimą tokia tvarka:

- Skirstykoje L3A1 įrengti ARI, bei prijungti dyzelinį generatorių.

- Skirstykloje L2 sumontuoti ARI, kuris užtikrintų elektros maitinimą serveriams, panaudojus esamą generatorių skirstykloje L1 (paklojant kabelį iš L1 į L2).

6. Parenkant įrangą remontui pagrindinis dėmesys turi būti kreipiamas į šiuolaikiškos elektros įrangos funkcionalumą, jos paprastumą ir mažą kainą bei galimybę prijungti prie jau esančių elektros įrenginių.

Literatūra

1. A. Navickas. Elektros energetikos sistemų patikimumas. Kaunas: „Technologija“, 2011.
2. A. Sorakos straipsnis iš E²TA 2017, the 14th student scientific conference on Electronics, Energy, Telecommunications and Automation.
3. Steponas Gečys „Elektros įrenginių patikimumas ir eksploatacija“ Kaunas: „Technologija“, 2012.
4. V. Miškinis, A. Razma. Aukštos įtampos įrenginiai, Žinynas. Vilnius, 2003.
5. V. Charapolskij. Upravlenie elektrohoziaistvom. Moskva: „Forum“, 2013 (rusu kalba).
6. Elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimai. Vilnius, 2016.
7. Šaltinis internete: www.schneider-electric.com/solutions/in/en/med/25882144/application/pdf/1567_waterhandbook

“KAUNAS WWTP“ ELECTRICAL NETWORK EVALUATION AND WORK IMPROVING SOLUTIONS

Summary

Article data collected by actual working company in Kaunas and data analyzed by authors. This article overviews waste water treatment plant electrical network during commissioning time of plant. It also introduces possible technical improvements for the network. Acquired knowledge proposed for improving could be used for any large WWTP. Authors analyzed Kaunas WWTP data and concluded: 1. Electrical equipment fault rate is very low and constant, situation could change after 5-8 years then it pass to wear-out period. 2. Company should accumulate all statistical data about electrical equipment fault rate and recovery time, for choosing better maintenance periods. 3. The strongest impact on equipment technical condition has insulation aging and separate parts wear. 4. SAIFI and SAIDI rates could be used on improving of companies electrical equipment maintenance system and assessing efficiency of it. 5. At the present stage suggested to do these electrical grid modernizations in this sequence: In L3A1 switchyard install ATS and connect backup generator, in L2 switchyard install ATS which should sustain constant power to servers and control room, by using L1 switchyard backup generator (lay cable from L1 to L2). 6. Selecting equipment for modernization main consideration should be target to equipment functionality, simplicity, low cost and expectancy of connecting to current electrical grid equipment.

Key words: electric power plant, operating system of electric equipment, technical condition control.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Anatolijus Drabatiukas

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vieta ir pareigos: VšĮ Kauno technikos kolegijos, inžinerijos mokslų fakulteto elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: apsauga nuo elektros srovės ir žaibo

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 656 38671, drabatiukas@yahoo.com

Autoriaus vardas, pavardė: Arūnas Soroka

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pareigos: VšĮ Kauno technikos kolegijos, inžinerijos mokslų fakulteto elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: elektros įrenginių eksploatavimo sistemos

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 66 366 344, arunas.soraka@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Anatolijus Drabatiukas

Science degree and name: lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Sciences, Faculty of Engineering sciences, lecturer of Committee of Electronic and Electrical engineering area study programme department.

Author's research interests: electrical and lightning protection.

Telephone and e-mail address: +370 656 38671, drabatiukas@yahoo.com

Author name, surname: Arūnas Soroka

Science degree and name: -

Workplace and position: Kaunas University of Applied Sciences, Faculty of Engineering sciences, lecturer of Committee of Electronic and Electrical engineering area study programme department.

Author's research interests: electrical equipment operating systems.

Telephone and e-mail address: +370 66 366 344, arunas.soraka@gmail.com

IKIMOKYKLINIO UGDYMO ĮSTAIGŲ PLĖTROS GALIMYBĖS KAUNO RAJONE

Kristina Busilaitė, Mindaugas Daukšys
Kauno technologijos universitetas

Anotacija. Šiame straipsnyje analizuojami ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtros galimybių Kauno rajone apklausos rezultatai. Apklausa buvo siekiama išsiaiškinti Kauno rajono gyventojų požiūrį apie esamą ikimokyklinio ugdymo įstaigų situaciją jų gyvenamoje teritorijoje, nuomonę apie vykdomą plėtrą ir naujas ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtros galimybes, veiksnius, kurie nulemia renkantis ikimokyklinio ugdymo įstaigą, ar reikalinga nauja ugdymo įstaiga Kauno rajone, ar būtų ją lankančių. Gauti rezultatai parodė, kad didžiausias ikimokyklinio ugdymo įstaigų trūkumas yra: Ringaudų, Garliavos ir Akademijos seniūnijose. Svarbiausi ugdymo įstaigų patrauklumą nulemiantys veiksniai - atstumas iki ugdymo įstaigos ir ugdymo įstaigos žinomumas, geri atsiliepimai, įvaizdis, o plėtrą nulemiantys svarbiausi veiksniai: rajono demografiniai rodikliai; ikimokyklinio ugdymo įstaigų paslaugų prieinamumas/pasiekiamumas.

Reikšminiai žodžiai: ikimokyklinio ugdymo įstaiga, plėtra, Kauno rajonas

Įvadas

Sparčiai besivystant Kauno gyvenamųjų rajonų plėtrai susiduriama su situacija, kai seniūnijose ikimokyklinio ugdymo paslaugų poreikis yra didesnis nei ugdymo įstaigų galimybės. Ateityje, norint tenkinti ikimokyklinio ugdymo poreikį Kauno rajone, būtina numatyti ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtros galimybes. Diskutuojamos įvairios plėtros galimybės: esami pastatai, kuriuos galima pritaikyti ikimokykliniam ugdymui; planuojamos statyti naujos ikimokyklinio ugdymo įstaigos; numatoma savivaldybės parama privatiems darželiams; NT vystytojų siūlymai bei partnerystė su verslu; numatomi finansavimo šaltiniai (ES lėšos, privačios); planuojamos investicijos ir kita.

Ikimokyklinio (priešmokyklinio) ugdymo įstaiga – pirmoji vaiko mokykla, kurioje jis bendrauja su savo bendraamžiais, juos mėgdžioja, lavinasi, mokosi tvarkos. Ikimokyklinis ugdymas skatina mažylio socialinį, pažintinį vystymąsi, praturtina vaikų bendravimo su kitais patirtį, padeda pasiruošti mokymuisi mokykloje (www.ikimokyklinis.lt). Ikimokyklinio ugdymo tikslas – padėti vaikams išsiugdyti savarankiškumo, sveikos gyvensenos, pozityvaus bendravimo su suaugusiais žmonėmis ir bendraamžiais pradmenis, pažinti savo šalį, pradėti mokytis kūrybiškumo ir mokėjimo mokytis (www.smm.lt). Į ikimokyklinio ugdymo įstaigas priimami vaikai nuo gimimo iki 6 (išimtiniais atvejais – iki 5) metų. Tai yra iki tol, kol jie pradės lankyti priešmokyklinę grupę. Priėmimo į ugdymo įstaigą tvarką ir prioritetus nustato savininkas: savivaldybė, valstybė ar privatus steigėjas. Ketindami leisti vaiką į pasirinktą ugdymo įstaigą, tėvai (globėjai) turi pateikti prašymą įstaigos vadovui ar savivaldybei, jeigu priėmimas savivaldybėje yra vykdomas centralizuotai. Priimant vaiką tarp tėvų (globėjų) ir ugdymo įstaigos yra pasirašoma mokymo sutartis, kurioje nurodoma ugdymo programa, jos trukmė, kiti šeimai ir ugdymo įstaigai svarbūs susitarimai. Pereinant iš ikimokyklinės į priešmokyklinę grupę turi būti pasirašoma nauja mokymo sutartis.

Remiantis Kauno rajono savivaldybės Kultūros, švietimo ir sporto skyriaus informacija, specialistai nuolat analizuoja esamą situaciją ikimokyklinio ugdymo įstaigose, rengia ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo plėtros programas dvejimms metams (ilgesniam laikotarpiui rengti programas netikslinga, nes vaikų, norinčių lankyti darželius, skaičius nuolat kinta). Didesni planai, kuriami pasitelkiant keletą metų gimstamumo duomenis. Gimstamumo duomenis Savivaldybei pateikia Kauno rajono Civilinės metrikacijos skyrius, duomenys atnaujinami kelis kartus per metus. Sudarinėjant konkrečių vietovių įstaigų planus, pagalbos kreipiamasi ir į rajono seniūnijas. Seniūnijos pateikia skaičius kiek jų vietovėje yra tėvų su mažamečiais vaikais deklaravusių gyvenamąją vietą. Kauno rajone ikimokyklinio amžiaus vaikai ugdomi 21-oje ikimokyklinio ugdymo įstaigoje. Šiuo metu ikimokyklinio ugdymo įstaigose ugdomi 2308 vaikai. Nuo 2016 m. rugsėjo 1 d. planuota priimti 872 vaikus, darželius lankyti pageidavo 1952 vaikai. Dalis šių vaikų jau ugdosi kitur ar šiuo metu tam neturi galimybių: 166 vaikai jau lanko kitą Kauno rajono darželį; 228 vaikai lanko Kauno miesto darželius; 113 vaikų lanko privačius darželius ar dienos centrus; 18 vaikų šiuo metu yra užsienyje; 13 vaikų nurodo kitą priežastį, bet jos neįvardija. Visiškai niekur nelanko ir į valstybinius Kauno rajono darželius nepatenka 542 vaikai.

Kauno rajono savivaldybė, vadovaudamasi Lietuvos Respublikos vietos savivaldos įstatymu ir Kauno rajono savivaldybės ikimokyklinio ugdymo plėtros programa, savarankiškai organizuoja ir pagal galimybes stengiasi didinti ikimokyklinio amžiaus vaikų institucinio ugdymo prieinamumą Kauno rajono švietimo įstaigose. Pagrindinis veiksnys, nulemiantis ugdymo įstaigų plėtrą Kauno rajone – gimstamumas Kauno rajono seniūnijose. Remiantis Kauno rajono Civilinės metrikacijos skyriaus informacija Kauno rajone vaikų gimstamumas 7 metus iš eilės išlieka pastovus. Vidutiniškai per metus Kauno rajone kasmet gimsta 874 vaikai. Didžiausias registruotų kūdikių skaičius buvo 2010 metais, užregistruoti 1003 gimusieji kūdikiai Kauno

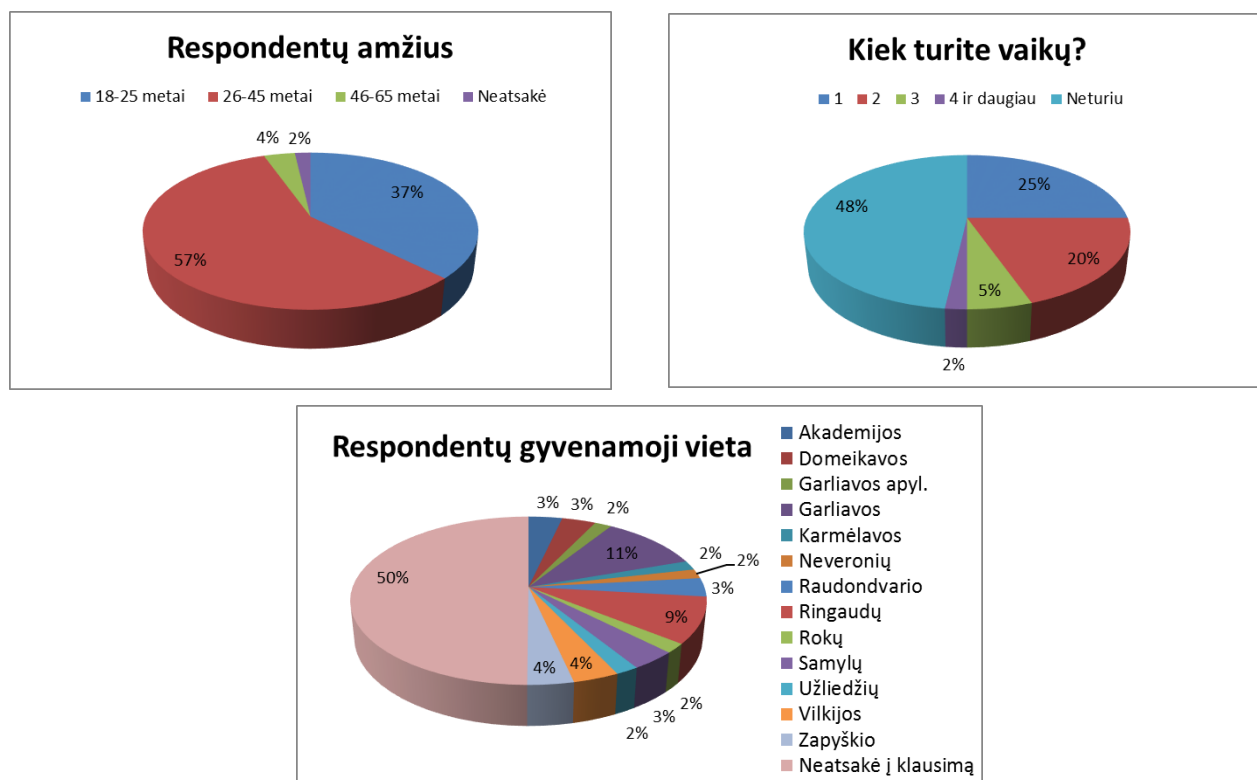
rajone. Didžiausias gimstamumas registruojamas: Garliavos (620), Domeikavos (444), Garliavos apyl. (382), Karmėlavos (337), Užliedžių (339), Ringaudų (329), Raudondvario (309), Samylų (294), Babtų (271), Alšėnų (257), Lapių (216), Neveronių (203). Šiose seniūnijose gimstančių vaikų skaičius išlieka pastovus, todėl ikimokyklinio ugdymo paslaugų poreikis šiose seniūnijose išliks aktualus.

Kauno rajonas yra viena labiausiai augančių Lietuvos savivaldybių, todėl čia itin aktuali vaikų darželių problema. Iš viso Kauno rajone per 2015 metus atsirado 22 darželio grupės, kurios priėmė 300 vaikų, o palyginti su 2008 m., ikimokykliniame ugdyme dalyvauja beveik tūkstančiu vaikų daugiau. Tačiau eilėje į darželį dar laukia apie tūkstantį vaikų. Pavyzdžiui, vien tankiai apgyventoje Noreikiškių seniūnijoje darželių vietų trūksta 500 vaikų (www.veidas.lt).

Šio tyrimo tikslas – ištyrus sparčiai besivystančių Kauno gyvenamųjų rajonų plėtrą, įvertinti ikimokyklinio ugdymo įstaigų atsiradimo būtinumą tuose rajonuose.

Tyrimo metodai

Internetiniame puslapyje <http://apklausa.lt> buvo patalpinta apklausos anketa su klausimais, kurie padėtų atskleisti visuomenės nuomonę apie ikimokyklinio ugdymo įstaigų atsiradimo būtinumą sparčiai besivystančiuose Kauno gyvenamuosiuose rajonuose. Iš viso apklausoje dalyvavo 56 respondentai.



1 pav. Respondentų pasiskirstymas pagal amžių, turimą vaikų skaičių ir gyvenamąją vietą

Šaltinis: sudaryta autorių

Apklausoje dalyvavusių respondentų pasiskirstymas pagal amžių, turimą vaikų skaičių ir gyvenamąją vietą pateiktas 1 pav. 37,5% apklaustųjų priklausė 18-25 metų amžiaus grupei, 57,1% priklausė 26-45 metų amžiaus grupei, 3,6% priklausė 46-65 metų amžiaus grupei ir 1,8% apklaustųjų nenurodė savo amžiaus (1 pav.). Matyti, kad didžioji dalis apklaustųjų buvo 26-45 metų amžiaus.

Kalbant apie apklaustųjų turimą vaikų skaičių (1 pav.), 25,0% respondentų nurodė turintys vieną vaiką, 19,6% respondentų – du vaikus, 5,4% respondentų – trys vaikus, 1,8% respondentų – keturis ir daugiau vaikų ir 48,2% apklaustųjų nurodė neturintys vaikų.

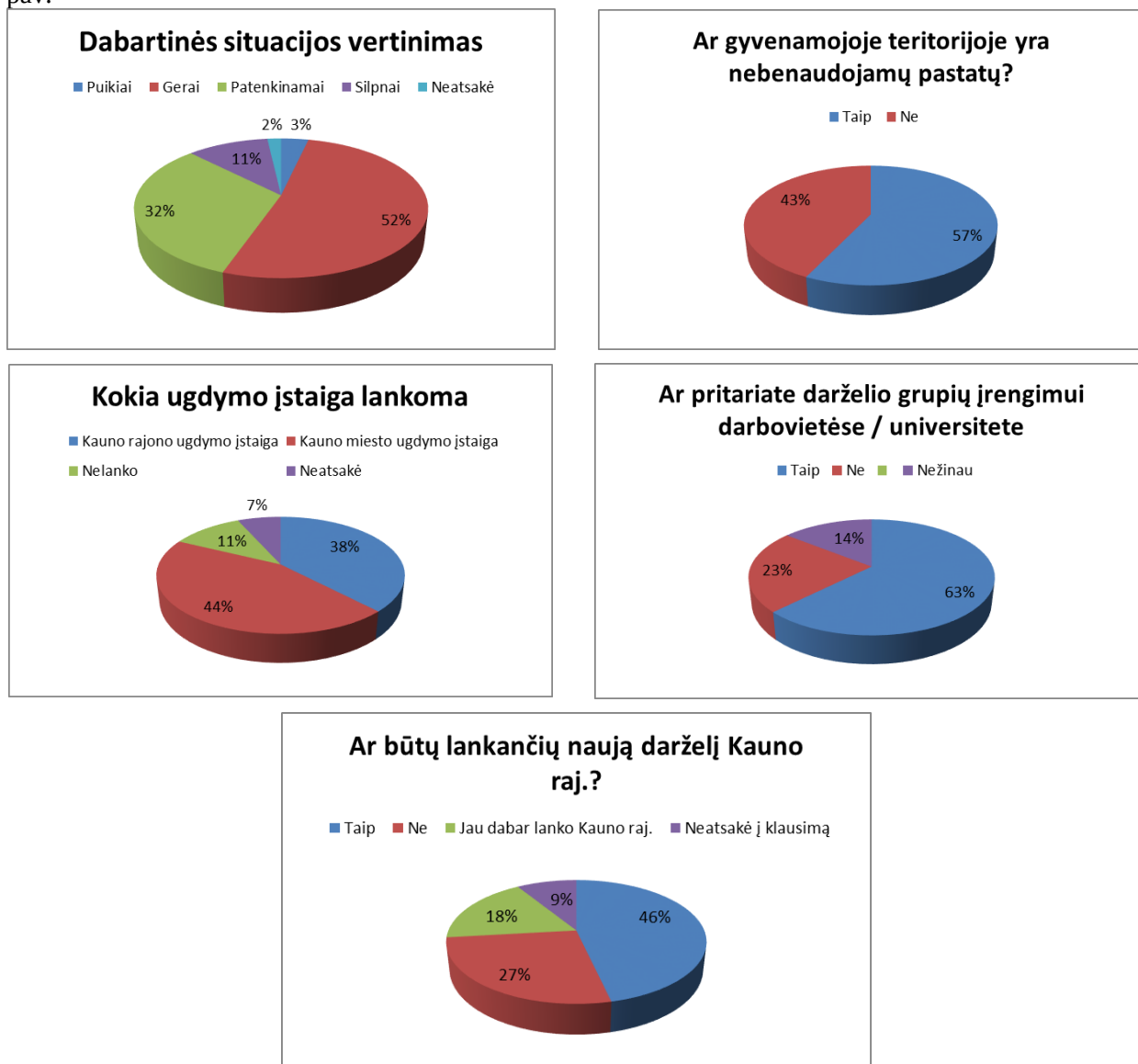
Apklausoje dalyvavę 10,7% respondentų gyvenamąją vietą nurodė Garliavos seniūniją, 8,9% respondentų – Ringaudų seniūniją, po 3,6% respondentų – Akademijos, Domeikavos, Raudondvario, Samylų, Vilkijos ir Zapyškio seniūnijas, po 1,8% respondentų – Garliavos apylinkės, Karmėlavos, Neveronių, Rokų ir Užliedžių seniūnijas. Vykdyta apklausa buvo orientuota į respondentes, gyvenančius besivystančiuose Kauno gyvenamuosiuose rajonuose. Todėl galima daryti prielaidą, kad 50% apklausoje dalyvavusių ir savo gyvenamosios vietos nenurodžiusių respondentų gyvena Kauno mieste.

Tyrimo rezultatai

Apklausoje anketoje respondentams buvo pateikta keletas klausimų su galimais atsakymo variantais. Anketos pradžioje buvo pateikti šie klausimai:

- Kaip vertintumėte dabartinę ikimokyklinio ugdymo įstaigų situaciją Kauno rajone?
- Ar Jūsų gyvenamajame rajone yra nebenaudojamų pastatų, kurių patalpas būtų galima atnaujinti ir panaudoti vaikų ugdymui?
- Kur leidžiate ar planuojate leisti savo vaikus į ikimokyklinio ugdymo įstaigą? Kokios šio Jūsų pasirinkimo priežastys?
- Ar norėtumėte, jog jūsų mokymosi įstaiga/darbovietė dalyje savo eksploatuojamų patalpų įkurtų ikimokyklinio ugdymo grupes Jūsų vaikams?
- Jei šiuo metu lankote Kauno miesto ugdymo įstaigą ar pakeistumėte savo pasirinkimą, atsiradus laisvai vietai modernioje, naujai įrengtoje (atnaujintoje) ugdymo įstaigoje Kauno rajone?

Apklausoje dalyvavusių respondentų nuomonių pasiskirstymas į aukščiau pateiktus klausimus pateiktas 2 pav.



2 pav. Respondentų nuomonių pasiskirstymas pagal pateiktus anketos klausimus

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 2 pav. matyti, kad 3,0% apklaustųjų dabartinę ikimokyklinio ugdymo įstaigų situaciją Kauno rajone vertina puikiai, net 51,8% apklaustųjų – vertina gerai, 32,1% apklaustųjų – vertina patenkinamai, 10,7% apklaustųjų – vertina silpnai ir 1,8% apklaustųjų neišreiškė savo nuomonės. Tai, kad 51,8% apklaustųjų dabartinę ikimokyklinio ugdymo įstaigų situaciją Kauno rajone vertina gerai galėjo lemti ne mažas procentas

(48,2%) apklaustųjų, kurie neturi vaikų. Manome, kad būtent jų nežinojimas apie realią situaciją, paskatino dabartinę ikimokyklinio ugdymo įstaigų situaciją Kauno rajone vertinti gerai.

Net 57,1% apklaustųjų nurodė, kad jų gyvenamajame rajone yra nebenaudojamų pastatų, kurių patalpas būtų galima atnaujinti ir panaudoti vaikų ugdymui. Tai parodo neišnaudotas galimybes, lyginant su naujų ikimokyklinio ugdymo įstaigų statyba. 42,9 % apklaustųjų nurodė, kad jų gyvenamajame rajone nėra nebenaudojamų pastatų, kurių patalpas būtų galima atnaujinti ir panaudoti vaikų ugdymui. Sparčiai besivystančiuose Kauno gyvenamuosiuose rajonuose susidarė tokia situacija, kuomet tėvai neturi jokių galimybių leisti savo vaikus į ikimokyklinio ugdymo įstaigą jų gyvenamajame rajone. Nors per 10 metų Lietuvoje buvo uždaryta daugiau nei 400 (3 pav.), arba ketvirtadalis visų šalies mokyklų, o jų pastatai tapo nereikalingi (www.15min.lt). Vieni pastatai sulaukia investicijų ir tampa, pvz., daugiaviečiais centrais, kiti – apleisti ir niekam nereikalingi parduodami aukcionuose.



3 pav. Bendrojo ugdymo mokyklų skaičius mažėjimo tendencija 2005-2017 m. laikotarpyje

Šaltinis: Švietimo ir mokslo ministerija

Iš 2 pav. matyti, kad 33,9% apklausoje dalyvavusių respondentų nurodė, kad jų vaikai lanko Kauno miesto ikimokyklinio ugdymo įstaigą, įvardindami to pagrindinę priežastį – „nes taip patogiau, važiuodami į darbą nuvežame vaikus į darželį“. 25,0% respondentų nurodė, kad jų vaikai lanko Kauno rajono ikimokyklinio ugdymo įstaigą, įvardindami to pagrindinę priežastį – „nes ji yra arčiau namų“. 19,6% respondentų nurodė, kad jų vaikai lanko Kauno rajono ikimokyklinio ugdymo įstaigą, įvardindami to pagrindinę priežastį – „nes čia deklaruota mūsų gyvenamoji vieta“. 8,9% respondentų nurodė, kad jų vaikai nelanko jokios ikimokyklinio ugdymo įstaigos, įvardindami to pagrindinę priežastį – „nes nebuvo laisvų vietų“. 5,4% respondentų nurodė, kad jų vaikai lanko Kauno rajono ikimokyklinio ugdymo įstaigą, įvardindami to pagrindinę priežastį – „nes tik čia buvo laisvų vietų“. 1,8% respondentų nurodė, kad jų vaikai lanko Kauno miesto ikimokyklinio ugdymo įstaigą, įvardindami to pagrindinę priežastį – „nes tik čia buvo laisvų vietų“. 5,4% respondentų neišreiškė savo nuomonės.

Didžioji dalis apklaustųjų (62,5%) pritartų idėjai, jog jų mokymosi įstaiga/darbovietė savo eksploatuojamų patalpų dalyje įkurtų ikimokyklinio ugdymo grupes jų vaikams, įvardindami to pagrindinę priežastį – „Taip, tai puiki idėja. Manau jog būtų naudinga ir patogus, jei vaikai būtų arti tėvų“. 23,2% respondentų nepritaria tokiai idėjai, įvardindami to pagrindinę priežastį – „Ne, manau jog nereikia painioti šių dviejų veiklų, arti esantys vaikai trikdytų, negalėtume deramai susikonsoliduoti darbui/mokslui“. 14,3% respondentų neišreiškė savo nuomonės. Tokiu pavyzdžiu pasekė Kauno rajono savivaldybė, kuri bendradarbiaudama su Aleksandro Stulginskio universitetu (ASU), 2015 m. Akademijos miestelyje įrengė 80 vietų Noreikiškių vaikų lopšelio-darželio „Ažuolėlis“ filialą (www.asu.lt; www.kauno.diena.lt). Tam tikslui buvo rekonstruotos daugiau kaip 620 kv. m. ploto pirmojo aukšto bendrabučio patalpos ir pritaikytos vaikų lopšelio-darželio veiklai. Ateityje planuojama ikimokykliniam ugdymui pritaikyti ir antrąjį buvusio studentų bendrabučio aukštą, kuriame bus galima įkurdinti dar 6 grupes (www.lrytas.lt). Antrame aukšte bendrabučio patalpose jau nuo 2016 m. veikia dvi grupės, viena iš jų skirta ASU darbuotojų vaikams. Ateityje Garliavoje esantis policijos nuovados pastatas Liepų gatvėje taip pat bus rekonstruotas ir pritaikytas vaikų darželiui. Šiose erdvėse turėtų tilpti 7 ikimokyklinukų grupės (www.kaunas.kasvyksta.lt).

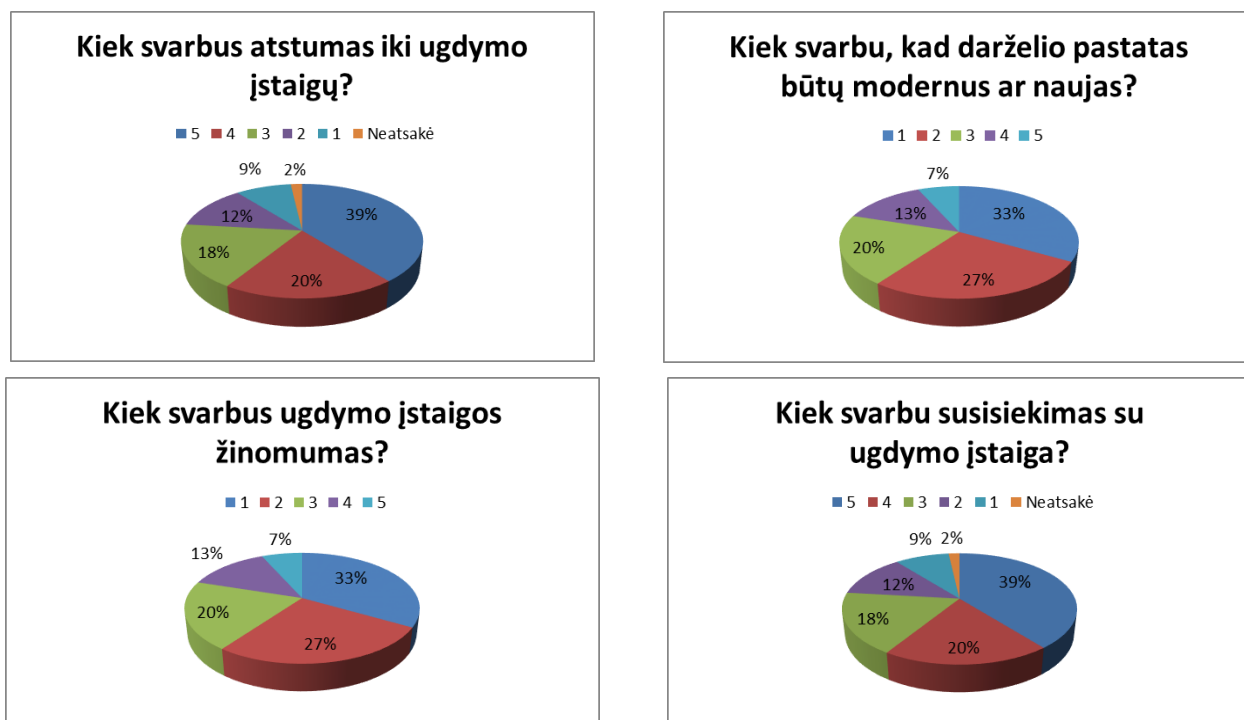
LR Vyriausybės 2007 m. rugsėjo 19 d. nutarimu Nr. 1057 patvirtintos Ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo plėtros 2007-2012 metų programos siekis buvo didinti tokio ugdymo prieinamumą tiek teritoriniu, tiek finansiniu aspektu, sudarant palankias sąlygas nevalstybinių ikimokyklinių įstaigų steigimuisi, rekonstruoti ikimokyklinio ugdymo įstaigų pastatus savivaldybėse pagal savivaldybių pateiktus rekonstravimo projektus ir pan.

Net 46,4% apklaustųjų nurodė, kad atsiradus laisvai vietai modernioje, naujai įrengtoje (atnaujintoje) ugdymo įstaigoje Kauno rajone, jie keistų savo pasirinkimą ir vaikus leistų ne į Kauno miesto ugdymo įstaigą, kaip tai daro šiuo metu. 26,8% apklaustųjų nekeistų savo pasirinkimo, 17,9% apklaustųjų nurodė, kad jau dabar lanko Kauno rajono ikimokykliniam ugdymo įstaigą ir 8,9% apklaustųjų šiuo klausimu savo nuomonės neišsakė.

Daliai anketos klausimų buvo pateikti 5 atsakymo variantai, vertinti pagal Likert'o skalę. Vertinta 5 balų skalėje: 1 - visiškai nesvarbu, 2 – labiau nesvarbu, 3 – nei svarbu, nei nesvarbu, 4 - svarbu, 5 – labai svarbu. Pagal Likert'o skalę vertinti klausimai:

- Kiek svarbus atstumas iki ugdymo įstaigos?
- Kiek svarbu kad darželio pastatas būtų modernus ar naujas?
- Kiek svarbus ugdymo įstaigos žinomumas, geri atsiliepimai apie ją?
- Kiek svarbus susisiekimas viešuoju transportu ar transporto pasiekiamumas?

Respondentų pasiskirstymas pagal atsakymo variantus į aukščiau užduotus klausimus pateiktas 4 pav.



4 pav. Respondentų nuomonių pasiskirstymas pagal pateiktus anketos klausimus

Šaltinis: sudaryta autorių

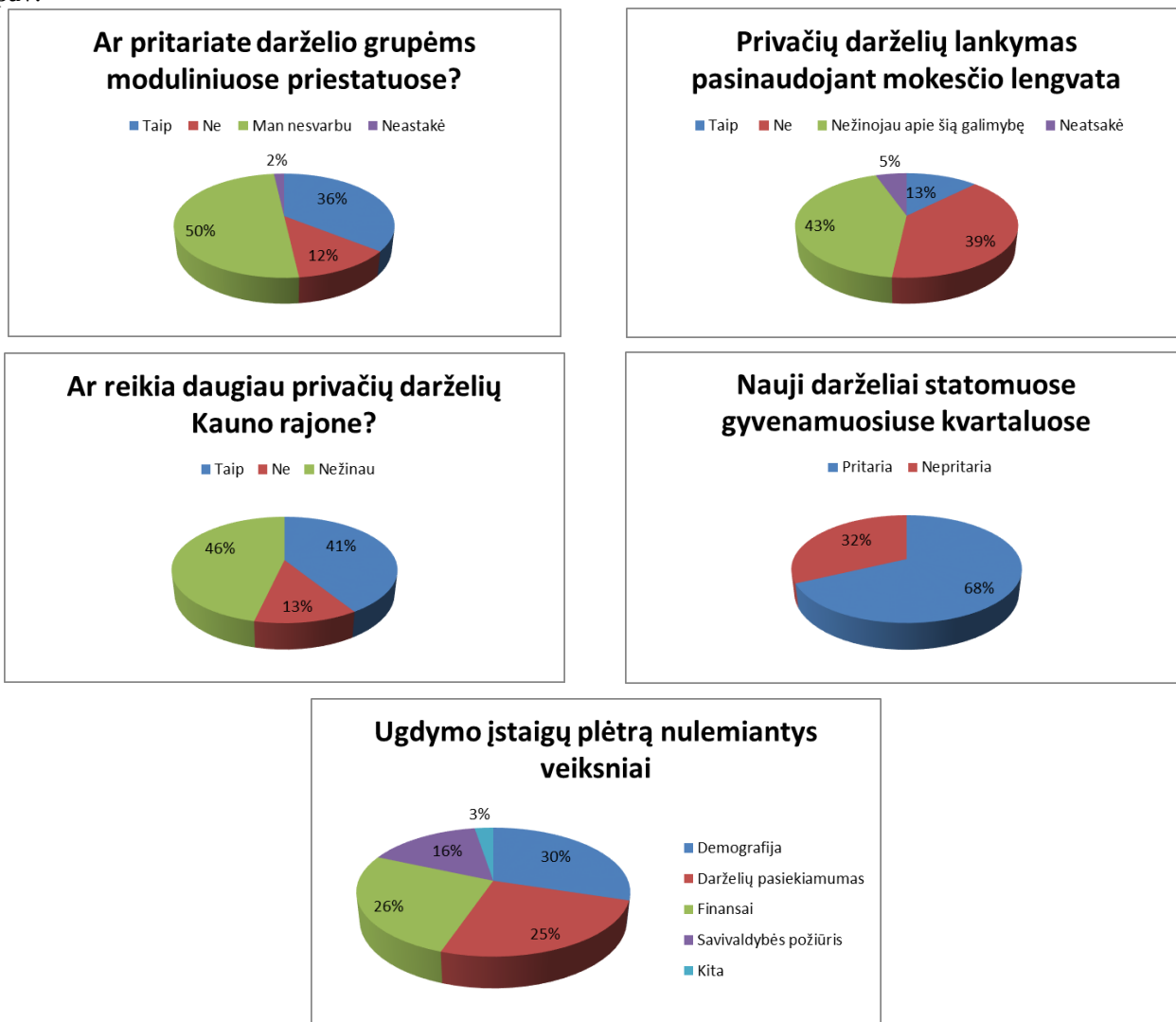
Iš 4 pav. matyti, kad apklausoje dalyvavę respondentai atstumą iki ugdymo įstaigos vertina kaip labai svarbų kriterijų (39,3%); darželio pastato modernumą ar naujumą 37,5% apklaustųjų vertina kaip svarbų kriterijų; ugdymo įstaigos žinomumą, gerus atsiliepimus apie ją 46,4% apklaustųjų vertina kaip labai svarbų kriterijų; susisiekimą viešuoju transportu ar transporto pasiekiamumą 39,3% apklaustųjų vertina kaip labai svarbų kriterijų. Remiantis Kauno rajono savivaldybės Kultūros, švietimo ir sporto skyriaus informacija Šlienavos pagrindinėje mokykloje nebus įkurta nauja grupė, nes nebeliko poreikio. Dauguma rajone gyvenančių tėvų dėl patogesnės infrastruktūros (važiuojant į darbus, kartu veža ir vaikus į darželius; nori jog vaikai būtų arčiau jų) pageidauja lankyti Kauno miesto darželius.

Apklausoje anketos pabaigoje respondentams buvo pateikti šie klausimai:

- Ar palankiai vertintumėte, jei jūsų vaiko lankoma darželio grupė būtų įsikūrusi moduliname pastate?
- Ar naudojotės/planuojate pasinaudoti galimybe leisti savo vaiką į privatų darželį pasinaudojant Kauno rajono savivaldybės kompensacija 72,41 Eur/mėn. (t.y. 100 proc. sumos, kurią tėvai mokėtų leisdami vaiką į valstybinį darželį)?
- Kaip manote ar Kauno rajone reikia daugiau privačių darželių?
- Kauno rajono savivaldybė bendradarbiauja su verslu. Šiuo metu Kauno raj. projektuojami, o kitur jau ir statomi gyvenamieji kvartalai, kuriuose statytojai savo lėšomis stato pastatus būsimoms ikimokyklinio ugdymo įstaigoms. Kaip vertinate šiuos procesus?

- Kaip manote, kurie iš išvardintų veiksnių gali labiausiai daryti įtaką ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtrai?

Apklausoje dalyvavusių respondentų nuomonių pasiskirstymas į aukščiau pateiktus klausimus pateiktas 5 pav.



5 pav. Respondentų nuomonių pasiskirstymas pagal pateiktus anketos klausimus
Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 5 pav. matyti, kad net 50,0% apklaustųjų būtų nesvarbu, jei jų vaiko lankoma darželio grupė būtų įsikūrusi moduliniam pastate. 35,7% apklaustųjų šią galimybę vertintų teigiamai, 12,5% apklaustųjų šiam variantui nepritartų, 1,8% apklaustųjų šiuo klausimu savo nuomonės neišsakė. Būtent Kauno rajone, Domeikavoje pradėjo veikti pirmas Lietuvoje modulinio tipo lopšelis-darželis (www.lrytas.lt). Savivaldybė numatė pastatyti ir antrą modulinio priestato aukštą, kurį sujungs su senuoju darželio pastatu (www.kaunas.kasvyksta.lt). Modulinis darželis prireikus galima greitai išardyti ir perkelti į kitą vietą. Tokie darželiai itin populiarūs Vakarų šalyse, Skandinavijoje. Iš šešių modulių sukonstruotas Domeikavos vaikų darželio priestatas iškilo per pusantro mėnesio. Darželį lanko 17 vaikų, o jo statyba ir įrengimas kainavo 80 tūkst. eurų.

12,5% apklaustųjų naudojasi Kauno rajono savivaldybės parama tėvams (72 eurų kompensacija) ir leidžia savo vaikus į privatų darželį, 39,3% apklaustųjų nesinaudoja šia galimybe. Net 42,9% apklaustųjų teigė, kad nežinojo apie šią galimybę, 5,4% apklaustųjų šiuo klausimu savo nuomonės neišsakė. Kauno rajono savivaldybė pirmoji Lietuvoje ėmė skirti paramą tėvams, leidžiantiems vaikus į privačius darželius (www.kaunas.kasvyksta.lt). Kaune, jo rajone sprendimo mokėti privačius darželius lankančių vaikų tėvams kompensaciją priežastys tokios pat kaip Vilniuje – ilga šeimų, laukiančių galimybės patekti į darželį, eilė ir vietų juose trūkumas (www.veidas.lt). Kauno rajono savivaldybė 72 eurų kompensaciją taiko jau nuo 2014 m. rugpjūčio. 70–80 tūkst. eurų per metus kainuojanti priemonė pasiteisino: darželius ne tik lanko daugiau vaikų, bet ir kuriasi daugiau privačių darželių. Per pusantų metų Kauno rajone – Karmėlavos, Akademijos, Domeikavos seniūnijoje ir Ringaudų kvartale buvo įkurti keturi privatūs darželiai, kurių devynios grupės

priėmė šimtą vaikų. Kauno miesto savivaldybė eiles į darželius trumpina įteisinusi 100 eurų kompensaciją lankančių privačius darželius vaikų tėvams.

Apklaustos duomenimis didžioji dalis respondentų (41,1%) mano, kad Kauno rajone reikia daugiau privačių darželių; 12,5% apklaustųjų nemano, kad jų reikia; 46,4% apklaustųjų neišsakė savo nuomonės šiuo klausimu. Remiantis Kauno rajono savivaldybės Kultūros, švietimo ir sporto skyriaus informacija šiuo metu 192 Kauno rajono vaikai ugdomi privačiuose Kauno rajono darželiuose. Privatūs darželiai nėra atskaitingi Kauno rajono savivaldybės Švietimo skyriui, tačiau visą laiką noriai bendradarbiauja ir ateities planus, plėtros galimybes, kuria kartu.

67,9% respondentų džiaugiasi, jog savivaldybė planingai vykdo Kauno rajono plėtrą. Kuriantis naujiems gyvenamiesiems kvartalams būtinos ir naujos ikimokyklinio ugdymo įstaigos. Tendencinga tai, kad naujuose kvartaluose kuriasi jaunos šeimos, didėja mažamečių vaikų skaičius, tokios ikimokyklinio ugdymo įstaigos rastųsi arčiau namų. 32,1% respondentų mano, kad ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtra Kauno rajone nėra būtina, tai yra 12,5% respondentų mano, jog tai išbrangins būsto kainą, todėl jų apgyvendinimo proc. bus nedidelis. Daugumai labai svarbu kaina; 19,6% respondentų mano, kad didžioji dauguma rajono gyventojų ar ten besikuriančių dirba miesto ribose ir kasdien važinėdami į darbą, nuveža savo atžalas į miesto darželius. Taip jiems atrodo patogiau, todėl būtų geriau investuoti į naujas ugdymo įstaigas mieste.

29,8 % respondentų mano, kad Kauno rajono demografiniai rodikliai yra vienas iš veiksnių, turinčių didžiausią įtaką ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtrai; 26,3 % respondentų mano, jog tai yra Kauno rajono savivaldybės skiriama kompensacija; 25,4 % respondentų mano, jog tai yra paslaugų prieinamumas/pasiekiamumas; 15,8 % respondentų mano, jog tai yra Kauno rajono savivaldybės požiūris ar galimybės; 2,6% respondentų mano, jog tam įtakos turi kiti veiksniai.

Apklaustos metu išgryninti pagrindiniai veiksniai, lemiantys ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtrą Kauno rajone, ateityje numatomame vykdyti tyrime bus pasirinkti alternatyvių variantų pagrindiniais vertinimo kriterijais, naudojant GIS programinę įrangą.

Išvados

1. Apklausoje dalyvavusių respondentų amžiaus pasiskirstymas: 18-25 metų grupę sudarė 37,5% apklaustųjų, 26-45 metų grupę - 57,1% ir 46-65 metų grupę - 3,6%. 25,0% respondentų nurodė, kad turi vieną vaiką, 19,6% - du vaikus, 5,4% - tris vaikus ir 1,8% keturis ir daugiau vaikų. Nors 51,8% apklaustųjų nurodė, kad dabartinę ikimokyklinio ugdymo įstaigų situaciją Kauno rajone vertina gerai, 32,1% nurodė, kad vertina patenkinamai, o 10,7% - vertina silpnai. Anketos rezultatai parodė, kad didžiausias ikimokyklinio ugdymo įstaigų trūkumas yra šiose Kauno rajono seniūnijose: Garliavos - 10,7% respondentų; Ringaudų - 8,9% respondentų; Akademijos - 3,6% respondentų; Raudondvario - 3,6% respondentų; Samylių - 3,6% respondentų; Vilkijos - 3,6% respondentų ir Zapyškio - 3,6% respondentų.

2. Ikimokyklinio ugdymo įstaigos pasirinkimą nulėmę veiksniai: Kauno mieste, nes važiuojant į darbą, vaikai nuvežami į ugdymo įstaigą (33,9% respondentų); Kauno rajone, nes ugdymo įstaiga yra arčiau namų (25% respondentų); Kauno rajone, nes čia deklaruota gyvenamoji vieta (19,6% respondentų); nelanko jokios ikimokyklinio ugdymo įstaigos, nes nebuvo laisvų vietų (8,9% respondentų) ir 46,4% apklaustos dalyvių pasisakė už tai, kad pakeistų savo pasirinkimą atsiradus galimybei vaikams lankyti ugdymo įstaigą Kauno rajone, o ne Kauno mieste. Net 62,5% apklaustųjų norėtų, jog mokymosi įstaigos ar darbovietės eksploatuojamose patalpose būtų įkurtos ikimokyklinio ugdymo įstaigų grupės vaikams.

3. Aptariant ikimokyklinio ugdymo įstaigų patrauklumo veiksniai, būtų galima išskirti šiuos: 50% respondentų atsakė, kad atstumas iki ugdymo įstaigos yra labai svarbu; 46,4% respondentų - ugdymo įstaigos žinomumas, geri atsiliepimai, įvaizdis yra labai svarbu; 39,3% respondentų - susisiektis viešuoju transportu ar transporto pasiekiamumas yra labai svarbu; 37,5% respondentų - modernus, naujas pastatas yra svarbu. 35,7% respondentų vertina teigiamai Kauno rajono savivaldybės sprendimą vietų trūkumą ugdymo įstaigose kompensuoti statant modulinius priestatus.

4. Apklaustųjų nuomone ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtrą nulemiantys veiksniai: Kauno rajono demografiniai rodikliai (29,8% respondentų); ikimokyklinio ugdymo įstaigų paslaugų prieinamumas/pasiekiamumas (25,4% respondentų); Kauno rajono savivaldybės skiriama kompensacija (26,3% respondentų) ir Kauno rajono savivaldybės požiūris ar galimybės (15,8% respondentų). 12,5% apklaustųjų pasinaudojo Kauno rajono savivaldybės mokama kompensacija leidžiant vaikus į privačius darželius (72,41 eur/mėn), 42,9 % nežinojo apie šią galimybę, o 39,3 % apklaustųjų teigia, jog mokama suma vis tiek išlieka per didelė.

Literatūra

1. Akademijoje steigiamas vaikų darželis – [žiūrėta 2017-04-11]. Prieiga per internetą: <http://kauno.diena.lt/naujienos/kaunas/miesto-pulsas/akademijoje-steigiamas-vaiku-darzelis-622649>

2. Apklausos anketa „Ikimokyklinio ugdymo įstaigų plėtros galimybės Kauno rajone“ – [žiūrėta 2016-11-10]. Prieiga per internetą: <http://apklausa.lt/f/ikimokyklinio-ugdymo-istaigu-pletros-galimybes-kauno-rajone-3bq94mx/answers/new.html>
3. Darželinukų vargai: nuo kompensacijos iki darželio grupių nuovadoje – [žiūrėta 2017-04-11]. Prieiga per internetą: <http://www.veidas.lt/socialistinis-venesuelos-chaosas>
4. Emigracijos „grožis“: aukcionuose parduodamos šabakštynuose paskendusios apleistos mokyklos – [žiūrėta 2017-04-11]. Prieiga per internetą: <http://www.15min.lt/verslas/naujiena/kvadratinis-metras/nekilnojamosis-turtas/emigracijos-grozis-aukcionuose-parduodamos-sabakstynuose-paskendusios-apleistos-mokyklos-973-768476>
5. Ikimokyklinio ugdymo švietimo sistema, ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo paskirtis – [žiūrėta 2017-04-04]. Prieiga per internetą: <http://www.ikimokyklinis.lt/index.php/straipsniai/bendri-straipsniai/ikimokyklinio-ugdymo-svietimo-sistema-ikimokyklinio-ir-priesmokyklinio-ugdymo-paskirtis/4856>
6. Ikimokyklinis ugdymas – [žiūrėta 2017-04-04]. Prieiga per internetą: <https://www.smm.lt/web/lt/smm-svietimas/svietimo-sistema-ikimokyklinis-ugdymas>
7. Kauno rajonas pasiryžęs išspręsti darželių problemą – [žiūrėta 2017-04-11]. Prieiga per internetą: <http://kaunas.kasvyksta.lt/2016/01/28/rajonas/kauno-rajonas-pasiryzes-isspresti-darzeliu-problema/#ixzz4dwS3GKeF>
8. Kauno rajonas pasiryžęs išspręsti vaikų darželių problemą – [žiūrėta 2017-04-04]. Prieiga per internetą: <http://lietuvsdiena.lrytas.lt/aktualijos/kauno-rajonas-pasiryzes-isspresti-vaiku-darzeliu-problema.htm>
9. Lietuvoje duris atvėrė pirmas modulinis vaikų darželis – [žiūrėta 2017-04-11]. Prieiga per internetą: <http://lietuvsdiena.lrytas.lt/aktualijos/lietuvoje-duris-atvere-pirmas-modulinis-vaiku-darzelis.htm>
10. LRV nutarimas dėl ikimokyklinio ir priešmokyklinio ugdymo plėtros 2007–2012 metų programos patvirtinimo. 2007 m. rugsėjo 19 d. Nr. 1057.
11. Studentų bendrabutyje atidarytas vaikų darželis – [žiūrėta 2017-04-11]. Prieiga per internetą: <https://asu.lt/studentu-bendrabutyje-atidarytas-vaiku-darzelis/>

POTENTIAL OF DEVELOPMENT OF PRE-SCHOOL INSTITUTIONS IN KAUNAS DISTRICT

Summary

This article analyses the opportunities for the development of pre-primary education institutions in Kaunas district survey. The survey was intended to find out the population of Kaunas district views about the current situation of the pre-school institutions in the territory of their views on the development of new activities and opportunities for the development of the pre-school institutions, the factors that determine when choosing a pre-school institution or the institution of a new school in Kaunas, or would it be attending. Results of this study revealed that the maximum shortage of pre-school institutions is: Ringaudai, Akademija and Garliava neighbourhoods. The most important factors in determining the attractiveness of education institutions - the distance to the education institutions and training institutions, capable of good reviews, and the development of the image to determine the key factors: demographic indicators of the district; pre-primary services accessibility/availability.

Key words: pre-school institution, development, Kaunas district.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Busilaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, Statybos technologijų katedra.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybų technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 637 79248, kristina.busilaite@ktu.edu

Autoriaus vardas, pavardė: Mindaugas Daukšys.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, Statybos technologijų katedra.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybų technologijos, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 37 300479, mindaugas.dauksys@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Busilaitė.

Science degree and name: master.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Department of Construction Technologies.

Author's research interests: building technologies.

Telephone and e-mail address: +370 637 79248, kristina.busilaite@ktu.edu

Author name, surname: Mindaugas Daukšys.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Department of Construction Technologies.

Author's research interests: building technologies, material technologies, methodology of engineering sciences.

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

TECHNOLOGIJŲ KRYPTIES STUDIJŲ PROGRAMOS KOMPETENCIJŲ IR STUDIJŲ REZULTATŲ ATITIKIMO ŠIUOLAIKINIŲ ĮMONIŲ POREIKIUS TYRIMAS

Jolanta Mačėnienė, Valdona Judickaitė-Žukovskė, Algis Žemgulis
Vilniaus kolegija

Anotacija. Lietuvos aukštojo mokslo studijų kokybė yra aktuali ir opi tema. Sparčiai kintantys verslo poreikiai ir iš jų kylantys reikalavimai aukštųjų mokyklų absolventų kvalifikacijai bei kintanti aukštojo mokslo aplinka sąlygoja būtinybę nuolatos analizuoti įmonių poreikius ir studijų programų aktualumą darbo rinkoje. Straipsnyje pateikti šalies įmonių, savo veikloje naudojančių e-verslo sistemas ir jų modulius arba juos projektuojančių, apklausos rezultatai. Tyrimas atliktas, siekiant įvertinti „Elektroninio verslo technologijų“ studijų programos studijų rezultatų atitikimą pirmosios pakopos profesinio bakalauro aprašo reikalavimus bei kompetencijų aktualumą dabartinėje darbo rinkoje.

Reikšminiai žodžiai: studijų programa, elektroninio verslo technologijos, profesinės kompetencijos, inžinerijos studijų kryptys, specialistų poreikis

Įvadas

Koleginė profesinio bakalauro studijų programa „Elektroninio verslo technologijos“ Vilniaus kolegijos Elektronikos ir informatikos fakultete yra realizuojama nuo 2012 metų.

Studijų programos aktualumą sąlygoja Lietuvos vyriausybės programos nuostatos, Vilniaus strategija 2010 - 2020 metais, kurioje yra numatyta, kad „... Atsižvelgiant į šiuo metu Vyriausybės išskeltus strateginius tikslus – iki 2015 metų tapti Šiaurės Europos Paslaugų Centru, o iki 2020 metų – Inovacijų centru, Vilniaus vaidmuo bus bene svarbiausias Lietuvoje. Esama mokslo infrastruktūra (aukštojo mokymo įstaigos, technologijų parkai, slėniai ir kt.) sudaro prielaidas plėtoti Vilniuje žinių ekonomiką ir naujoves, tapti paslaugų bei inovacijų centru Lietuvoje ir Baltijos jūros regione“ (Vilniaus miesto 2010 – 2020 metų strateginis planas, 2010) [4] bei lyginamojo kiekybinio ir kokybinio tyrimo „Inžinerijos studijų kryptių grupės specialistų poreikio nustatymas Lietuvoje, Estijoje ir Lenkijoje“, kurį pagal Vilniaus kolegijos užsakymą 2011 metais atliko Vilniaus universiteto specialistai, rezultatai, pagrindžiantys Elektroninio verslo technologijų studijų programos absolventų paklausą darbo rinkoje (Tyrimo paslaugų ataskaita, 2011) [3]. Studijų programos poreikį įrodo geri studentų priėmimo rezultatai – kasmet įvykdomas studentų priėmimo planas.

Kitas šiuo metu teikiamos studijų programos versijos tobulinimo pagrindas buvo asociacijų The Association for Computing Machinery (ACM), The Association for Information Systems (AIS) ir The Computer Society (IEEE-CS) parengta studija IS 2010 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems (IS 2010) [5]. Studijos IS 2010 pasirodymą sąlygojo visa eilė faktorių: įvykę technologijų pokyčiai, globaliai paskirstytų sistemų taikymas, interneto technologijų plėtra (tame tarpe e-verslo, e-komercijos), ERP paketų taikymas, mobiliųjų technologijų visuotinis plitimas bei siekis paskatinti informacijos sistemų bendrąją plėtrą plačiai taikyti sprendimus Web 2.0 technologijų pagrindu.

Studijų programos kompetencijų formavimo koncepcija yra pagrįsta trijų sluoksnių modeliu. Studijų programos kompetencijos yra viršutinis modelio sluoksnis, žinios ir gebėjimai sudaro vidurinį sluoksnį, o studijų programos dalykų temos, kurios formuoja žinias ir gebėjimus yra žemutinis modelio sluoksnis. Žinių ir gebėjimų sluoksnio visumą sudaro bendrosios žinios ir gebėjimai (pagrindai), studijų srities pagrindai ir informacijos sistemų specifinės žinios ir gebėjimai. Pagrindiniai studijų programos struktūriniai elementai yra: dalykas, studijų rezultatai ir trijų lygių hierarchija Žinių sritis – Žinių vienetas - Tema [5]. IS 2010 siūloma naudoti supaprastintą studijų programos architektūros modelį, kai studijų rezultatai yra tiesiogiai susiejami su dalykais ir dalykais - su temomis daug – su - daug tipo sąsajomis.

Lietuvos aukštojo mokslo aplinkos pokyčiai, spartūs interneto technologijų, e-verslo ir e-komercijos skvarbos tempai, sparčiai kintantys šių sistemų ir interneto naudotojų poreikiai sąlygoja būtinumą nuolatos analizuoti šiuos pokyčius, siekiant tobulinti tiek studijų programų turinį, tiek ir studijų programų teikimo procesus. Čia ypatingas dėmesys yra skiriamas studentų pasiekimų vertinimui. Nustatyti trys studentų pasiekimų lygiai: slenkstinis, tipinis ir puikus. Vertinant studentų pasiekimus, akcentuojamas ne tik studijų rezultatų pasiekimo lygis, o svarbiausia - kompetencijų pasiekimo lygis.

Šie pokyčiai bei siekis užtikrinti studijų programos atitikimą šalies reikalavimams apsprendė pateikto tyrimo kilmę. Toliau straipsnyje pateiktas „Elektroninio verslo technologijų“ studijų programos kompetencijų ir studijų rezultatų atitikimo įmonių ir organizacijų poreikius atlikto tyrimo aprašymas ir gautų rezultatų interpretacija.

Tyrimas

Tyrimo problema: nustatyti koleginės studijų programos „Elektroninio verslo technologijos“ absolventų kompetencijų ir studijų rezultatų atitikimą šiuolaikinių įmonių ir organizacijų poreikius.

Tyrimo objektas: koleginių studijų programos „Elektroninio verslo technologijos“ profesinių kompetencijų bei žinių ir gebėjimų aktualumo tyrimas.

Tyrimo tikslas: nustatyti ar numatomi „Elektroninio verslo technologijų“ studijų programos absolventų kompetencijos bei žinios ir gebėjimai atitinka šalies įmonių ir organizacijų poreikius.

Tyrimo uždaviniai:

- atlikti „Elektroninio verslo technologijų“ studijų programos kompetencijų ir studijų rezultatų atitikimo šalies aukštojo mokslo rekomendacijoms analizę;

- atlikti Lietuvos įmonių ir organizacijų apklausą, siekiant nustatyti, kaip „Elektroninio verslo technologijų“ kompetencijos bei žinios ir gebėjimai atitinka šalies įmonių ir organizacijų poreikius.

Tyrimo imtis: įmonės ir organizacijos kuriančios diegiančios bei naudojančios elektroninio verslo technologijas savo veikloje. Imties atranka yra sąlygota pagrindinio „Elektroninio verslo technologijos“ studijų programos tikslo - parengti specialistus gebančius:

- taikyti informacinių technologijų priemones elektroninio verslo vykdymui;

- taikyti elektroninės rinkodaros ir analizės priemones elektroninio verslo vystymui;

- turėti žinių ir įgūdžių elektroninio verslo organizavimui ir vystymui;

- analizuoti elektroninio verslo rinkos informaciją ir naudoti ją elektroninio verslo modelių taikymui ir tobulinimui.

Igyvendinant tyrimo tikslą, taikyti šie metodai:

- informacijos šaltinių atranka ir analizė, siekiant įvertinti studijų programos kompetencijų atitikimą bendruosius Europos kompetencijų sąrangos principus bei šalies norminių aktų reikalavimus;

- apklausa. Atlikta Lietuvos įmonių ir organizacijų apklausa. Apklausoje dalyvavo įmonės, kurioms yra aktualūs informacijos sistemų specialistų vaidmens įmonės veiklos procese ir šių specialistų parengimo klausimai. Tai – elektroninio verslo technologijų kūrimo, diegimo įmonės bei įmonės ir organizacijos, naudojančios elektroninio verslo sprendimus savo veikloje. Klausimynas buvo išsiųstas 60 Lietuvos įmonių, atsakymai buvo gauti iš 16 įmonių;

- statistinė duomenų analizė. Apklausoje duomenų kiekybinės analizės tikslas – nustatyti ar „Elektroninio verslo technologijų“ studijų programos kompetencijos bei žinios ir gebėjimai atitinka įmonių ir organizacijų poreikius. Duomenų analizėje buvo taikomas aprašomosios statistikos metodas.

Analizuojamos studijų programos profesinės kompetencijos ir jas formuojantys studijų programos rezultatai yra pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Profesinės veiklos kompetencijos ir studijų programos rezultatai

Kompetencijos	Studijų programos rezultatai
Dalykinės kompetencijos	
1. Taikyti informacinių technologijų priemones elektroninio verslo vykdymui	1.1 Gebės parinkti verslo uždavinių sprendimui reikalingas programinės įrangos priemones
	1.2 Gebės atrasti ir formuluoti reikalavimus programinei įrangai ir projektuoti naudotojo sąsają
	1.3 Gebės taikyti programavimo ir duomenų bazių valdymo technologijas ir vertinti jų kokybę
	1.4 Gebės integruoti elektroninio verslo priemones į įmonės ar organizacijos informacijos sistemą
2. Taikyti elektroninės rinkodaros ir analizės priemones elektroninio verslo vystymui	2.1 Gebės pagal verslo uždavinius parinkti ir taikyti elektroninės rinkodaros priemones
	2.2 Gebės organizuoti ir valdyti internetines reklamos kampanijas ir vertinti jų efektyvumą
	2.3 Gebės taikyti duomenų analizės priemones lankomumo ir kitos verslo informacijos vertinimui
3. Organizuoti, valdyti elektroninį verslą	3.1 Gebės taikyti verslo aplinkos pažinimo metodus, savarankiškai ir komandoje, planuoti, organizuoti ir kontroliuoti elektroninį verslą
	3.2 Gebės kontroliuoti vidinių IT padalinių ir subrangovų teikiamų informacinių technologijų paslaugų kokybę
	3.3 Gebės taikyti biuro, grupinio darbo ir projektų valdymo priemones
4. Analizuoti elektroninio verslo rinkos informaciją ir naudoti ją elektroninio verslo modelių taikymui ir tobulinimui	4.1 Gebės identifikuoti, charakterizuoti ir taikyti elektroninio verslo modelius
	4.2 Gebės vertinti ir prognozuoti elektroninio verslo paslaugų poreikį
	4.3 Gebės analizuoti ir modeliuoti organizacijų veiklą
Bendrosios kompetencijos	
5. Instrumentinė: gebėjimas surasti,	5.1 Gebės taikyti šiuolaikines informacijos paieškos ir atrankos pagal suformuluotus požymius sistemas

Kompetencijos	Studijų programos rezultatai
Dalykinės kompetencijos	
atrinkti, analizuoti informaciją	
6. Sisteminė: gebėjimas mokytis savarankiškai	6.1 Gebės savarankiškai tobulinti savo kvalifikaciją, apibrėžiant tobulintinas kompetencijas ir panaudojant šiuolaikines informacines technologijas
7. Tarpasmeninė: gebėjimas dirbti grupėje ir tarptautinėje erdvėje	7.1 Gebės bendrauti valstybine bei užsienio kalbomis, dirbti daugiakultūroje aplinkoje

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus programos studijų rezultatų analizę lyginant su Studijų pakopų aprašo reikalavimais profesinio bakalauro studijoms (Studijų pakopų aprašas, 2011) [2], galima teigti, kad programos studijų rezultatai atitinka šiuos reikalavimus pirmosios studijų pakopos profesinio bakalauro studijų programoms, Lietuvos kvalifikacijų sandaros šeštąjį lygį pagal Lietuvos kvalifikacijų sandaros aprašą (Lietuvos kvalifikacijų sandaros aprašas, 2010) [1], Europos kvalifikacijų sąrangos šeštąjį lygmenį pagal Rekomendacijos II priedą, Europos aukštojo mokslo kvalifikacijų sąrangos pirmąją studijų pakopą [6]. Studijų programos rezultatų atitikimo studijų pakopos reikalavimus analizės rezultatai yra pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Studijų programos rezultatų atitiktis studijų pakopos reikalavimus

Aprašo dalys	Pirmosios studijų pakopos profesinio bakalauro studijų rezultatai (pagal Studijų pakopų aprašą)	Programos studijų rezultatai
Žinios, jų taikymas	Praktinį veiklos srities išmanymą suteikiančios naujausiais atradimais grindžiamos profesinės veiklos žinios, kurias gebama taikyti nustatant ir sprendžiant kompleksines konkrečias ar abstrakčias veiklos srities problemas.	1.3. Gebės taikyti programavimo ir duomenų bazių valdymo technologijas ir vertinti jų kokybę. 4.1. Gebės identifikuoti, charakterizuoti ir taikyti elektroninio verslo modelius.
Gebėjimai vykdyti tyrimus	Geba rinkti ir analizuoti duomenis, reikalingus konkrečioms profesinės veiklos ir inovacijų diegimo problemoms spręsti.	1.2. Gebės atrasti ir formuluoti reikalavimus programinei įrangai ir projektuoti naudotojo sąsają. 4.2. Gebės vertinti ir prognozuoti elektroninio verslo paslaugų poreikį.
Specialieji gebėjimai	Geba planuoti, organizuoti, vykdyti ir vertinti praktines veiklas konkrečiose profesinės veiklos srityse, savarankiškai pasirinkdamas technologines, organizacines ir metodines priemones.	1.1. Gebės parinkti verslo uždavinių sprendimui reikalingas programinės įrangos priemones. 1.4. Gebės integruoti elektroninio verslo priemones į įmonės ar organizacijos informacijos sistemą. 2.1. Gebės pagal verslo uždavinius parinkti ir taikyti elektroninės rinkodaros priemones. 2.2. Gebės organizuoti ir valdyti internetines reklamos kampanijas ir vertinti jų efektyvumą. 2.3. Gebės taikyti duomenų analizės priemones lankomumo ir kitos verslo informacijos vertinimui. 3.1. Gebės taikyti verslo aplinkos pažinimo metodus, savarankiškai ir komandoje, planuoti, organizuoti ir kontroliuoti elektroninį verslą. 3.2. Gebės kontroliuoti vidinių IT padalinių ir subrangovų teikiamų informacinių technologijų paslaugų kokybę. 3.3. Gebės taikyti biuro, grupinio darbo ir projektų valdymo priemones.
Socialiniai gebėjimai	Geba bendrauti su specialistais ir kitais asmenimis sprendžiant profesinės veiklos uždavinius. Imasi atsakomybės už savo ir	4.3. Gebės analizuoti ir modeliuoti organizacijų veiklą.

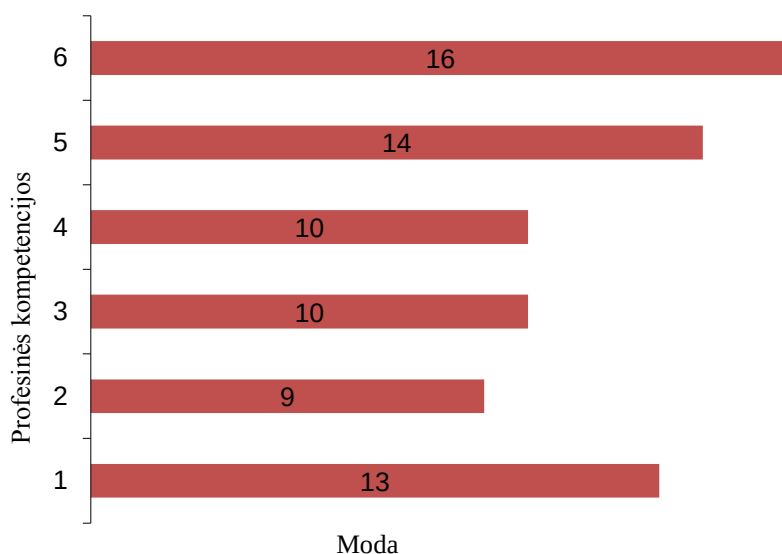
Aprašo dalys	Pirmosios studijų pakopos profesinio bakalauro studijų rezultatai (pagal Studijų pakopų aprašą)	Programos studijų rezultatai
	pavaldžių darbuotojų veiklos kokybę vadovaudamasis profesine etika ir pilietiškumu. Geba perteikti veiklos srities žinias ir supratimą besimokantiejiems.	7.1. Gebės bendrauti valstybine bei užsienio kalbomis, dirbti daugiakultūroje aplinkoje.
Asmeniniai gebėjimai	Geba savarankiškai mokytis savo profesinės veiklos srityje. Suvokia moralinę atsakomybę už savo veiklos ir jos rezultatų poveikį visuomeninei, ekonominei, kultūrinei raidai, gerovei ir aplinkai.	5.1. Gebės taikyti šiuolaikines informacijos paieškos ir atrankos pagal suformuluotus požymius sistemas. 6.1. Gebės savarankiškai tobulinti savo kvalifikaciją, apibrėžiant tobulintinas kompetencijas ir panaudojant šiuolaikines informacines technologijas.

Šaltinis: sudaryta autorių

Studijų programos dalykinių ir bendrųjų kompetencijų ir studijų rezultatų (1 lentelė) aktualumo šiuolaikinių elektroninio verslo įmonių ir organizacijų, kuriančių, diegiančių ir naudojančių elektroninio verslo technologijas savo veikloje, tyrimui buvo suformuotas atitinkamas klausimynas. Įmonių ir organizacijų apklausa vyko interaktyvioje aplinkoje.

Tyrimo rezultatai

Statistiškai apdorojant respondentų apklausos duomenis, buvo skaičiuojamas imties elementų, šiuo atveju kiekvienos profesinės kompetencijos, aukščiausio aktualumo „laipsnių“ pasikartojimų dažnis. Aukščiausiam aktualumo „laipsniui“ priskiriami įvertinimai „Labai aktualu“ (5) ir „Aktualu“ (4). Profesinių kompetencijų aukščiausio aktualumo „laipsnio“ pasikartojimų dažniai pateikti 1 pav. (profesinių kompetencijų numeravimo tvarka atitinka numeravimą 1 lentelėje).



1 pav. Profesinių kompetencijų aukščiausio aktualumo „laipsnio“ pasikartojimas imtyje

Šaltinis: sudaryta autorių

Aukščiausią aktualumo „laipsnį“ respondentai dažniausiai nurodė šioms profesinėms kompetencijoms (čia pateiktos profesinės kompetencijos, kurių aukščiausio aktualumo „laipsnio“ pasikartojimas yra didesnis už pasikartojimų vidurkį, aktualumo mažėjimo tvarka): bendrosios kompetencijos: sisteminė kompetencija - gebėjimas mokytis savarankiškai, instrumentinė kompetencija - gebėjimas surasti, atrinkti, analizuoti informaciją ir dalykinė kompetencija: taikyti informacinių technologijų priemones elektroninio verslo vykdymui.

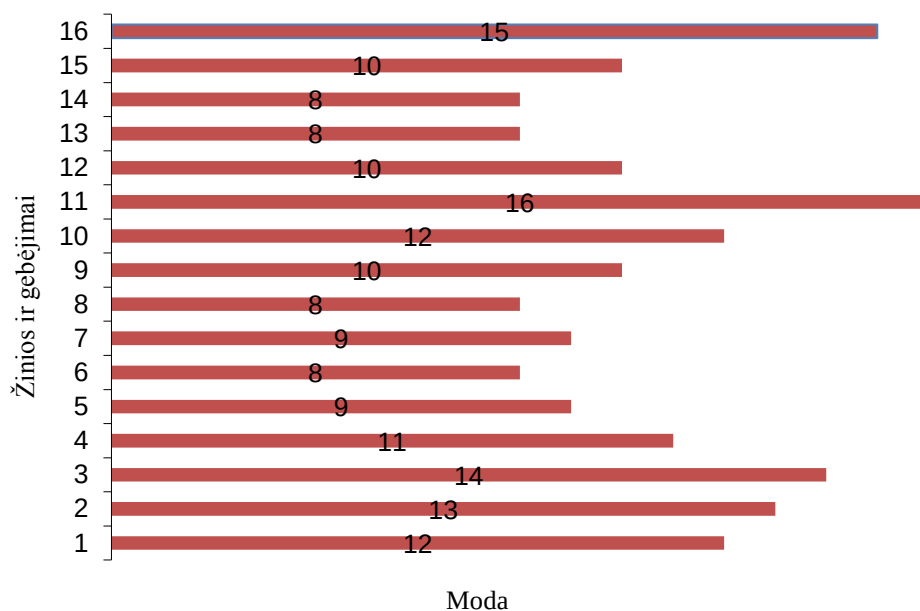
Žinių ir gebėjimų, formuojančių kvalifikacijos elementus, kurių aktualumas tirtas apklausos būdu sąrašas:

1. Gebės parinkti verslo uždavinių sprendimui reikalingas programinės įrangos priemones;
2. Gebės atrasti ir formuluoti reikalavimus programinei įrangai ir projektuoti naudotojo sąsają;

3. Gebės taikyti programavimo ir duomenų bazių valdymo technologijas ir vertinti jų kokybę;
4. Gebės integruoti elektroninio verslo priemones į įmonės ar organizacijos informacijos sistemą;
5. Gebės pagal verslo uždavinius parinkti ir taikyti elektroninės rinkodaros priemones;
6. Gebės organizuoti ir valdyti internetines reklamos kampanijas ir vertinti jų efektyvumą;
7. Gebės taikyti duomenų analizės priemones lankomumo ir kitos verslo informacijos vertinimui;
8. Gebės taikyti verslo aplinkos pažinimo metodus, savarankiškai ir komandoje, planuoti, organizuoti ir kontroliuoti elektroninį verslą;
9. Gebės kontroliuoti vidinių IT padalinių ir subrangovų teikiamų informacinių technologijų paslaugų kokybę;
10. Gebės taikyti biuro, grupinio darbo ir projektų valdymo priemones;
11. Gebės bendrauti valstybine bei užsienio kalbomis, dirbti daugiakultūroje aplinkoje;
12. Gebės identifikuoti, charakterizuoti ir taikyti elektroninio verslo modelius;
13. Gebės vertinti ir prognozuoti elektroninio verslo paslaugų poreikį;
14. Gebės analizuoti ir modeliuoti organizacijų veiklą;
15. Gebės taikyti šiuolaikines informacijos paieškos ir atrankos pagal suformuluotus požymius sistemas;
16. Gebės savarankiškai tobulinti savo kvalifikaciją, apibrėžiant tobulintinas kompetencijas ir panaudojant šiuolaikines informacines technologijas.

Žinių ir gebėjimų, formuojančių kvalifikacijos elementus, aukščiausių aktualumo „laipsnių“ pasikartojimų dažnių pasiskirstymas pateiktas 2 pav. (žinių ir gebėjimų numeravimo tvarka atitinka aukščiau pateiktą sąrašą).

Dažniausiai aukščiausių aktualumo „laipsnių“ respondentai nurodė šioms žinioms ir gebėjimams (sąraše pateikti žinios ir gebėjimai, kurių aukščiausio aktualumo „laipsnio“ pasikartojimas yra didesnis už pasikartojimų vidurkį, aktualumo mažėjimo tvarka): gebės bendrauti valstybine bei užsienio kalbomis, dirbti daugiakultūroje aplinkoje, gebės taikyti šiuolaikines informacijos paieškos ir atrankos pagal suformuluotus požymius sistemas, gebės analizuoti ir modeliuoti organizacijų veiklą, gebės atrasti ir formuluoti reikalavimus programinei įrangai ir projektuoti naudotojo sąsają, gebės parinkti verslo uždavinių sprendimui reikalingas programinės įrangos priemones, gebės taikyti biuro, grupinio darbo ir projektų valdymo priemones, gebės integruoti elektroninio verslo priemones į įmonės ar organizacijos informacijos sistemą.



2 pav. Žinių ir gebėjimų aukščiausio aktualumo „laipsnio“ pasikartojimas imtyje.

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Atlikus „Elektroninio verslo technologijų“ studijų programos kompetencijų ir studijų rezultatų atitikimo šalies aukštojo mokslo rekomendacijoms analizę, nustatyta, kad programos studijų rezultatai atitinka pirmosios studijų pakopos profesinio bakalauro studijų programų reikalavimus, Lietuvos kvalifikacijų sandaros šeštąjį lygį pagal Lietuvos kvalifikacijų sandaros aprašą, Europos kvalifikacijų sąrangos šeštąjį

lygmenį pagal Rekomendacijos II priedą, Europos aukštojo mokslo kvalifikacijų sąrangos pirmąją studijų pakopą.

2. Atlikus Lietuvos įmonių ir organizacijų apklausos tyrimo rezultatų analizę nustatyta, kad darbdaviams yra aktualios visos „Elektroninio verslo technologijų“ studijų programos kompetencijos. Respondentai prie visų kompetencijų dažniausiai žymėjo „labai aktualu“ arba „aktualu“. Tokių atsakymų vidurkis kiekvienai kompetencijai yra 75 procentai. Darbdavių nuomone pačios aktualiausios yra bendrosios kompetencijos: instrumentinė - gebėjimas surasti, atrinkti, analizuoti informaciją ir sisteminė - gebėjimas mokytis savarankiškai. Aktualiausia darbdaviams dalykinė kompetencija - taikyti informacinių technologijų priemones elektroninio verslo vykdymui.

3. Studijų programos profesinių kompetencijų ir studijų programos rezultatų aktualumą patvirtina atliktos apklausos, kurios tikslas – nustatyti, kaip profesinės kompetencijos, žinios ir gebėjimai atitinka įmonių bei organizacijų reikalavimus, rezultatai. Šie rezultatai gauti apklausus įmones, užsiimančias elektroninio verslo technologijų kūrimu, diegimu bei įmones ir organizacijas, naudojančias elektroninio verslo sprendimus savo veikloje.

4. Tyrimo klausimynas sudarytas, vadovaujantis nuostata sukaupiti duomenis iš įmonių, kurių pagrindinė veikla – kurti, diegti naudoti elektroninio verslo technologijas savo pagrindinės veiklos tikslų realizavimui. Būtent taip yra apibrėžiamas elektroninio verslo technologijų specialisto vaidmuo šiuolaikinėje įmonėje ir organizacijoje: taikyti informacinių technologijų priemones elektroninio verslo vykdymui, taikyti elektroninės rinkodaros ir analizės priemones elektroninio verslo vystymui, turėti žinių ir įgūdžių elektroninio verslo organizavimui ir vystymui, analizuoti elektroninio verslo rinkos informaciją ir naudoti ją elektroninio verslo modelių taikymui ir tobulinimui.

5. Tobulinant studijų programą, tikslinga, vadovaujantis darbdavių rekomendacijomis, analizuoti galimybes sustiprinti specialybės modulių inžinerinę dedamąją.

Literatūra

1. Lietuvos kvalifikacijų sandaros aprašas. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2010 m. gegužės 4 d. nutarimas Nr. 535. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=372306&p_query=&p_tr2=.
2. Studijų pakopų aprašas. Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministro 2011 m. lapkričio 21 d. Įsakymas Nr. V-2212. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=412604&p_query=&p_tr2=.
3. Tyrimų paslaugų „Lyginamasis kiekybinis ir kokybinis tyrimas „Inžinerijos studijų krypčių grupės specialistų poreikio nustatymas Lietuvoje, Estijoje ir Lenkijoje“ ataskaita. Vilniaus universitetas, 2011. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://www.esparama.lt/es_parama_pletra/failai/ESFproduktai/2011_Tyrimo_ataskaita.pdf.
4. Vilniaus miesto 2010 – 2020 metų strateginis planas. Vilniaus miesto savivaldybė, 2010. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.vilnius.lt/index.php?1703911199>.
5. IS 2010, Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems. Association for Computing Machinery (ACM), Association for Information Systems (AIS). [Interactive]. Retrieved via internet: <http://www.acm.org/education/curricula/IS%202010%20ACM%20final.pdf>.
6. Aiškinamasis memorandumas, II priedas Europos kvalifikacijų sandaros (EKS) lygių aprašai. Europos komisija, Briuselis, 2016. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016DC0383&from=EN>.

NEEDS ANALYSIS OF STUDY PROGRAMME COMPETENCIES AND LEARNING OUTCOMES IN TECHNOLOGICAL SCIENCES FIELD

Summary

The quality of Lithuanian higher education is a relevant and sensitive subject. Rapidly changing business needs and the consequential requirements for the higher school graduate qualification as well as changing higher education environment lead to the need for regular assessments of the company demands and the relevance of the study programmes to the labor market. This article presents survey results of the country enterprises which use e-business systems and modules in their activities, or design them. The research was conducted to assess „E-business Technologies“ study program results consistency with the first cycle professional bachelor description requirements and the relevance of competencies in the current labor market.

Key words: study program, e-business technologies, professional competences, engineering studies, specialist needs

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jolanta Mačėnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Vilniaus kolegijos, Elektronikos ir informatikos fakulteto Informacinių sistemų katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 610 07782, j.maceniene@eif.viko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Valdona Judickaitė-Žukovskė.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus kolegijos, Elektronikos ir Informatikos fakulteto Informacinių sistemų katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 685 05491, v.judickaite@eif.viko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Algis Žemgulis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus kolegijos, Elektronikos ir informatikos fakulteto Informacinių sistemų katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 614 56917, a.zemgulis@eif.viko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jolanta Maceniene.

Science degree and name: -.

Workplace and position: Vilniaus Kolegija/University Of Applied Sciences, Faculty of Electronic and Informatics, Information Systems Department, lecturer.

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: 8 610 07782, j.maceniene@eif.viko.lt

Author name, surname: Valdona Judickaite-Zukovske.

Science degree and name: -.

Workplace and position: Vilniaus Kolegija/University Of Applied Sciences, Faculty of Electronic and Informatics, Information Systems Department, lecturer.

Author's research interests methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: 8 685 05491, v.judickaite@eif.viko.lt

Author name, surname: Algis Zemgulis.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Vilniaus kolegija / University Of Applied Sciences, Electronics and Informatics faculty Information Systems department associated professor.

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: 8 614 56917, a.zemgulis@eif.viko.lt

PIRMO KURSO STUDENTŲ MOTYVACIJA, RENKANTIS STUDIJAS IR JŲ BENDRŲJŲ KOMPETENCIJŲ TOBULINIMAS KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOJE

Dalia Karčiauskienė, Lilija Mieliauskienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Nuolatinį pokyčių amžiuje bendrosios kompetencijos turi atitikti laikmečio reikalavimus. Ruošiant būsimus specialistus aukštojoje mokykloje vis labiau susitelkiama ne tik į profesinių įgūdžių vystymą bei praktinių žinių pritaikymą, bet ir į iniciatyvumą, kūrybingumą, savarankišką problemų sprendimą, gebėjimą bendrauti ir bendradarbiauti įvairiose grupėse bei atsakomybės prisiėmimą, sprendžiant sudėtingus veiklos uždavinius. Straipsnyje aptariama bendrųjų kompetencijų samprata ir svarba šiuolaikinio inžinieriaus profesinei karjerai, apžvelgiami KTK studentų apklausos rezultatai, akcentuojant bendrųjų gebėjimų vaidmenį.

Reikšminiai žodžiai: kompetencija, bendrosios kompetencijos, motyvacija.

Įvadas

Profesijos pasirinkimas - vienas svarbiausių jauno žmogaus gyvenimo procesų, siekiant surasti vietą gyvenime ir darbo pasaulyje, suprasti save ir savo profesinį pašaukimą. Didžiausią prioritetą šiuolaikinės verslo organizacijos teikia dalykinei specialistų kompetencijai, tačiau tobulėjant technologijoms, kurios iš esmės pakeitė darbo specifiką, iš inžinieriaus tikimasi vis daugiau kūrybiškumo. Rinkoje paklausiausi tie aukštųjų mokyklų absolventai, kurie pasižymi siekiu nuolat tobulintis, mokytis, o taip pat skiria dėmesį socialinių kompetencijų – komunikacinių, organizacinių, darbo komandoje ir kūrybinių gebėjimų – ugdymui. Nuolatiniai pokyčiai kelia naujus reikalavimus įmonėms ir specialistų rengimui. Kūrybiški, iniciatyvūs, gebantys prisitaikyti prie pokyčių bei kitus bendruosius gebėjimus įvaldę specialistai lemia sėkmingą ekonomikos vystymąsi. Darbdavių nuomone (Rutkienė, Tandzegolskienė, 2014), absolventai stokoja bendravimo ir bendradarbiavimo, komandinio darbo ir informacijos valdymo įgūdžių.

Straipsnio tikslas – atskleisti studentų motyvaciją renkantis studijas Kauno technikos kolegijoje ir išryškinti bendrųjų kompetencijų tobulinimo galimybes KTK bei jų vaidmenį šiuolaikinio inžinieriaus karjeroje.

Straipsnio uždaviniai:

1. Atlikti teorinę motyvacijos bei bendrųjų kompetencijų sampratos apžvalgą;
2. Išanalizuoti tyrimo rezultatus apie studentų motyvaciją.
3. Nustatyti bendrųjų kompetencijų tobulinimo galimybes popaskaitinėse veiklose KTK;

Tyrimo objektas – 1-o kurso nuolatinį studijų studentų nuomonė ir poreikiai.

Tyrimo metodai: mokslinių šaltinių analizė, anketinė apklausa, duomenų analizė.

Motyvacijos ir kompetencijos sampratos apžvalga

Europoje yra daug motyvacijos sąvokų. Motyvacija dažniausiai suvokiama kaip savo veiksmų ar elgesio priežastys arba priežastis. Butkienė ir Kepalaitė (1996) motyvaciją nusako, kaip veiksmų bei elgesio žadinimą ir skatinimą, vykstantį žmogaus psichikoje. Motyvacija - elgesio (veiksmų, veiklos) skatinimo sistema, kurią sukelia įvairūs motyvai. Motyvacija apima žmogaus poreikius, troškimus ir įsisąmonintus norus, interesus ir polinkius, vertybes, pažiūras ir įsitikinimus. Psichologų nuomone, motyvacija apima veiksmus, kurie sužadina elgesį norint pasiekti tikslą. Motyvacija nusakoma ir paaiškinama, kodėl žmonės vienaip ar kitaip elgiasi, atkakliai laikosi to elgesio arba jį pakeičia (Augienė, 2009).

MOSTOS atliktame tyrime (Lietuvos studijų būklės apžvalga, 2013) apie studentams aktualius veiksnius renkantis specialybę teigiama, jog daugiau nei pusei studentų, specialybė, susijusi su mėgstamais mokomaisiais dalykais, yra aktualus aspektas renkantis studijų programą, taip pat trečdalis studentų specialybę renkasi atsižvelgdami į asmeninius pomėgius, geras materialines sąlygas ateityje ir profesinės karjeros galimybes, kas yra labai svarbu asmens motyvacijai mokytis ir tobulėti. 2014 m. atliktas MOSTA tyrimas (Lietuvos studijų būklės apžvalga, 2014) atskleidė, jog tokie veiksniai, kaip nemokama studijų vieta, studijų programa, aukštoji mokykla ir miestas yra patys svarbiausi, sąlygojantys apsisprendimą studijuoti. MOSTA aukštosioms mokykloms rekomenduoja skirti daugiau dėmesio ugdant studentų verslumo ir bendrąsias kompetencijas.

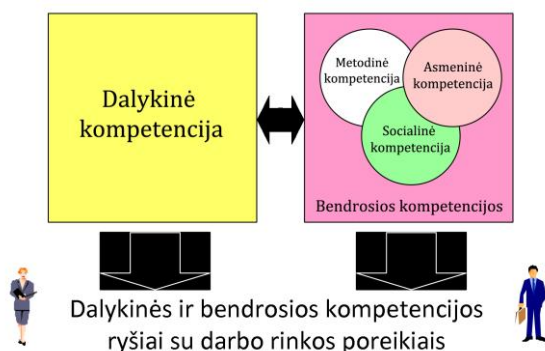
Motyvacija – sudėtingas procesas. Profesijos pasirinkimą sąlygoja tiek vidiniai motyvai, kaip amžius, asmenybė, gebėjimai, intelektas, interesai, potraukis kuriai nors sričiai ir pan., tiek ir išoriniai veiksniai, kaip šeima, draugai, mokykla, žiniasklaida, įvairūs procesai šalyje ir pasaulyje ir pan. Renkantis profesiją motyvacija

užima itin svarbų vaidmenį. Jauni žmonės dažnai orientuojasi į socialinę padėtį, kurią galėtų suteikti tam tikra profesija. Tinkamai išsirinkti profesiją – tai galimybė turėti sau priimtina ir įdomų darbą.

Kompetencijos, kurias turi įgyti inžinierius, pradėdamas savo darbinę veiklą ir kurių jam reikės rinkos ekonomikos sąlygomis, yra esminis sėkmingos profesinės veiklos pagrindas.

Mokslinėje literatūroje kompetencijos samprata pateikiama skirtingai. Pavyzdžiui, Jucevičienė ir Lepaitė (2000) rašo, jog „kompetencija – tai žmogaus kvalifikacijos raiška arba gebėjimas veikti, sąlygotas individo žinių, mokėjimų, įgūdžių, požiūrių, asmeninių savybių bei vertybių“, o Makūnas (2002) kompetenciją apibūdina kaip klausimų ar reiškinių sritį, su kuria asmuo yra gerai susipažinęs. Aiškinamasis andragogikos terminų žodynas cituoja naujesnį kompetencijos apibūdinimą: kompetencija (angl. competencies, pran. Competences) – tai turimi asmens vidiniai (žinios, gebėjimai, asmeninės savybės, patirtis, nuostatos ir kt.) ir išorės (profesijos atstovų, dokumentų tinklai, duomenų bazės ir kt.) šaltiniai. Vokietijos Elektrotechnikos ir elektronikos sąjungos komisija (VDE Komisija, 2005) kompetencijos sąvoką pateikia kaip gebėjimą, dalyko žinojimą, gebėjimą plačiąja kvalifikacijos prasme. Tai savybės, kurias kiekvienas gali įtakoti mokymdamasis ir dirbdamas.

Edukologai pagal pobūdį kompetencijas skirsto į dalykines ir bendrąsias (1 pav.). Bendrąsias kompetencijas, kaip ir kompetencijos sąvoką, apibūdinti sudėtinga. Bendrosios kompetencijos, kurios vadinamos perkeliamaisiais gebėjimais, – tai bendro pobūdžio akademiniai gabumai, kurie skleidžiasi visų disciplinų plotmėje. Šios kompetencijos „įgalina pačius besimokančiuosius „peržengti“ įvairias ribas, – jos sudaro sąlygas bendrauti ir bendradarbiauti įvairių sričių specialistams, padeda nuolat mokytis ir tobulėti, teikia lankstumo profesiniame kelyje. [...] Taigi, bendrosios kompetencijos yra tarsi asmens profesinės veiklos, socialinio gyvenimo ir būties jungiamoji medžiaga, būtent ji atskiras žinias, gebėjimus, nuostatas sujungia į visumą ir sąmoningai nukreipia pasirinkta linkme“ (Jakubė, Juozaitis, 2012).



1 pav. Dalykinės ir bendrosios kompetencijos ryšiai su darbo rinkos poreikiais

Parengta autorių pagal Brinke, T., Schumacher E.-M. (2000). Eine fachübergreifende Veranstaltungskombination zur Förderung von Schlüsselqualifikationen an der TU Braunschweig

Remiantis Jakubės, Juozaičio (2012) pateiktu bendrųjų kompetencijų sąrašu, jos skirstomos į *instrumentines* (gebėjimas organizuoti ir planuoti, problemų sprendimas, sprendimų priėmimas ir kt.), *tarpasmenines* (komandinio darbo gebėjimas, bendravimo įgūdžiai, gebėjimas komunikuoti su kitų sričių ekspertais; kultūrinės įvairovės ir daugiakultūriškumo supratimas ir pripažinimas ir kt.) ir *sistemes* *kompetencijas* (gebėjimas adaptuotis naujose situacijose, gebėjimas generuoti naujas idėjas (kūrybiškumas), gebėjimas vadovauti (lyderystė), gebėjimas dirbti savarankiškai ir kt.).

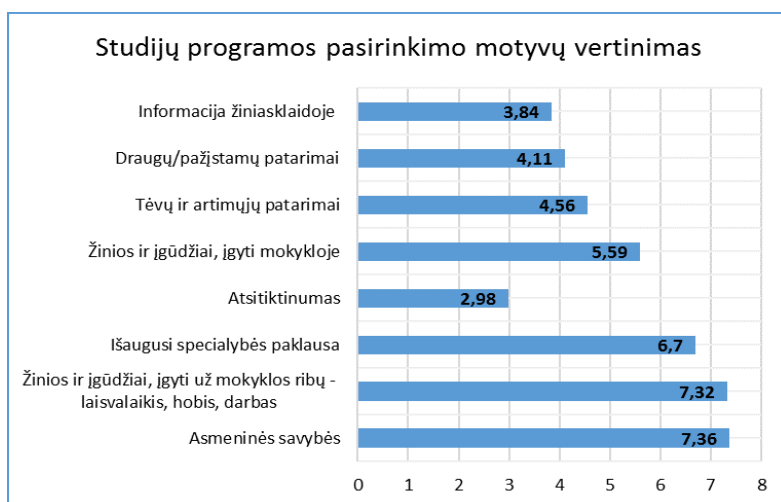
Literatūroje dažnai kaip sinonimai vartojami du reikšminių sąvokų deriniai „bendrosios kompetencijos“ ir „bendrieji gebėjimai“. Studijų metu studentai įgyja žinių, gebėjimą pritaikyti žinias ir praktinius įgūdžius, ir tai nesiejama su kvalifikaciją įrodančiu dokumentu, o greičiau kalbama apie darbo rinkai ir asmens gyvenimui svarbius gebėjimus, kurie nuolatos ugdomi.

Kelno aukštosios technikos mokyklos (Technische Hochschule Köln) dėstytojas, ekonomistas, redaktorius Jochen Mai (2016) teigia, jog už plačiai paplitusio termino *socialinės kompetencijos* dažnai slypi tokie bendrieji gebėjimai, kaip komandinis darbas, motyvacija ir bendravimo įgūdžiai. Ir dažnai socialiniai įgūdžiai personalo vadovų vadinami net lemiamaisiais kriterijais, vertinant asmens kompetenciją. Remiantis Federacinio Profesinio rengimo studijų instituto duomenimis, vadinamieji minkštieji įgūdžiai (Soft Skills) ir tuo pačiu socialinė kompetencija lemia maždaug 40% profesinės sėkmės: mes dirbame ne vieni ... Dažniausiai socialinė kompetencija atsiskleidžia tarpusavio bendravime. Žydzūnaitė, Lepaitė, Bubnys (2010) konstatuoja, jog bendrųjų kompetencijų ugdymo vienas iš svarbiausių tikslų – gebėjimas orientuotis ir veikti sudėtingame ir kintančiame pasaulyje, derinti skirtingų sričių lūkesčius ir pasiekimus.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

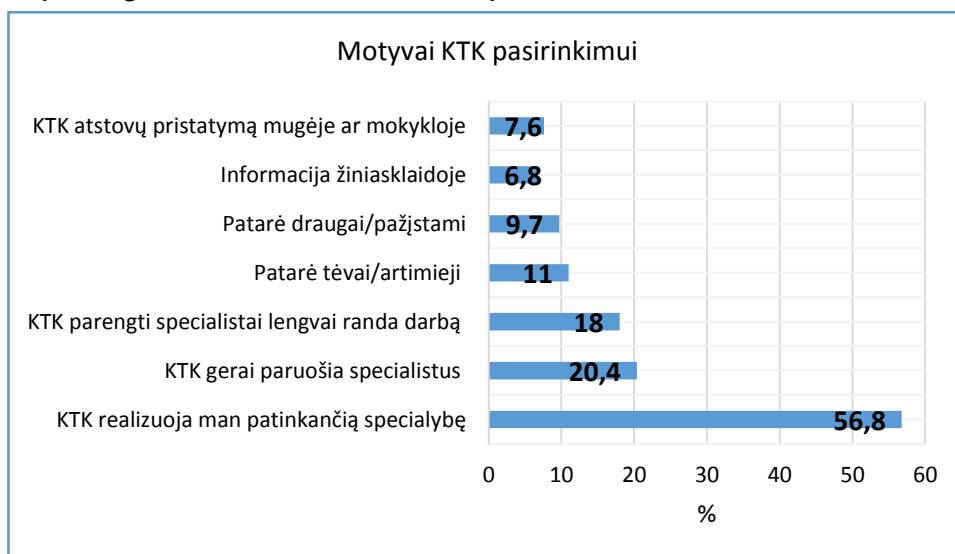
Tyrimo tikslas – atskleisti studentų motyvaciją renkantis studijas Kauno technikos kolegijoje ir išryškinti bendrųjų kompetencijų ugdymo galimybes KTK bei jų vaidmenį šiuolaikinio inžinieriaus karjere. Tyrimą organizavo Kauno technikos kolegijos Studijų komunikacijos tarnyba. Tyrime dalyvavo 383 respondentai, t. y. 85,1 % visų kolegijoje studijuojančiųjų nuolatinių studijų pirmakursių. Studentų nuomonė tiriama taikant anketavimo metodą. Tyrimo anketa parengta pagal teorinius rodiklius: studijų programos pasirinkimo motyvai, KTK pasirinkimo motyvai, respondentų pomėgiai mokykloje, dalyvavimas visuomeninėje veikloje, popaskaitinės veiklos pageidavimai, visuomeninės veiklos pageidavimai. Anketą sudarė 12 klausimų gupių. Pirmiausia (1 ir 2 klausimai) respondentai turėjo nurodyti vardą, pavardę, akademinę grupę, gyvenamąją vietą (miestą) ir baigtos mokyklos pavadinimą. Teiginius 3, 5, 6, 9 klausimų blokuose buvo prašoma įvertinti dešimtbalėje skalėje (nuo 1 – „visai nereikšminga“, „rečiausiai“ arba „visiškai nepritariu“ iki 10 – „labai reikšminga“, „dažniausiai“ arba „visiškai pritariu“). Apklausos rezultatų analizėje pateikiami vertinimų vidurkiai. Blokuose 4, 7, 8, 10, 11, 12 pasirinktą atsakymą reikėjo pažymėti kryžiuoku (☒). Apklausos rezultatų analizėje pateikiama procentine išraiška.

Straipsnyje aptariami ir pateikiami tik reikšmingesni atsakymai, iliustruojantys nagrinėjamą temą.



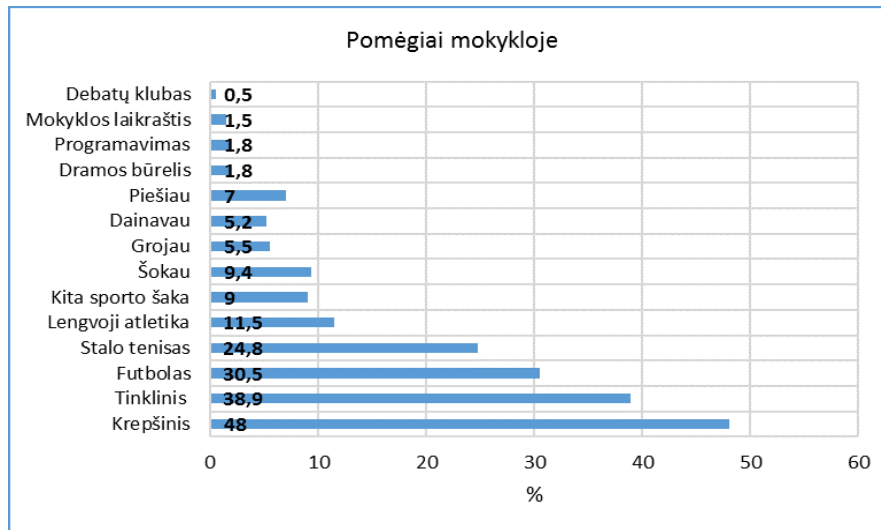
2 pav. Studijų programos pasirinkimo motyvai

Vertindami priežastis, turėjusias įtakos studijų programos pasirinkimui (2 pav.), kaip svarbiausias iš jų, respondentai nurodė asmenines savybes (vertinimų vidurkis - 7,36 balo iš 10), žinias ir įgūdžius, įgytus už mokyklos ribų - laisvalaikis, hobis, darbas (7,32) bei „išaugusią specialybės paklausą“ (6,7). Žinios ir įgūdžiai, įgyti mokykloje (5,59), tėvų/artimųjų patarimas (4,56), draugų/pažįstamų patarimas (4,11), informacija žiniasklaidoje (3,84) daro žymiai mažesnę įtaką specialybės pasirinkimui. Respondentų studijų programų pasirinkimas – sąmoningas, nes atsitiktinumo vidurkis įvertintas tik 2,98 balo.



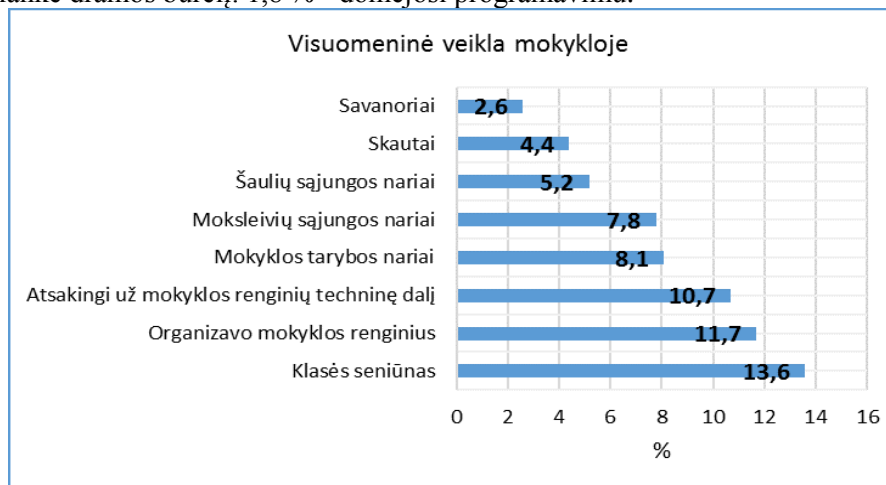
3 pav. Motyvai, turėję įtakos KTK pasirinkimui

Svariausia priežastis, turėjusi įtakos KTK pasirinkimui (3 pav.), buvo ta, jog „KTK realizuoja man patinkančią specialybę“. Ją nurodė net 59,8% studentų. Kaip svarbios pasirinkimą nulėmusios priežastys buvo nurodytos, jog KTK gerai paruošia specialistus (20,4%) ir KTK parengti specialistai lengvai randa darbą (18,0%). Kitos KTK pasirinkimo priežastys - patarė tėvai/artimieji (11,0%), patarė draugai/pažįstami (9,7%) rodo, jog aukštosios mokyklos pasirinkimą iš dalies lemia ir tėvų bei draugų nuomonė. 6,8% respondentų nurodė, kad jų pasirinkimui įtakos turėjo informacija žiniasklaidoje. 7,6% respondentų kaip priežastį pasirinkti studijoms KTK nurodė gyvai girdėtą/matytą KTK atstovų pristatymą mugėje ar mokykloje. Šie rezultatai rodo, jog Kauno technikos kolegija – tai mokymo institucija, turinti gerą reputaciją ir patrauklias studijų programas.



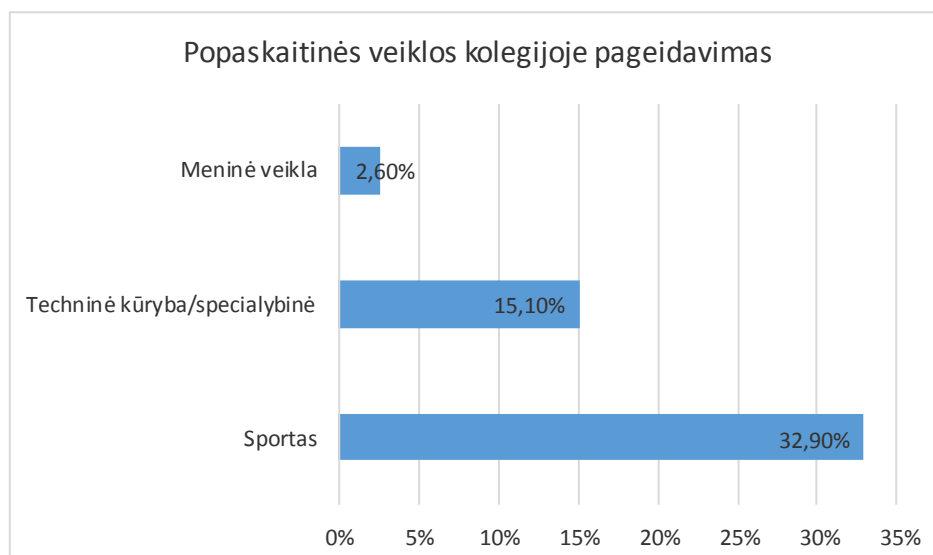
4 pav. Respondentų pomėgiai mokykloje

Respondentų pomėgiai mokykloje labai įvairūs (4 pav.), tačiau dominuojantis užsiėmimas – sportas: 48,0 % pirmakursių žaidė krepšinį, 38,9 % - tinklinį, 30,5 % – futbolo, 24,8 % – stalo tenisą, 11,5% - užsiėmė lengvąja atletika. Dalis pirmakursių domėjosi menine veikla: 9,4 % šoko, 7,0 % piešė, 5,5% - grojo, 5,2 % dainavo, 1,8 % lankė dramos būrelį. 1,8 % - domėjosi programavimu.



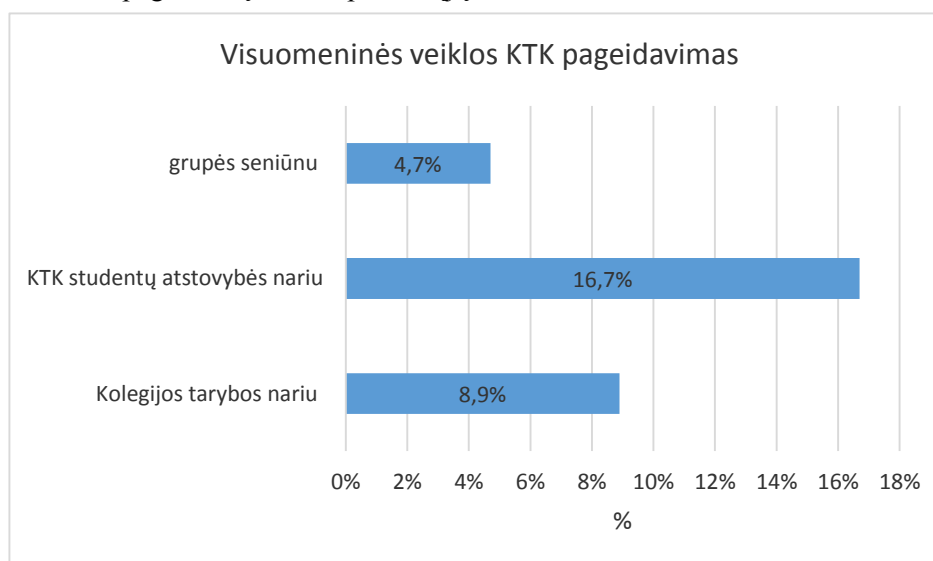
5 pav. Visuomeninė veikla mokykloje

Nemaža dalis respondentų mokykloje aktyviai dalyvavo visuomeninėje veikloje (5 pav.). 13,6 % buvo klasės seniūnais, 11,7 % apklaustųjų vedė mokyklos renginius. 10,7 % buvo atsakingi už mokyklos renginių techninę dalį. Tai rodo, jog jau mokykloje respondentai domėjosi technika. Kita dalis pirmakursių aktyviai dalyvavo mokyklos visuomeninėje veikloje: 8,1 % apklaustųjų buvo mokyklos tarybos nariais, o 7,8 % buvo moksleivių sąjungos nariais. Visuomeninė veikla respondentai užsiėmė ne tik mokykloje, bet ir už jos ribų: buvo Šaulių sąjungos nariais (5,2 %), skautais (4,4 %), buvo savanoriais (2,6%).



6 pav. Popaskaitinės veiklos kolegijoje, kuriose norėtų dalyvauti pirmakursiai

11-ame klausimyno bloke (6 pav.) respondentai nurodė, kokios popaskaitinės veiklos jie pageidautų kolegijoje. Didžioji dalis, t.y. 32,9 % apklaustųjų, t.y. 149 studentai, norėtų užsiimti sportine veikla. Kadangi studijas KTK renkasi studentai, kurie domisi technika, natūralu, kad jie norėtų praktiškai išbandyti savo jėgas šioje srityje, todėl 15,1 %, t.y. 32, pirmakursiai mielai užsiimtų technine kūrybine ar su specialybe susijusia veikla. Meninės veiklos pageidautų 2,6 % apklaustųjų.



7 pav. Kokia visuomeninė veikla galėtų užsiimti

Paskutinis anketos klausimų blokas buvo skirtas sužinoti, kokia visuomeninė veikla respondentai norėtų/galėtų užsiimti kolegijoje (7 pav.). KTK studentų atstovybės nariu norėtų būti 16,7 %, Kolegijos tarybos nariu – 8,9 %, grupės seniūnu – 4,7 % apklaustųjų pirmo kurso studentų.

Įvertinus 1-o kurso studentų apklausos rezultatus apie pomėgius bei pageidavimą užsiimti popaskaitine veikla, aktyviausi pirmo kurso studentai buvo įtraukti į kolegijos veiklą, organizuojant KTK renginius, varžybas, muges, vizitus į mokyklas ir pan. Pirmakursių įsitraukimas į šias veiklas pasiteisino, nes kolegijoje jie turi galimybes tobulinti bendrąsias kompetencijas, kurias galima bus panaudoti, siekiant inžinieriaus karjeros. Apibendrinus tyrimo rezultatus galima teigti, jog Kauno technikos kolegija – tai mokymo institucija, turinti gerą reputaciją ir patrauklias studijų programas.

Išvados

1. Bendrosios kompetencijos – tai asmeniniam pasitenkinimui ir vystymuisi, aktyviam pilietiškumui, socialinei integracijai ir užimtumui reikalingi gebėjimai. Inžinieriaus karjerai yra svarbios dalykinė, asmeninė, metodinė, bendravimo kompetencijos. Minkštieji įgūdžiai ir tuo pačiu socialinė kompetencija lemia maždaug

40% profesinės sėkmės. Renkantis profesiją motyvacija užima itin svarbų vaidmenį. Profesijos pasirinkimą sąlygoja tiek vidiniai motyvai, kaip amžius, asmenybė, gebėjimai, intelektas, interesai, potraukis kuriai nors sričiai ir pan., tiek ir išoriniai veiksniai, kaip šeima, draugai, mokykla, žiniasklaida, įvairūs procesai šalyje ir pasaulyje ir pan. Jauni žmonės dažnai orientuojasi į socialinę padėtį, kurią galėtų suteikti tam tikra profesija.

2. Atlikto tyrimo rezultatai rodo, jog respondentai sąmoningai ir motyvuotai pasirenko studijas Kauno technikos kolegijoje: svarbiausias motyvas studijuoti kolegijoje yra tai, jog KTK realizuoja stojantiesiems patinkančią specialybę, gerai paruošia specialistus, o KTK absolventai lengvai randa darbą. Kaip svarbiausi motyvai, turėję įtakos studijų programos pasirinkimui nurodomos asmeninės savybės, žinios ir įgūdžiai, įgyti už mokyklos ribų, t.y. laisvalaikis, hobis, darbas bei išaugusi specialybės paklausa.

3. Moksleivių pomėgiai mokykloje yra labai įvairūs. Populiariausi užsiėmimai – sportas, meninė veikla bei visuomeninė veikla (buvimas klasės seniūnu, mokyklos renginių vedimas bei atsakomybė už techninę dalį). Šia veikla pirmakursiai norėtų užsiimti ir kolegijoje. Gauti tyrimo rezultatai suteikia galimybę tobulinti KTK marketinginę veiklą ir įvairinti formavimą. Kadangi pirmakursių apklausa pasiteisino, studentų lūkesčiai buvo realizuoti, galima rekomenduoti toliau tęsti šią veiklą, organizuojant tokio pobūdžio apklausas kasmet, patobulinus klausimyną.

Literatūra

1. Augienė D. (2009). Karjera: nuo profesijos pasirinkimo iki profesinės veiklos organizacijoje. Šiauliai: Šiaulių Universiteto leidykla.
2. Brinke, T., Schumacher E.-M. (2000). Eine fachübergreifende Veranstaltungskombination zur Förderung von Schlüsselqualifikationen an der TU Braunschweig. Fachtagung des Netzwerks Innovative Ingenieurausbildung an der Hochschule Bremen am 26. und 27. Juni 2000. *Prieiga per internetą*: <http://www.redaktion.tu-berlin.de/fileadmin/f12/Downloads/koop/BAG_Archiv/01_044.pdf>, (žiūrėta: 2017 02 18)
3. Butkienė G., Kepalaitė A. (1996). Mokymasis ir asmenybės brandimas. Vilnius: Margi raštai.
4. Ingenieurkompetenzen von Berufseinsteigern. Stellungnahme des VDE Ausschusses „Beruf, Gesellschaft und Technik“. (2005) Frankfurt, prieiga per internetą: <<http://www.vde.com/de/Karriere/Beruf-und-Arbeitsmarkt/Seiten/Ingenieurkompetenzen.aspx>>, (žiūrėta: 2017 03 08)
5. Jakubė, A., Juozaitis, A.M. (2012). Bendrųjų kompetencijų ugdymas aukštojoje mokykloje. Metodinės rekomendacijos. Vilniaus universitetas.
6. Jatkauskienė, B., Tolutienė, G. (2012). Aiškinamasis andragogikos terminų žodynas. Klaipėdos universiteto leidykla.
7. Jucevičienė, P., Lepaitė, D. (2000). Kompetencijos sampratos erdvė. Socialiniai mokslai, 1(22).
8. Le Boterf, L. (2010). Dar kartą apie kompetenciją. Klaipėdos universiteto leidykla.
9. Makūnas, J. (2002). Konsultantų kompetencijos modelis. Lietuvos žemės ūkio universitetas. Inžinerinė ekonomika. Nr. J5 KTU.
10. Rutkienė A., Tandzegolskienė I. (2014). Universitetinėse studijose reikšmingi bendrieji gebėjimai. Vytauto Didžiojo universitetas.
11. „Soziale Kompetenz: So beweisen Sie diese“ Jochen Mai am 10. Dezember 2016, 14:00 Uhr // 3 Kommentare: prieiga per internetą: <<http://karrierebibel.de/soziale-kompetenz/>>, (žiūrėta 2017 02 27).
12. Stangl, W. „Motive und Motivation“. 22 July 2010: <<http://arbeitsblaetter.stangltaller.at/MOTIVATION/default.shtml>>, (žiūrėta 2017 03 03).
13. Studijų kokybė: suinteresuotųjų šalių požiūris, 2014 <<http://www.mosta.lt/lt/analize/tyrimai-ir-ataskaitos>>, (žiūrėta 2017 03 20).
14. Studijų kokybė: suinteresuotųjų šalių požiūris, 2014, prieiga per internetą: <<http://www.mosta.lt/lt/analize/tyrimai-ir-ataskaitos>>, (žiūrėta 2017 03 20).
15. Žydžiūnaitė, V., Lepaitė, D., Bubnys, R. (2010). Tarpkultūrinės kompetencijos ugdymo metodologija. Vilniaus kooperacijos kolegija.
16. <http://www.askoxford.com>

Motivation der Studenten bei der Auswahl des Studiums an der Fachhochschule Kaunas und Entwicklung von allgemeinen Kompetenzen sowie ihre Entsprechung den Marktbedürfnissen

Im Zeitalter der ständigen Veränderungen müssen die allgemeinen Kompetenzen den Anforderungen der Zeit entsprechen. Bei der Ausbildung der zukünftigen Fachleute an der Hochschule konzentriert man sich immer mehr nicht nur auf die Entwicklung von beruflichen Fähigkeiten und die praktische Anwendung von den Kenntnissen, sondern auch auf die Eigeninitiative, Kreativität, selbständige Problemlösung, die Fähigkeit, zu kommunizieren und in verschiedenen Gruppen zusammenzuarbeiten sowie auf Verantwortungsbereitschaft bei der Lösung von komplizierten Tätigkeitsaufgaben. Im diesem Artikel wird das Konzept der allgemeinen Kompetenzen und ihre Bedeutung für die Karriere des modernen Ingenieurs analysiert, der Überblick der Umfrageergebnissen von den KTK Studenten mit Schwerpunkt der Rolle von den allgemeinen Fähigkeiten dargestellt.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dalia Karčiauskienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: marketingo veikla ir švietimo institucijos įvaizdžio formavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 686 55037, dalia.karciauskiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Lilija Mieliauskienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: marketingo veikla ir švietimo institucijos įvaizdžio formavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 60907, lilija.mieliauskiene@edu.ktk.lt

ABDECKUNG VON AUTOREN

Name, Nachname des Autors: Dalia Karčiauskienė

Wissenschaftsgrad und -name: Master

Arbeitsstelle und Position: Dozentin an der Technischen Fachhochschule Kaunas, Departement für Studienprogramme der ingenieurischen Richtungen von Transport und Mechanik

Wissenschaftliche Interessengebiete des Autors: Marketingsaktivitäten und Image der Bildungsinstitution

Telefon und E-Mail-Adresse: +370 686 55037, dalia.karciauskiene@edu.ktk.lt

Name, Nachname des Autors: Lilija Mieliauskienė

Wissenschaftsgrad und -name: Master

Arbeitsstelle und Position: Dozentin an der Technischen Fachhochschule Kaunas, Departement für Studienprogramme der ingenieurischen Richtungen von Elektronik und Energietechnik

Wissenschaftliche Interessengebiete des Autors: Marketingsaktivitäten und Image der Bildungsinstitution

Telefon und E-Mail-Adresse: +370 652 60907, lilija.mieliauskiene@edu.ktk.lt

PROFESINĖS KALBOS VARTOJIMO YPATUMAI IR PROBLEMOS INŽINERINIŲ SPECIALYBIŲ STUDENTŲ AKADEMINIUOSE DARBUOSE

Sonata Paulauskienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Straipsnyje apžvelgiamos pagrindinės problemos, kylančios aukštųjų mokyklų inžinerijos mokslų srities studentams, rašant akademinius darbus bei pateikiami sprendimai bei rekomendacijos, įgalinantys vartoti taisyklingą valstybinę norminę kalbą. Aptariami kalboje vykstantys procesai, kurie turi įtakos nenorminės kalbos plitimui, ribotai kalbinei kultūrai bei įvardijamos pagrindinės terminų vartojimo problemos su kuriomis tenka susidurti redaguojant baigiamuosius studentų darbus. Analizuojamos mokslo institucijos galimybės užtikrinti studentų kalbinę kompetenciją ir mokymo priemonių rengimą, laikantis valstybinės kalbos politikos reikalavimų. Pateikiamos norminės kalbos vartojimo aukštosiose mokyklose aktualijos bei prielaidos sklandesniam ir kokybiškesniam mokymo procesui.

Reikšminiai žodžiai: Akademiniai darbai, terminologija, norminė kalba.

Įvadas

Įvairiose gyvenimo srityse vykstant intensyviems dinamiškiems pokyčiams neišvengiamai kinta ir kalbos vartojimo kultūra, kuri yra viena svarbiausių informacinės visuomenės komponentų. Virtuali erdvė vis dažniau tampa kasdienio bendravimo forma, kurioje vyksta įvairiausios komunikacijos procesai. Kalbinių įgūdžių trūkumas, kurį lemia itin sumažėjęs knygų skaitymas, kalbiniu požiūriu nekokybiškos informacijos gavimo būdas bendraujant internetinėje erdvėje, emociniai ženklai pakeičiantys gimtosios kalbos žodžius, primityvus tekstinis bendravimas neleidžia plėtotis žodynui. Tiek šnekamoji, tiek rašytinė jaunuolių kalba tampa skurdi, todėl akademinių darbų rašymas studentams tampa neįveikiamu barjeru siekiant norimų rezultatų.

Straipsnio tikslas – apžvelgti pagrindines problemas, kylančias inžinerijos mokslų srities aukštųjų mokyklų studentams, rašant akademinius darbus ir pateikti galimus sprendimų būdus, įgalinančius vartoti taisyklingą valstybinę norminę kalbą.

Siekiant tikslo sprendžiami šie *uždaviniai*:

1. Atskleisti kalboje vykstančius procesus, kurie turi įtakos nenorminės kalbos plitimui bei ribotai kalbinei kultūrai.
2. Aptarti pagrindines lingvistines terminų, sąvokų ir kitų kalbinių vienetų vartojimo problemas su kuriomis tenka susidurti analizuojant akademinius studentų darbus.
3. Išanalizuoti mokslo institucijos galimybes užtikrinti studentų kalbinę kompetenciją ir mokymo priemonių rengimą, laikantis valstybinės kalbos politikos reikalavimų.

Keliamiems uždaviniams pasiekti buvo taikomi informacijos paieškos, mokslinės literatūros analizės ir apibendrinimo metodai.

Rengiant specialistus, pasirinkusius inžinerinės krypties profesijas, labai svarbu akcentuoti, jog profesinės kalbos taisyklingumas turi įtakos ne tik mokslo raidai, bet ir bendrajam visuomenės raštingumui, todėl būtina užtikrinti nepriekaištingą būsimųjų inžinierių gebėjimą išlaikyti akademinę lietuvių kalbos kokybę. Inžinerinių mokslų srities studijose tikslinga orientuotis į specialybės poreikius ir periodiškai viešai skelbti naujoves mokymo institucijose, ieškant būdų pritaikyti lietuvių kalboje iš svetimų kalbų atėjusias sakinių konstrukcijas bei sąvokas.

Dauguma akademinės bendruomenės atstovų įsitikinę, kad gebėjimas taisyklingai šneka rodo išsilavinimą, todėl būtina rūpintis gimtosios kalbos prestižu. Manoma, kad kalbinę šalies kultūrą formuoja kalbininkai, lituanistai, televizijos ir radijo laidų vedėjai, tačiau tai yra pačios visuomenės pareiga ir rūpestis. Kadangi pati akademinė bendruomenė nėra pajėgi rūpintis naujų terminų ir sąvokų kūrimu, todėl kyla lingvistinės jų kūrimo ir norminimo problemos, šią funkciją atlieka kalbininkai, tačiau ir jiems ne visuomet pavyksta įtvirtinti naujadarus kasdieniniame kalbos vartojime. Nuolat stebėdami profesinio žargono raidą kalbininkai stengiasi, kad jų priimami sprendimai būtų racionalūs ir labai apgalvoti, kurie įgalintų vartoti norminę kalbą, nepažeidžiant kalbinių reikalavimų bei atitiktų vartotojų lūkesčius ir nesukeliant papildomų problemų techninėje dokumentacijoje ar tarpusavio dialoguose, nebūtų suvokiami dviprasmiškai bei atitiktų tarptautinės teisės reikalavimus. Verčiant į kitas kalbas teisės aktus, techninę dokumentaciją, mokslinius straipsnius ir kt. yra labai svarbu, kad terminai ir sąvokos būtų kiek įmanoma tikslesni ir turintys atitikmenis kitose kalbose.

Kalba yra gyvas organizmas, jis nuolat kinta, reaguoja į pokyčius, transformuojasi, taip keisdamas tiek pačią kalbą, tiek ir visuomenę, kuri vartoja tą kalbą. Terminija yra glaudžiai susijusi su šalies ekonomika ir kultūra, todėl būtina suprasti, jog teisinga terminų sistema – yra būtina sėkmingo mokslo sistemos funkcionavimo sąlyga, o termino vienumas ir apibrėžtumas yra vienas pagrindinių terminologijos srities

reikalavimų (Rutkienė 2015: 6). Profesiniai terminai yra glaudžiai susiję ir su profesiniu žargonu, kuris yra tarsi neatskiriama tos srities dalis. Norminių terminų vartojimas įgalina tekstus suprasti ne tik inžinieriams, bet ir visuomenei, nesusijusiai su konkrečia mokslo sritimi. Žodine forma vartojama profesinė kalba yra paprastesnė, tačiau rašant akademinius studijų darbus, rengiant techninę dokumentaciją yra labai svarbi kalbinė rašančiojo kompetencija tiek profesinio teksto, tiek ir norminės kalbos srityje.

Apžvelgus inžinerinių specialybių studentų akademinius darbus, pastebima jog terminijos klaidų sąrašė dominuoja pasenusių, nesuderintų, darybos požiūriu netaisyklingų ir neaprobų terminų vartojimas. Esant sparčiai technologijų plėtrai, didėja terminologijos vaidmuo tiek visuomeniniame, tiek ir mokslo pasaulyje. Kalba pati verčiama ieškoti ir plėsti savo išgales, ieškoti buvusių, bet plačiau nevartotų reikšmių. Todėl būtina ieškoti būdų pritaikyti lietuvių kalbą prie kintančių bei naujai kuriamų terminų, kurti visai naujus žodžius, konstrukcijas, kurių iki tol profesinėje kalboje nebuvo, tikslinti ir pritaikyti lietuvių kalbai iš svetimų kalbų atėjusias sakinių konstrukcijas bei posakius. P. Kniukšta (2001) teigia, jog „Norint sukurti gerą kokios nors mokslo šakos terminiją, būtina išstudijuoti mokslinę terminologijos teoriją, sukurti tos srities sąvokų sistemą, remtis lietuvių kalbos žodžių darybos dėsniais“ (Kniukšta 2001:83).

Tam, kad terminologija Lietuvoje nuolat atsinaujintų ir sėkmingai integruotųsi į bendrinę kalbą reikia ne tik gerai žinoti globalizacijos ir spartaus ekonomikos plėtros sąlygomis besikeičiančios kalbos problemas, bet ir ieškoti būdų joms spręsti. Dėstytojai turėtų rūpintis savo kalbine kompetencija, kuri tiesiogiai veikia tiek studentų mąstymą, tiek ir jų kalbą. Tam, kad akademiniuose darbuose studentai vartotų taisyklingus, kalbinius reikalavimus atitinkančius specialybės terminus būtina, kad dalykų dėstytojai turėtų reikalingų terminų bagažą ir paskaitų metų bei rengdami metodines mokymo/si priemones patys vartotų norminę valstybinę kalbą. Todėl reikėtų raginti dėstytojus naudotis naujausiais terminų bankais ir žodynais, susipažintu su naujausiais VLKK nutarimais.

Rašant akademinius darbus studentams svarbu žinoti ir laikytis principo, jog darbas turi būti informatyvus, parašytas nesistengiant padaryti įspūdžio, bet laikantis kalbinių reikalavimų darbo esmę išdėstant trumpais ir aiškiais sakiniais, vartojant taisyklingas žodžių reikšmes, tiksliai parenkant srities terminus ir svarbu atkreipti dėmesį į tai sričiai artimų terminų normas. Inžinerinės srities tekstuose turėtų būti vengiama dviprasmiškai suvokiamų posakių ar teiginių, kurie gali iškreipti ar suklaidinti, būtina maksimaliai riboti terminų sinonimiją, tam kad būtų išlaikomas aiškumo ir tikslumo kriterijus. Taisyklingu moksliniu stiliumi pateiktas specialybės tekstas bus lengvai suprantamas jį skaitančiam, mokslškai produktyvus pritaikant jį tiek moksliniuose darbuose, tiek ir praktikoje.

Redaguojant inžinerinių specialybių studentų akademinius darbus galima išskirti pagrindines lingvistines rašytinės kalbos problemas: neaiškūs arba netikslūs terminų ar sąvokų apibrėžimai, neteiktini vertalai, pasitaiko terminų vertimų, kurie verčiami be reikalo, nes lietuvių kalboje jau yra jų atitikmenys barbarizmai, profesinis žargonas, svetimybės, žodžių darybos pažeidimai. Anglų kalba, kaip pasaulinės komunikacijos kalba, daro didžiulę įtaką lietuvių kalbos funkcionavimui įvairiose mokslo srityse. Tai komplikuoja lietuvių kalbos padėtį viešojoje erdvėje ir menkina kalbos sampratą visuomenėje. Tačiau ne vien anglicizmų, bet ir slavizmų skverbimasis į specialybės tekstus tampa tiek kalbine tiek ir kultūrine problema, todėl tinkamai išsilavinusi visuomenė turėtų stengtis, kad švari ir taisyklinga kalba taptų prioritetu. D. Mikulėnienė (2002) teigia, jog „Kalbinis ugdymas turėtų būti grindžiamas ne tik tradiciniu kalbos kultūros mokymu, bet ir prestižinio požiūrio į kalbą formavimu“ (Mikulėnienė, 2002:34) Atsižvelgiant į tai, jog globalizacija, socialiniai pokyčiai ir sparti technologijų raida susiaurina gimtosios kalbos vartojimo sferą ir komplikuoja jos funkcionavimą tekstuose, tačiau siekiant užtikrinti aukštojo mokslo kokybę būtina skatinti studentus ugdyti kalbinius taisyklingos kalbos įgūdžius ir juos nuolat tobulinti.

Studentų akademinių tekstų vertinimas darosi vis sudėtingesnis ne vien tik dėl begalės gramatinių ir skyrybos klaidų, bet ir negebėjimo aiškiai ir sklandžiai išdėstyti minčių, taisyklingai suformuluoti sakinių, tą lemia tiek vidiniai, tiek ir išoriniai veiksniai. Išoriniai veiksniai - tai kalbos asimiliacija, dvikalbystės/daugikalbystės faktorius, vidiniai veiksniai – kalbinio stiliaus žodyno skurdumas, komplikuota naujų terminų adaptacija visuomenėje, o ir priežasčių jiems atsirasti gali būti pačių įvairiausių. VLKK pirmininkė D. Vaišnienė (2014) pabrėžia, jog „Aukštasis mokslas yra labai svarbi kalbos vartojimo ir kūrimo sritis, ypač svarbu kurti ir diegti lietuviškus mokslo terminus, kad būtų užtikrinta lietuvių mokslo kalbos raida“. Stengiantis užtikrinti kalbos taisyklingumą būtina, jog visose studijų programose turėtų būti dėstoma specialybės kalba, kas sustiprintų kalbos vartojimą ir motyvus kreipti dėmesį į kalbą ir siūlo neapsiriboti vien tik specialybės kalbos dėstymu aukštosiose mokyklose, būtų tikslinga įvesti baigiamųjų darbų kalbinę patikrą bei į visų studijų programos baigiamųjų darbų gynimo komisijas įtraukti lituanistą, kuris būtų kompetentingas įvertinti baigiamąjį darbą kalbiniu požiūriu (Vaišnienė, 2014). Idealios kalbos vartosenos visuomenėje praktiškai nėra, kalba nuolat kinta, todėl visuose kalbos vartotojų lygmenyse būtina skatinti rūpinimąsi gimtosios kalbos išsaugojimu. Intensyvějant tarpvalstybiniams ryšiams didėja ir kalbų įtaka viena kitai, taip

atsiranda svetima/skolinta terminija, todėl veikiausiai pasaulyje nėra kalbos, kurioje nebūtų vertinių, skolinių ar hibridinių darinių.

Mokslo kalba atskleidžia aukštosios mokyklos, kaip organizacijos kultūros lygį, todėl profesinės kalbos mokėjimas ir tinkamas vartojimas turėtų būti aktualus visai akademinėi bendruomenei. Nuo akademinio jaunimo gali priklausyti humanitarinė šalies kultūra, kalbos ilgaamžiškumas, todėl reikalingas išskirtinis dėmesys būsimųjų techniškujų mokslų specialistų kalbinei kompetencijai plėsti. Svarbu, jog aukštąją mokyklą baigęs specialistas, žinotų ir gebėtų vartoti profesinėje veikloje taisyklingus terminus bei norminę valstybinę kalbą. Mokymo įstaiga turėtų siūlyti pasirinkti vieningą citavimo, nuorodų ir literatūros sąrašo sudarymo modelį, tam, kad komunikacija būtų efektyvi, yra būtina tenkinti specialybės kalbos taisyklingumo sąlygą. Šis aspektas turi įtakos kalbinei aukštosios mokyklos aplinkai ir teigiamai veikia jos įvaizdį. V. Celiešienė (2006) mano, jog mokymosi aplinka esanti ta vieta, kurioje akademinis jaunimas išmoksta naudotis kultūros išraiškos priemonėmis (iš jų ir kalba)(...) Akivaizdu, jog studentų kalbiniai įgūdžiai tobulinami ne tik per specialybės kalbos kultūros paskaitas bei pratybas, jiems įtakos turi ne tik specialybės kalbos kultūros (kaip disciplinos) turinys, kalbos kultūros dėstytojų kvalifikacija, profesiniai gebėjimai. Studentų kalbą tobulina, kalbinius įgūdžius plėtoja ir skatina visa aukštosios mokyklos aplinka, visi akademinės aplinkos ugdymo veiksniai (kalbos kultūros studijų modulių programos, akademinės bendruomenės santykis su kalba, leidinių ir kt. viešųjų raštų kalba, organizacijos kultūra ir kt.) bei jų tarpusavio sąveika (Celiešienė 2006: 12-15).

Vienas iš pagrindinių veiksnių, lemiančių studentų gebėjimą perimti mokslo kalbos specifiškumą - tai dėstytojų kalba, metodinės medžiagos ir mokymo priemonių rengimas laikantis kalbinių reikalavimų, todėl būtina visokeriopai plėtoti ir skatinti profesinės kalbos literatūros ir metodinių leidinių rengimą bei leidybą, ieškoti būdų kaip tradicinius raiškos būdus pritaikyti naujam pateikimui, kuris būtų patrauklus vartotojui. Bet kokia tarpusavio komunikacija kokybiška galima tik tuomet, kai gebama logiškai ir rišliai dėstyti mintis savo gimtąja kalba. Tam, kad būtų pasiektas reikiamas rezultatas, kalbos politikos ir priežiūros funkcijas atliekančios kalbos priežiūros ir norminimo institucijos turi glaudžiai bendradarbiauti su valstybės valdymo institucijomis. Kad šių institucijų veikla būtų kryptinga ir nuosekli būtinas tiesioginis ryšys su visų lygmenų švietimo įstaigomis.

Valstybinės kalbos politikos gairėse teigiama, jog aukštojo mokslo sistemoje lietuvių kalbos, kaip specialybės kalbos tobulinimo motyvacija pranoksta kitų kalbų motyvacija, siekiant patekti į pasaulinę darbo rinką. [6] Suprasdama aukštųjų mokyklų bendruomenių įtaką valstybinės kalbos politikai Valstybinė lietuvių kalbos komisija yra parengusi visų lygmenų švietimo įstaigoms siūlymus, kaip užtikrinti taisyklingos lietuvių kalbos vartojimą, skatinti terminijos kūrimo darbus ir išlaikyti aukšto kalbinio lygio mokslo kalbą. Savo ruožtu kiekviena mokymo institucija turi sudaryti sąlygas studentų kalbinei kompetencijai tobulinti ir skirti pakankamai dėmesio kalbos taisyklingumui.

Išvados ir rekomendacijos

1. Siekiant, kad akademiniuose darbuose studentai vartotų taisyklingą profesinę kalbą, svarbu užtikrinti, kad dalykų dėstytojai, atsižvelgdami studijuojamų dalykų specifiką, paskaitų metu bei rengdami metodines mokymo/si priemones, patys vartotų norminę valstybinę kalbą, būtų susipažinę su naujausiais VLKK nutarimais, terminų bankais bei įvairiais žodynais.

2. Dėstytojai turėtų nuolat rūpintis savo kalbine kompetencija, kuri tiesiogiai veikia tiek studentų mąstymą, tiek ir jų kalbą bei skatinti taisyklingai vartoti profesinės kalbos elementus ir terminus, taip suformuojant pažintinius gebėjimus, leidžiančius kalbą profesinėje srityje vartoti reikiamu lygiu.

3. Norint, kad akademiniai darbai būtų parašyti taisyklingu moksliniu stiliumi ir moksliškai produktyvūs, svarbu visuose kalbos vartotojų lygmenyse skatinti rūpinimąsi kalbos išsaugojimu, būtina taikyti vieningą citavimo, nuorodų ir literatūros sąrašo sudarymo modelį ir įvesti baigiamųjų darbų kalbinę patikrą bei į baigiamųjų darbų gynimo komisijas įtraukti lituanistą, kuris būtų kompetentingas įvertinti baigiamąjį darbą kalbiniu požiūriu.

Literatūra

1. Celiešienė V. 2006 Specialybės kalbos kultūros tobulinimą skatinanti akademinė aplinka, Santalka 14(4): 12–16.
2. Kniukšta P. 2001 Kalbos vartoseną ir tvarkybą. Vilnius LKI leidykla.
3. Mikulėnienė D. 2002 Kalbinio ugdymo uždaviniai. Kalbos kultūra 75: 30-34
4. Rutkienė L. Technologijų specialistų profesinė kalba: Sistema ir vartoseną. Vadovėlis. 2015, Vilnius VGTU leidykla technika
5. Terminologijos principai ir metodai. Lietuvos standartas LST 1115-90.
6. VLKK. Valstybinė lietuvių kalbos komisija. 2017 [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.vlkk.lt>

7. Vaišnienė D. 2014. Būtina užtikrinti tinkamą kalbos vartojimą, Lietuvos žinios, 2014-03-24 [žiūrėta 2017-03-10]. Prieiga per internetą: <http://lzinios.lt/lzinios/Lietuvoje/d-vaisniene-butina-uztikrinti-tinkama-kalbos-vartojima/176191>

PECULIARITIES AND PROBLEMS OF PROFESSIONAL LANGUAGE IN ENGINEERING PROFESSIONAL SPECIALTY STUDENTS' ACADEMIC WORKS

Summary

The article provides an overview of the main problems of higher education institution engineering students who write academic works. The possible solutions and recommendations that enable the use of correct state language are provided too. The processes that take place in language and affect the spread of non-normative language as well as limited linguistic culture are discussed. The main linguistic terminology problems that appear in students' graduation thesis are identified. The higher education institution's possibilities trying to ensure students' linguistic competence and developing teaching / learning material in accordance with the state language policy are analyzed. Current issues of normative language use in higher education institutions are presented and assumptions for more fluent and qualitative study process are developed.

Key words: academic works, terminology, normative language.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Sonata Paulauskienė .

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegija, Inžinerijos mokslų fakulteto lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: humanitariniai mokslai, filologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 686 23244, sonata.paulauskiene@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Sonata Paulauskienė

Science degree and name: Master degree

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Lecturer

Author's research interests: humanities studies, Philology

Telephone and e-mail address: 8 686 23244, sonata.paulauskiene@gmail.com

ON PROFESSION-ORIENTED VOCABULARY LEARNING TECHNIQUES AT KAUNAS TECHNICAL COLLEGE

Daiva Zavistanavičienė^{1,2}, Viorika Šestakova^{1,2}

¹ Kaunas Technical College, ² Kaunas University of Technology

Abstract. Globalization has caused ESP courses to grow more rapidly in the past few decades. The demand for English for Specific Purposes (ESP) continues to increase and expand throughout the world. The studies of English for Specific Purposes are aimed at development of profession-oriented language learning skills and structural knowledge of English.

The knowledge and competence in different language skills are very important. However, second language learners often feel frustrated about taking ESP courses because of limited vocabulary size. Professional vocabulary is words or phrases that are primarily used in specific work or profession. Students employ various techniques in learning professional vocabulary, i.e. from contextual guessing to oral repetition. The article analyses the techniques of profession-oriented vocabulary learning at Kaunas Technical College during the academic year.

KEYWORDS: foreign language learning, ESP, technical vocabulary, vocabulary learning techniques.

Introduction

The world is becoming a global community and the need to enhance communication skills becomes more urgent. An international exchange of ideas on crucial issues is essential. English has already become a “lingua franca” uniting people from diverse backgrounds, professions and ethnicities to communicate on a more or less equitable basis.

For this reason, more and more students strive to enhance their English language skills for highly specific academic or professional reasons. ESP is one of the most dominant attitudes to language teaching, which emphasizes the specialized needs of the learners in a certain profession field. It is designed to meet the specific professional needs of learners and prepare them for future professional communication. The ESP student is particularly well disposed to focus on meaning in the subject-matter field. They are usually adults who already have some acquaintance with English and are learning the language in order to communicate a set of professional skills and to perform particular job-related functions. ESP learners are aware that the acquisition of vocabulary is a fundamental component in professional language learning. As Paul Nation states, “It is wise to direct vocabulary learning to more specialized areas when learners have mastered the 2000-3000 words of general usefulness in English” (Nation, 2001:187). In order to overcome the challenges of specialized vocabulary learning, learners need to be taught and/or learn specific strategies that will help them acquire vocabulary. Using the Internet enhances language learning but on the other hand learning a language face to face with a teacher creates a lot of opportunities to foster participation in different discussion groups developing students’ corporation.

The aim of the article is the significance of vocabulary learning techniques in enhancing ESP skills.

The objective of the paper is to explore what vocabulary learning techniques students employ in learning profession-oriented vocabulary.

The methods of the study are review of the theoretical background and quantitative data analysis obtained from students’ questionnaires, group discussions, and learners’ written evaluations related to the significance of ESP and vocabulary learning techniques in improving language learning skills.

Literature review

Language is the fundamental means of communication through which most concepts, feelings and views are rendered. Proficiency in communicative skills is extremely significant. According to Dudley-Evans and St. John (1998), the interest of learning different foreign languages for specific purposes has increased a lot and this has been enforced by the usage of the Internet, which makes it possible for easy access to every kind of information in various fields of study. As English has become a language learned and spoken internationally, future engineers need the highest level of English language comprehension and communication skills. Thus, professional engineers are able to remain updated with the latest engineering advancements due to their enhanced English language skills.

According to the Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus, ESP is the teaching of English for use in a particular area of activity, for example, business or science. Dudley-Evans (1998) claims that ESP is defined as the teaching of English for vocational or professional purposes. ESP is considered as an approach to teaching, or in conformity with Dudley-Evans (1998), it should be regarded as an attitude of mind. Hutchinson et al. make the same conclusion stating that “ESP is an approach to language teaching in which all decisions as to content and method are based on the learner's reason for learning” (Hutchinson et al., 1987:19)

McCarthy (1990:viii) points out that “No matter how well the student learns grammar, no matter how successfully the sounds of the foreign language are mastered, without words to express a wider range of meanings, communication in a foreign language just cannot happen in any meaningful way”. An increased emphasis on vocabulary development is crucial for the English language learner in the process of language learning. It is considered to be an essential component of language proficiency which provides the necessary foundations for learners' performance in all four main skills of speaking, reading, listening and writing, and is regarded as a component of paramount importance without which communication in a language is bound to break.

Technical vocabulary is made up of words that occur frequently in specific texts from a specific discipline or related to a specific theme (Brown, 2015). Such words are referred to as crucial to comprehension of the text in which they occur, and therefore necessary to learn. Technical vocabulary is closely associated with learners who have a specific purpose in language learning (Chung, Nation, 2004: 32:251-263). It can be an ordinary word which provides a specialized meaning that differs from its common meaning when used in a specific field. Wignell, Martin, Eggins (1993: 136-165) note that technical term use can be overlapped with words from other areas. Consequently, technical vocabulary and general vocabulary have some degrees of overlapping (Bowker, Pearson, 2008). However, inadequate vocabulary knowledge is the primary hindrance for technical college students reading English textbooks.

As it was claimed by the above mentioned scientists, ESP vocabulary teaching and learning has become indispensable in most of the different fields of study for both teachers and learners. This has brought to exploiting various ways of learning and enlarging ESP vocabulary. There is a wide range of vocabulary learning techniques that have been variously proposed by different researches. Schmitt (2000) states that vocabulary learning strategies are a means of enhancing vocabulary learning. Learners can use several strategies, such as using a dictionary, receiving help from the teacher or peer, or parsing the meaning of a word from its context, to facilitate the learning of new words (Harley, Hart, 2000). Linguists suggest the following vocabulary learning and teaching strategies to be applied:

1. Contextual guessing. According to Nation (2001), learning vocabulary via guessing from context is the most important of all sources of vocabulary learning. Many educators promote the contextual guessing strategy, which refers to the use of background knowledge and linguistics cues to infer the meaning of unknown words. The proportion of unknown words to be guessed in a text should not exceed 10%. The materials presented should be comprehensible and/or help orient learners towards texts that are over 90% comprehensible to the individual. Finally, learners should be taught and practice skills to help identify what can be learned from the context, develop the ability to identify parts of speech, become aware of collocations, and the various forms that a word can take. If the topic or main idea of the text is familiar, learners have a greater possibility of correctly guessing the meaning of unknown word. In addition, a dictionary provides a decontextualized meaning (Rhoder, Huerster, 2002). Therefore, students often have difficulty developing an appropriate context for an unfamiliar word based on dictionary definitions.

2. Memorizing. Memory strategies include relating the word to be memorised with some previously learned knowledge, i.e. facilitating the storage and retrieval of words. Visualization is one particularly powerful memorization strategy. The use of visual images is highly promoted in vocabulary teaching because it helps create equivalents in a person's mind rather than thinking about an abstract word (Gairns, Redman, 1993). Using teaching tools such as videos or presentations can help learners to imagine the words visually.

3. Learning of affixes. Another popular strategy that learners develop is the knowledge of affixes (Nation 1990; Bauer, Nation 1993). As language learners have different language proficiency level affixes and prefixes hinder successful profession-oriented vocabulary development. Word decoding and recognition ability are vital factors that improve ESP reading comprehension and speed. The knowledge of basic affixes, roots, suffixes, and word formation help learners decode ESP vocabulary. Decomposing an unfamiliar word into its structural components and inferring its meaning from them is called structural analysis. As Nation, (1990) claims, learning affixes can successfully teach students the structural analysis of ESP vocabulary. By becoming familiar with only a few roots, affixes, and suffixes, students can determine the meaning of very many words. In addition, teaching the word formation of ESP vocabulary can help learners memorize and recognize it in an effective manner. Word decoding instruction results in improving learners' ability to infer word meaning.

4. Repetition and recycling words. Due to the fact that there are many aspects to learn about a word, a single encounter with it makes it highly improbable it will be learned or retained. Following Nation's (2001) concept of receptive and productive knowledge of words as a continuum, knowing a word covers the recognition of occurrence, spelling, derivation, appropriateness in different situations and word associations. Only through multiple encounters with the word, can a learner develop a full understand of its use and meaning.

6. Dictionaries. Monolingual dictionaries for foreign-language learners tend to be unquestionably regarded as better than bilingual dictionaries. Although monolingual dictionaries have serious disadvantages in many language-teaching situations: in particular, learners will often not know which word to look up; and, even when they do, the definitions in the foreign language may not help them very much. Bilingual dictionaries are potentially more efficient and more motivating sources of information for language learners. They provide the learners with translations in their native language, which makes understanding of a technical term more efficient.

Analysis

Research methods are:

- 1) Literature analysis;
- 2) Quantitative data analysis obtained from the questionnaire.

ESP at Kaunas Technical College is taught referring to learners' field of study, i.e. Civil Engineering, Engineering of Heritage Structures, Road Engineering, Transport Electrical Systems Engineering, Electric Energy, Electronic Equipment, and Motor Transport Electronics. Learners acquire competence in the field-related terminology along with academic vocabulary which is critical for such skills as reading and analyzing profession-related texts, giving presentations on profession-oriented topics, summary writing on a specific subject, etc.

The research outlines the results of a survey which was carried out to identify learners' motivation and attitudes towards learning ESP at Kaunas Technical College. A questionnaire was used for data collection. The study sample consisted of 100 students, 63 of them were full-time and 37 extramural students of different majors, i.e. Civil Engineering, Engineering of Heritage Structures, Road Engineering, Transport Electrical Systems Engineering, Electric Energy, Electronic Equipment, Motor Transport Electronics in their first and second year of study at Kaunas Technical College. The participants were of diverse age, ranging from 19 to 40 years old. The study was carried out in the academic years 2016-2017.

The first question in this study regarded the learners' self-assessment with regard to importance of profession-oriented vocabulary to enhance their knowledge. The findings highlight the respondents' positive attitude towards ESP vocabulary, the vast majority of the students referred to profession-oriented vocabulary as a critical part of the course, which will impart the learners with the capability of fluent communication in the world of technology where proficiency in English is mostly demanded for participation in today's global community. The results can be defined as anticipated.

The following questions of the questionnaire were related to profession-oriented vocabulary learning techniques. The strategy of contextual guessing most commonly refers to inferring a word's meaning from the surrounding words in a text. This is a major way of acquiring new vocabulary, but it also has prerequisites. First, the learner must have a certain level of language proficiency in order to use this strategy. Also the context should be rich enough with clues to enable guessing, with the most easily utilized clues being in close proximity to the target word. In accordance with the students' questionnaires, contextual guessing technique was more popular among the students of extramural studies. As the majority of them are employed in areas related to their studies, their vocabulary was more extensive, they had more skills in reading profession-oriented articles. Thus, guessing technique was the most appropriate for them. As Fig. 1 describes, 60% of extramural students preferred context guessing technique, whereas only 40% of full-time students used this technique.

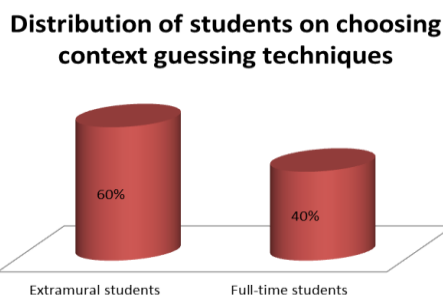


Fig. 1. Difference of students in choosing context guessing techniques

Source: compiled by the authors

During the academic year, students wrote word tests consisting of translation, filling in the gaps, word building tasks. Most students try to memorize the words they do not know. Some of them look at their notes on vocabulary, others write notes in the margins of their books. Using their vocabulary notes helps the students repeat the words over time and they memorize them easier. Memorizing is understood as a process of drilling.

This technique was the most acceptable for all the students, full-time as well as extramural studies. There was no difference among the students of various specialities.

The technique of affixation was not very popular among students. Nevertheless, it has been proved by scientists as being beneficial and successful. Using it in learning profession-oriented vocabulary, learners may be able to discern the new word's part of speech, which can help in the guessing process. They can also obtain hints about meaning from its roots or affixes, although not always reliably. The respondents claimed they found affixation as a very complicated task. Language proficiency level in word building proved to be rather low and the students made the most frequent mistakes in such tasks. There was no substantial difference among students of various specialities or type of studies; they equally did not prefer affixation as a suitable profession-oriented vocabulary learning strategy.

Repetition of words is frequency of occurrence of a new word. This method of learning new words is especially relevant when it comes to dealing with low frequency words or certain terms that students must know. The more often a new word or term was repeated the better the respondents memorized it. All the students agreed that repetition was a successful technical vocabulary learning strategy.

Dictionaries are the primary and the most popular strategy in vocabulary learning. Even though they are prone to certain shortcomings, bilingual dictionaries seem to be used much more extensively than monolingual dictionaries. Due to Internet access availability on mobile phones, more proficient learners browsed for monolingual dictionary (<http://dictionary.cambridge.org/>, in particular), whereas the respondents with less proficiency in English were ready to use an English-Lithuanian dictionary (<https://translate.google.lt/?hl=lt&tab=mT&authuser=0>), in particular). As Fig. 2 illustrates, only 35% of the respondents preferred monolingual dictionary as their proficiency level was high enough to select the appropriate definition or explanation of a speciality-related term, whereas 65% of the learners used bilingual dictionary.

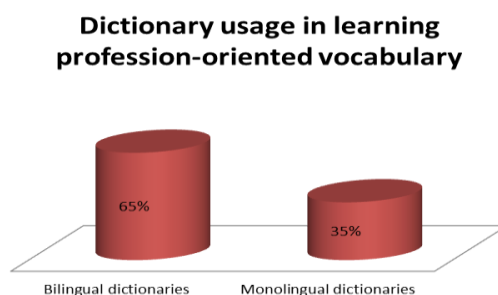


Fig. 2. Dictionary usage in learning profession-oriented vocabulary

Source: compiled by the authors

Dictionaries are extremely useful as students have the ability to check the spelling of new terms or collocations, also they can listen to word pronunciation aloud and repeat it. The learners found it very efficient, especially when they have the possibility to check the meaning, spelling and pronunciation in their mobile phones during a lecture.

The most popular technique among students was referring to the translation of profession-oriented vocabulary. Teachers are often asked to give help in a variety of ways: giving translation, giving a synonym or definition of the unknown term, using a new word in a sentence or a collocation. Word or term translations have the advantage of being fast, easily understood by all the students. The disadvantages are that the teacher must know the profession-related terms very well; otherwise some erroneous knowledge may be transferred.

Learners can be introduced to new words and discover their meanings through group work. Group work can be used to learn or practice vocabulary, it promotes active processing of information and cross modeling/imitation, the social context enhances motivation of the participants, cooperative learning can prepare the participants for 'team activities' outside the classroom, and because there is less instructor intervention, students have more time to actually use and manipulate language in class.

Moreover, during discussions with the respondents on learning profession-oriented vocabulary the students named some other techniques they employ in learning terms and collocations. They used vocabulary notebooks as learning words writing them down was very useful for them. They used to practice it several times and their skills in vocabulary learning improved and they memorized the vocabulary more efficiently. Others preferred verbal repetition of new vocabulary. They studied together with their mates repeating the words aloud. Fig. 3 reveals the respondents' preferences of profession-oriented vocabulary learning. The students preferred several techniques, not just one. 70% of the respondents preferred contextual guessing technique, whereas only 30% prioritized affixation. 80% of the respondents considered memorizing as an

efficient technique, whereas 60% of the respondents employed repetition. All the respondents referred to dictionaries as the main source of vocabulary learning, 90% supposed that teacher's assistance is critical in profession-oriented vocabulary learning. Group work and learning aloud were not assumed as very efficient, 45% and 35 % of the respondents chose these techniques respectively.

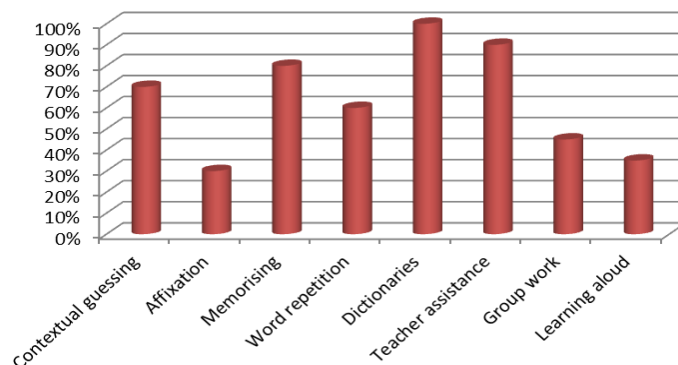


Fig. 3. The respondents' preferences of profession-oriented vocabulary learning techniques.

Source: compiled by the authors

Conclusion. English for Specific Purposes (ESP) is a learner-centered approach to teaching English, which focuses on developing communicative competence in a specific professional field. ESP combines subject matter and English language teaching. This approach is highly motivating for students because they apply what they learn in their English classes to their main field of study.

The significance of profession-oriented vocabulary is indisputable as it is indispensable in professional communication. Technical vocabulary acquisition is and has always been one of the core activities in ESP learning. However, ESP learners often feel frustrated about taking ESP courses because of limited technical vocabulary size. In order to develop an ability to learn new profession-oriented vocabulary, the students should become aware of the importance of vocabulary learning strategies and be trained to use them appropriately. The research defined the most widely acknowledged technical vocabulary learning strategies and explored the respondents' strategy preferences in employing them in profession-oriented vocabulary learning. The research purveys which strategies were not considered successful or preferable by the students.

References

1. Bauer, L., Nation, P., 1993. Word Families. *International Journal of Lexicography*, 253-279 [Accessed: July, 2016].
2. Bowker, L., Pearson, J., 2002. *Working with Specialized language: A practical guide to using corpora*. London and New York: Routledge.
3. Brown, K.M., 2015. The Development of an ESP Vocabulary Study Guide for Utah State Driver Handbook, USA, available at: <http://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6634&context=etd> [Accessed: January, 2017].
4. Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus, 2015, available at: <http://dictionary.cambridge.org> [Accessed: August 2016].
5. Carter, R., McCarthy, M., 1988. *Vocabulary and Language Teaching*. New York: Longman.
6. Chung, T. M., Nation, P., 2004. Identifying technical vocabulary. *System* 2004; 32:251-263. http://www.espworld.info/Articles_13/DOC/Learning%20Strategies_JA.doc [Accessed: August 2010].
7. Dudley-Evans, T., St John, M. J., 1998. *Developments in English for Specific Purposes – A Multi-Disciplinary Approach*. Cambridge University Press, available at: http://books.google.lt/books?id=RvYcuq8QrjAC&printsec=frontcover&dq=Developments+in+English+for+Specific+Purposes%E2%80%93A+Multi-Disciplinary+Approach&hl=lt&sa=X&ei=uMXnUeaWD8jEtAaPx4EI&redir_esc=y [Accessed: July, 2016].
8. Gairns, R., Redman, S., 1993. *Working with Words*. Cambridge: CUP.
9. Harley, B., Hart, D., 2000. Vocabulary learning in the content-oriented second language classroom: Student perceptions and proficiency. *Language Awareness*, 9, 78-96, available at: <http://dx.doi.org/10.1080/09658410008667139>
10. Hutchinson, T., Waters, A., 1987. *English for Specific Purposes*. Cambridge University Press, available at: <http://books.google.lt/books?id=7OvEeiyxNgEC&printsec=frontcover&dq=English+for+Specific+Purposes&hl=lt&sa=X&ei=4cXnUevDFY3PsgaT2YHACg&ved=0CDcQ6AEwAA> [Accessed: July, 2016].
11. Nation, P., 1990. *Teaching and Learning Vocabulary*. Boston: Heinle & Heinle.
12. Nation, I. S. P., 2001. *Learning Vocabulary in another language*. Cambridge: Cambridge University press, available at: <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139524759> [Accessed: July, 2016].
13. Rhoder, C., Huerster, P., 2002. Use dictionaries for word learning with caution. *Journal of Adolescent and Adult Literacy*, 45 (8), 730-735.

10. Schmitt, N., 2000. Vocabulary in language teaching. Cambridge: Cambridge University Press.
11. Wignell, P., Martin, JR., Eggins, S., 1993. The discourse of geography: ordering and explaining the experiential world. In: Halliday MAK, JR Martin editors. Writing Science: literacy and discursive power. London: The Falmer Press; p. 136-165.

PROFESINIO ANGLŲ KALBOS ŽODYNO MOKYMOSI METODAI KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOJE

Santrauka

Globalizacija turėjo didelę įtaką profesinės anglų kalbos vystymuisi paskutiniiais dešimtmečiais. Profesinės anglų kalbos poreikis toliau auga ir plečiasi visame pasaulyje.

Įvairių kalbos įgūdžių žinios ir kompetencijos yra be galo svarbios. Bet besimokantieji profesinės anglų kalbos susiduria su sunkumais dėl nepakankamo su specialybe susijusio žodyno. Profesinis žodynas – tai žodžiais ir frazėmis, pirmiausia naudojami tam tikroje darbo ar specialybės srityje. Jo svarba yra neginčijama, siekiant sėkmingai komunikuoti profesinėje srityje. Studentai mokosi profesinio žodyno, naudodami įvairius metodus, t.y. pradedant nuo kontekstinio spėjimo, žodžių darybos, naudojimosi vienkabiais ar dvikabiais žodynais, mokymosi mintinai ar pastovaus naujų žodžių kartojimo raštu arba žodžiu. Straipsnyje aptariami populiariausi profesinio žodyno mokymosi metodai, pateikiamos nuolatinių ir ištestinių studijų studentų preferencijos. Jos skiriasi, nes ištestinių studijų studentai turi daugiau patirties su su profesija susijusiais tekstais, todėl jiems mokytis specialybės žodyno buvo lengviau. Tiek nuolatinių, tiek ištestinių studijų studentai nurodė, kurių metodų nenaudoja, jie jiems nepatrauklūs arba visiškai nenaudingi.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Daiva Zavistanavičienė

Mokslo laisnis ir vardas: Magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorė.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas, šiuolaikinių kalbų ir tarpkultūrinės komunikacijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: vertimas, kalbų dėstymo metodikos, ELT, ESP.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 607 80971, daiva_birute.zavistanaviciene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Viorika Šestakova

Mokslo laisnis ir vardas: Magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas, šiuolaikinių kalbų ir tarpkultūrinės komunikacijos katedros lektorė.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos Inžinerijos mokslų fakulteto Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: vertimas, kalbų dėstymo metodikos, ELT, ESP.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 620 20230, viorika.sestakova@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Daiva Zavistanavičienė

Science degree and name: Master Degree, lecturer

Workplace and position: Kaunas Technical College, Faculty of Engineering Sciences, Department of Civil Engineering Field Study Programmes, lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Social Sciences, Arts and Humanities, Department of Modern Languages and Intercultural Communication, lecturer.

Author's research interests: science of education, ELT, ESP, translation.

Telephone and e-mail address: 8 607 80971, daiva_birute.zavistanaviciene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Viorika Šestakova

Science degree and name: Master Degree, lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Social Sciences, Arts and Humanities, Department of Modern Languages and Intercultural Communication, lecturer.

Workplace and position: Kaunas Technical College, Faculty of Engineering Sciences, Department of Electronic and Electrical Engineering Field Study Programmes, lecturer

Author's research interests: science of education, ELT, ESP, translation.

Telephone and e-mail address: 8 620 20230, viorika.sestakova@edu.ktk.lt

UŽSIENIO KALBOS KOMPETENCIJA KAIP AUKŠTOSIOS MOKYKLOS DĖSTYTOJO EDUKACINĖS KOMPETENCIJOS DALIS (ATVEJO STUDIJA)

Zita Zajankauskaitė¹, Virginija Tuomaitė¹, Jūratė Mockienė²

¹Kauno technologijos universitetas, ²Kauno technikos kolegija

Anotacija. Pasaulyje ir Europoje vykstant visuotinės integracijos procesams, vis didesnę reikšmę įgyja gebėjimas kalbėti ir susitarti. Kalba yra tas įrankis, kurio pagalba ir dėka visuomenė gali išspręsti bet kurias iškilusias problemas. Mokėjimas bendrauti ne tik gimtąja, bet ir kitomis kalbomis tapo ypač būtinas Europos Sąjungos piliečiams, tarp kurių labiausiai paplitusi anglų kalba. Ja bendraujama, mokomasi ir mokoma. Kalbos mokymas/is yra bendro universitetinio lavinimo neatsiejama dalis. Norint suvokti ir įsisavinti pasaulinius mokslo, technikos pasiekimus, turėti galimybes įsidarbinti pasaulinėje darbo rinkoje, kitos kalbos žinojimas tampa tiesiog privalus, todėl užsienio kalba vis daugiau specialybių dalykų jau dėstoma ir Lietuvos aukštosiose mokyklose, tame tarpe ir Kauno technologijos universitetas (*toliau: Universitetas*). Nuo aukštojo mokslo institucijos dėstytojo bendrinės ir specialybės užsienio kalbos mokėjimo priklauso studentams pateikiamų žinių kokybė. Straipsnyje siekiama analizuoti kaip aukštosios mokyklos dėstytojo žinios atitinka Europos Sąjungos, Lietuvos švietimo ir Universiteto kalbų politikos dokumentų reikalavimus, įvardijami esami kalbos įgūdžių trūkumai. Remiantis atliktu palyginamuoju tyrimu pateikiamos rekomendacijos dėstytojų užsienio kalbos įgūdžių plėtojimui.

Reikšminiai žodžiai: užsienio kalbos kompetencijos aktualumas, bendrinė užsienio kalba, specialybės kalba, dėstytojo užsienio kalbos kompetencija, dėstytojo edukacinė kompetencija.

Įvadas

Anot Europos Sąjungos kalbų politikos, gimtoji kalba reikalinga identitetui, anglų kalba – komunikacijai, o norint būti tikru europiečiu, reikia mokėti dar bent vieną ar dvi kalbas. Kalbų mokėjimas yra „visų Europos piliečių siektinas gebėjimas, leidžiantis jiems pasinaudoti ekonomine, socialine ir kultūrine laisvo judėjimo Sąjungoje teikiama nauda“ (Europos Sąjungos Tarybos išvados dėl daugiakalbystės, 2008), tad svarbu, jog kiekvienoje valstybėje visuose mokymosi pakopose būtų sukurtos reikiamos sąlygos šio gebėjimo vystymui. Kalbinė kompetencija tampa viena iš pagrindinių, nes ji aktuali nūdienos poreikiams, o ir užtikrina visų veiklų sėkmę.

Užsienio kalbos žinių kompetencija yra labai svarbi ir aukštojoje mokykloje, vykdant sėkmingą mokymosi procesą, sudarant sąlygas studentų mainų programoms, skatinant tarptautinį bendravimą ir bendradarbiavimą. O studijoms kasmet tarptautiškėjant, geras užsienio kalbų mokėjimas tampa būtinybe ne tik studentams, bet ir universitetų dėstytojams, kuriems vis dažniau tenka dėstyti savo dalyką atvykstantiems iš kitų šalių studentams, o ir patiems skaityti paskaitas bei kelti kvalifikaciją užsienyje, dalyvauti įvairiose tarptautinėse konferencijose, vystyti tarptautinę projektinę veiklą ir pan.

Universiteto dėstytojas, nuo kurio užsienio kalbos kompetencijos priklauso studijų kokybė, privalo puikiai mokėti bent tą užsienio kalbą, kuria dėstoma Universitete, t. y. anglų kalbą. Kaip jo užsienio kalbos kompetencija atitinka ES, Lietuvos ir Universiteto kalbų politikos bei studijų kokybės nuostatas? Šiuo straipsniu siekiama atsakyti į šį klausimą.

Tyrimo objektas - Universiteto dėstytojų užsienio kalbos kompetencijos lygis Europos Sąjungos išskeltiems uždaviniams vykdyti bei jos atitikimas reikalavimams, keliamiems šiuolaikiniam dėstytojui.

Tyrimo tikslas - ištirti Universiteto dėstytojų užsienio kalbos kompetencijos lygį bei poreikius, galimybes ją tobulinti bei jos dinamiką.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti Universiteto dėstytojų užsienio kalbų kompetencijos lygį bei užsienio kalbų mokėjimo poreikius remiantis apklausos raštu analizės rezultatais.

2. Pateikti rekomendacijas ir būdus aukštosios mokyklos dėstytojų užsienio kalbų kompetencijos plėtojimui.

Tyrimo metodai:

1. Literatūros apžvalga apie užsienio kalbos kompetencijos svarbą komunikavime bei mokymo/si procese šiuolaikinės Europos aukštojoje mokykloje.

2. Aprašomoji ir statistinė apklausos raštu apie Universiteto dėstytojų užsienio kalbų žinias ir įgūdžius rezultatų analizė.

Užsienio kalbos kompetencijos aktualumo pagrindimas

Visiems pasaulio gyventojams, o ypač Europos Sąjungos piliečiams mokėjimas bendrauti ne tik gimtąja, bet ir kitomis kalbomis, tapo realybe bei poreikiu. Užsienio kalbų mokėjimas skatina didesnę atvirumą kitiems žmonėms, kitoms kultūroms, kitokiems požiūriams; suteikia daugiau asmeninio ir profesinio tobulėjimo bei ekonominės plėtros galimybių; gerina pažintinius bei analitinius sugebėjimus, lavina lingvistines

kompetencijas. Kalbų mokymasis ugdo ir asmenybę, didina savivertės jausmą, gerina atmintį. „Kitos kalbos mokymasis suteikia priėjimą prie kitų vertybinių sistemų ir būdų interpretuoti pasaulį, skatina tarpkultūrinį supratimą ir padeda sumažinti ksenofobiją tiek kalbančiajai mažumai, tiek daugumai (UNESCO, 1997).“

Maždaug pusė visų Europos gyventojų gali kalbėti kuria nors iš užsienio kalbų. Penkios dažniausiai naudojamos užsienio kalbos yra anglų (38 proc.), prancūzų (12 proc.), vokiečių (11 proc.), ispanų (7 proc.), rusų (6 proc.). Kiekvienoje Europos Sąjungos šalyje daugiausia žmonių kalba anglų kalba (ten, kur ji nėra oficiali) - net devyniolikoje iš dvidešimt aštuonių valstybių narių. 2012 m. Europos komisijos ataskaitoje „Europiečiai ir jų kalbos“ (2012) nurodoma, jog lietuviai yra viena geriausiai užsienio kalbas mokančių ES tautų – 92 proc. lietuvių gali susikalbėti kuria nors užsienio kalba, o daugiau nei 50 proc. kalba dviem užsienio kalbomis. 80 proc. lietuvių moka kalbėti rusiškai, 38 proc. – angliškai ir 14 proc. – vokiškai. 2006 m. „Eurobarometro“ duomenimis, 28 proc. apklaustųjų, be gimtosios, moka dar dvi kalbas.

Lietuvių motyvacija mokytis užsienio kalbų mažai skiriasi nuo vidutinio europiečio. Eurobarometru duomenimis, visiems europiečiams svarbūs motyvai yra galėjimas susikalbėti atostogaujant užsienyje, asmeninis pasitenkinimas, galėjimas suprasti kitų kultūrų žmones ir ypač užsienio kalbos poreikis darbe, įsidarbinant ar ieškant darbo užsienyje - pastarasis įgauna vis daugiau svarbos (Europiečiai ir jų kalbos, 2005).

Užsienio kalbų mokymo politikos gaires apibrėžia eilė dokumentų: Švietimo ir mokymo Baltoji knyga „Mokymas ir mokymasis. Besimokančios visuomenės link“ (1995), „Mokymosi visą gyvenimą memorandumas“ (2001), „Nauja daugiakalbystės pagrindų strategija“ (2005), „Europos Tarybos išvados“ (2009), „Nacionalinė Švietimo strategija (2003-2012)“, „Europa 2020“, „Švietimas ir mokymas 2020“, „Europos Tarybos 2009 m. išvados dėl Europos bendradarbiavimo švietimo ir mokymo srityje strateginės programos iki 2020 m.“ etc.

„Baltojoje knygoje“ (1995) akcentuojamas poreikis siekti kalbų ir kultūrų mokymo ir mokymosi kokybės ir efektyvumo, laikantis požiūrio, kad kalbų ir kultūrų žinios yra esminis praktinių pilietiškumo gebėjimų elementas. „Kalbų mokymosi ir kalbų įvairovės skatinimas 2004-2006 m.“ (2007), o ir kiti kalbų politikos dokumentai atkreipia dėmesį į tai, kad kalbinės kompetencijos yra vienos svarbiausių bendrųjų kompetencijų, reikalingos darbinėje veikloje, siekiant išsilavinimo ir asmeninės pilnatvės, ir šie gebėjimai turi būti pastoviai tobulinami ir papildomi; praėjo dienos, kai kalbos mokymasis prasidėjo ir baigėsi mokykloje, kalbos mokymasis – viso gyvenimo veikla. „Mokymosi visą gyvenimą memorandumas“ (2001), nubrėžė nuoseklias mokymosi visą gyvenimą strategijas, taip pat ir gaires kalbų mokymuisi. Vienas iš svarbiausių dokumentų, kurį išleido Europos Taryba 2001 m. yra „Bendrieji Europos kalbų metmenys: mokymasis, mokymas ir vertinimas“. Šis dokumentas- tai pagrindinė užsienio kalbų mokymo programa, tad jis vaidina svarbų vaidmenį ne tik Europos, bet ir Lietuvos užsienio kalbų politikoje, suteikia solidų pagrindą užsienio kalbų mokymui(si). Dokumente pateikiama detali informacija apie kalbos mokymo programas, mokymo planus, egzaminus, vadovėlius it t.t. Europoje, apibūdinti šeši pagrindiniai kalbų mokėjimo lygmenys. (Bendrieji Europos metmenys, 2008)

Deja, pasak V. Tuomaitės (2014), Lietuvos užsienio kalbų politikos dokumentuose nėra jokių gairių apie užsienio kalbų kompetencijos plėtojimą aukštojo mokslo institucijose, išskyrus užuominas apie gerą dviejų trijų užsienio kalbų mokėjimą, ir tai, kad kiekviena aukštojo mokslo institucija turi turėti nuoseklią kalbų mokymo strategiją bei siekti, kad visi studentai būtų skatinami mokytis kalbų, turėtų palankias sąlygas pereiti iš vienos institucijos į kitą, iš vienos pakopos į kitą.

Aukštojo mokslo pagrindinės gairės yra numatytos Bolonijos procese ir su juo susijusiose konvencijose (Lisabonos strategija, Bergeno komunikatas, Berlyno komunikatas). Jo esmė yra Europos universitetinių studijų derinimas ir integracija, bendros aukštojo mokslo erdvės sukūrimas tam, kad būtų padidintas Europos ekonominis, socialinis, kultūrinis, pilietinis konkurencingumas, kad padidėtų piliečių įsidarbinimo galimybės lokaliu, nacionaliniu lygmeniu ir bendroje Europos erdvėje. Šiuose dokumentuose akcentuojama mokymosi visą gyvenimą svarba, studijos, grįstos studentų ir pasaulio poreikiais, studentų, dėstytojų, mokslininkų, administracijos darbuotojų mobilumas, socialinis, akademinis ir tarptautinis atvirumas, studijų kokybė, galimybė palyginti studijų programas visose studijų pakopose, mokslo tyrimų ir inovacijų įvairovė bei konkurencingumas. Svarbiausios, jau minėtos, aukštojo mokslo erdvės gairės pabrėžiamos ir „Aukštojo mokslo tarptautiškumo skatinimo 2008- 2010 metų programoje“, kur išryškinti ir veiksniai, lėtinantys Lietuvos aukštojo mokslo tarptautiškumo plėtrą. Vienas tokių veiksnių – menkas studijų dalykų užsienio kalba pasirinkimas, nelankstūs mokymosi metodai, gana nedidelis užsienio kalba dėstančių dėstytojų skaičius.

E. Virgailaitės-Mečkauskaitės (2011) atlikto tyrimo duomenimis, dviejų Lietuvos universitetų magistrantų nuomone, „Lietuvos dėstytojams dar trūksta pedagoginės (susidedančios iš didaktikos, psichologijos ir švietimo vadybos išmanymo) ir komunikacinės kompetencijos, apimančios bendravimo, darbo grupėje mokėjimus, užsienio kalbų žinojimą ir informacinius gebėjimus. Ypač studentai pastebi ir konstatuoja

kaip neigiamą veiksnių dėstytojo užsienio kalbos nemokėjimą, o tai iš esmės silpnina pačių studentų paruošimą ir jų tarpkultūriškumo ugdymą“.

„Siekiant studijų kokybės, iš daugelio veiksnių reikėtų išskirti subjektyvųjį veiksnių – dėstytoją, iš pašaukimo dirbantį žmogų, kuris savo profesionalumu, asmenybės vertingumu, intelektualumu uždega studentus, didina motyvaciją, padeda jiems geriau suvokti veiklos ir gyvenimo prasmę“ (Tijūnėlienė, 2012:105). Dėstytojo darbas yra sudėtingas, kompleksiškas, reikalaujantis nuolatinio kompetencijos tobulinimo. Juk švietimo paskirtis – „suteikti asmeniui brandaus savarankiško gyvenimo pagrindus ir padėti jam tobulinti savo gebėjimus visą gyvenimą“ (Valstybinė švietimo 2013 – 2022 m. strategija). Tačiau norint mokyti kitus, pirmiausia privalu mokytis pačiam. „Švietimo įstaigose dirbantiems pedagogams turi būti sudaromos galimybės tobulėti ir sėkmingiau pasiekti tikslus, turi būti sudarytos galimybės kiekvienam darbuotojui naudotis reikiama informacija.“ (Garalis, 2004). Dėstytojo kompetencijų puokštė – tai jo darbo įrankis, padedantis geriau atlikti jam keliamus didžiulius uždavinius. Nors ir netiesiogiai, tai akcentuojama ir LR aukštojo mokslo įstatyme: „Aukštojo mokslo uždavinys – ugdyti išsilavinusią, mokslui ir naujausioms technologijoms bei kultūros vertybėms imlią asmenybę ir visuomenę, kurti, kaupti ir skleisti mokslo žinias bei kultūros vertybes, įtvirtinti nacionalinės kultūros savitumą. Kaip esminė šalies ateities dvasinio ir materialiojo klestėjimo sąlyga, aukštasis mokslas studijomis, moksliniais tyrimais ar menine kūryba skatina naujų žinių ir kultūros vertybių kūrimą“ (LR aukštojo mokslo įstatymas, 2000)

Kiekviena aukštoji mokykla savaip interpretuoja užsienio kalbų mokymo koncepciją, savaip organizuoja užsienio kalbų kompetencijų plėtoją programų turinio, apimties, mokymo metodų, vertinimo ir pan. dalykų prasme. Pagal Kauno technologijos universiteto kalbų politikos projektą, Rektoriaus patvirtintą 2016 m. birželio 10 d., siekiama, kad 1) „Universiteto studentas ir absolventas gebėtų bendrauti raštu ir žodžiu daugiakalbėje ir daugiakultūroje akademinėje ir profesinėje aplinkoje puikia lietuvių (C2 lygiu) ir anglų (C1 lygiu) kalba, o socialinėje aplinkoje – mažiausiai dar viena užsienio kalba (A1 / A2 / B1 / B2 lygiu), savarankiškai ir visą gyvenimą mokytis užsienio kalbų, naudodamasis naujausiomis mokymosi strategijomis ir šiuolaikinėmis informacinėmis priemonėmis; 2) akademinis ir administracinis personalas turėtų anglų kalbos pažengusiojo (B2) vartotojo kompetencijas; 3) anglų kalba paskaitas rengiantys ir dėstantys dėstytojai privalo turėti anglų kalbos įgudusio (C1) vartotojo kompetencijas (...) Tyrimai ir jų pristatymas anglų ir / ar lietuvių kalbomis vykdomi aukštos kokybės akademinė kalba“ (Kauno technologijos universiteto kalbų politikos projektas, 2016).

„Aukštos kokybės kalbų mokymas, pirmiausia, specializuotos, su darbu susijusios kalbos mokymas ir mokymasis, yra labai svarbus aukštojo mokslo įstaigų internacionalizavimui ir absolventų įsidarbinimo galimybių gerinimui“ (Europos Tarybos išvados dėl judumą didinančios kalbinės kompetencijos, 2011). Kauno technologijos universitete visi studentai vieną semestrą turi galimybę mokytis akademinę bei specializuotą užsienio kalbą C1 lygiu, o dėstytojai savo užsienio kalbos kompetencijas iki 2016 m. lavino ir tobulino savarankiškai. 2016 m. Universiteto vadovybei patvirtinus aiškią ir nuoseklią šių kompetencijų tobulinimo programą, reikalai pajudėjo teigiama linkme.

Siekiant išsiaiškinti Universiteto dėstytojų užsienio kalbų mokėjimą, poreikius ir galimybes bei būdus juos tobulinti ateityje, 2015 ir 2017 m. Universitete buvo atlikti palyginamieji tyrimai, kurie padėjo pastebėti ir kalbos įgūdžių tobulinimo dinamiką Universiteto dėstytojų tarpe.

Tyrimų dalyviai ir metodika

2015 m. tyrime apklausti 33 dėstytojai, dėstantys tikslųjų mokslų fakultetuose, visose studijų programose, o 2017 m. - 60 dėstytojų, dėstančių įvairesnių fakultetų studijų programose. 2015 m. tyrime išsiaiškinta, koks yra dėstytojų užsienio kalbų mokėjimo lygis bei problemos, atsirandančios jas tobulinant, o 2017 m. tyrime apžvelgti pokyčiai šioje srityje. Abiem atvejais duomenys buvo gauti vykdant tiesioginę apklausą raštu (anketavimą).

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

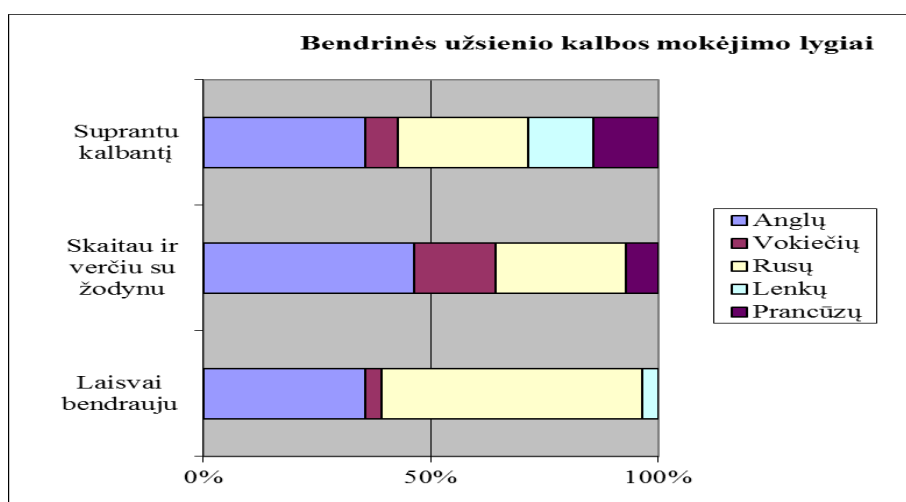
2015 m. tyrimo pradžioje buvo aktualu sužinoti, kiek svarbi yra užsienio kalbos kompetencija profesinėje veikloje. Atsakymai rodo, kad 92 proc. dėstytojų mano užsienio kalbą esant reikšminga savo profesinėje veikloje, 8 proc. respondentų į šį klausimą neatsakė. Kokias užsienio kalbas dėstytojai pritaiko savo profesinėje veikloje, rodo diagrama (1 pav.). Nepaisant dominuojančios anglų kalbos dėstomose studijų programose (64 proc.), Universiteto pedagogai 2015 m. apklausoje nurodė, jog darbinėje veikloje jie naudoja rusų (23 proc.), vokiečių (10 proc.) ir lenkų (3 proc.) kalbas.



1 pav. Užsienio kalbų pritaikymas profesinėje veikloje

Šaltinis: sudaryta autorių

Gerokai skiriasi jų kiekvienos kalbos žinių „bagažas“. Tai puikiai matosi 2 paveiksle pateiktoje diagramoje, kurioje pavaizduoti bendrinės užsienio kalbos mokėjimo lygiai.

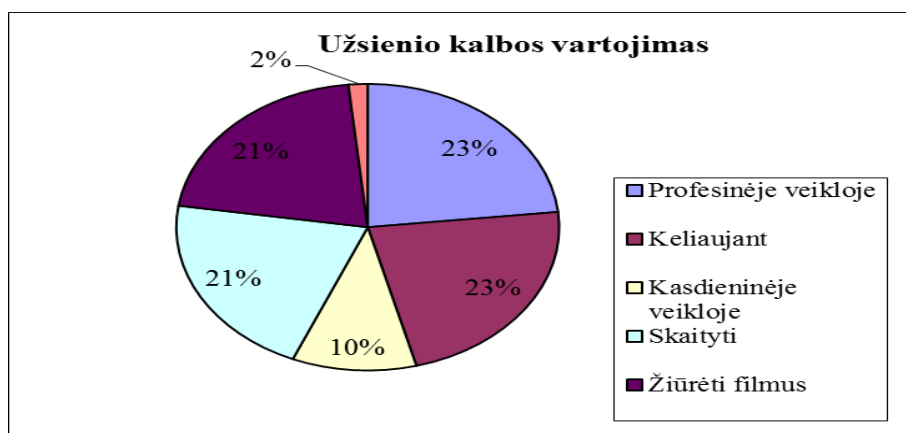


2 pav. Bendrinės užsienio kalbos mokėjimo lygiai

Šaltinis: sudaryta autorių

Žinant, jog dėstytojų kontingentas per keletą metų pakito nežymiai, jų žinių, o ypač anglų kalbos patobulinimas yra svarbi dedamoji mokymo proceso dalis.

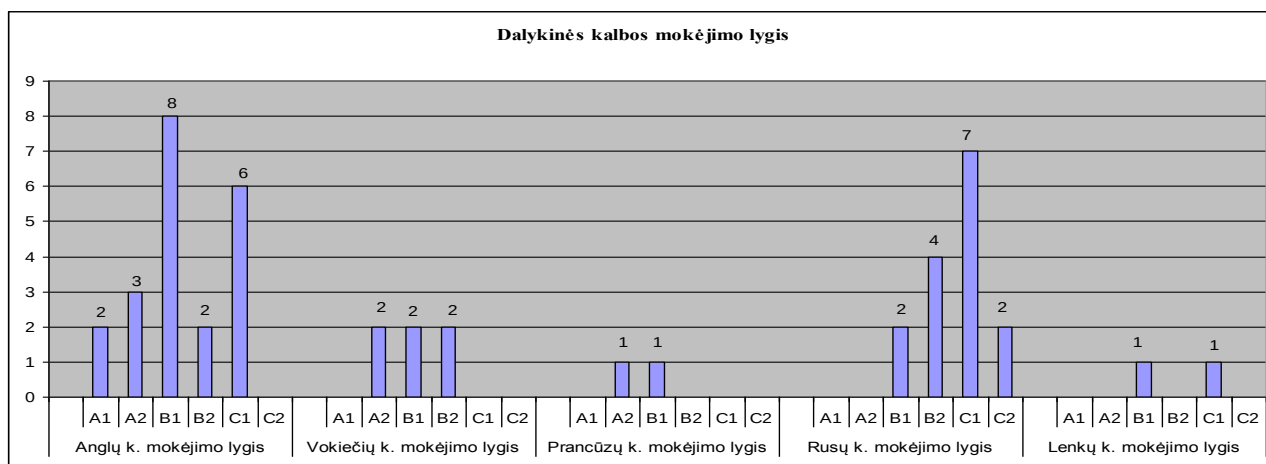
Nors atrodytų (3 pav.), kad užsienio kalbos poreikis dėstytojų kasdieniam gyvenime pasiskirstęs pakankamai tolygiai, bet profesinėje dėstytojo veikloje reikalingas ženklėsnis jos kokybės šuolis.



3 pav. Dėstytojų užsienio kalbos vartojimas

Šaltinis: sudaryta autorių

4 paveiksle pateiktoje diagramoje aiškiai matome, kad 2015 m. dalykinės (specialybės) rusų kalbos mokėjimas, nors ja nėra dėstoma Universitete, yra geresnis, nei anglų, nors pastarosios lygis nebuvo žemas.



4 pav. Specialybės (dalykinės) užsienio kalbos mokėjimo lygis 2015 m.

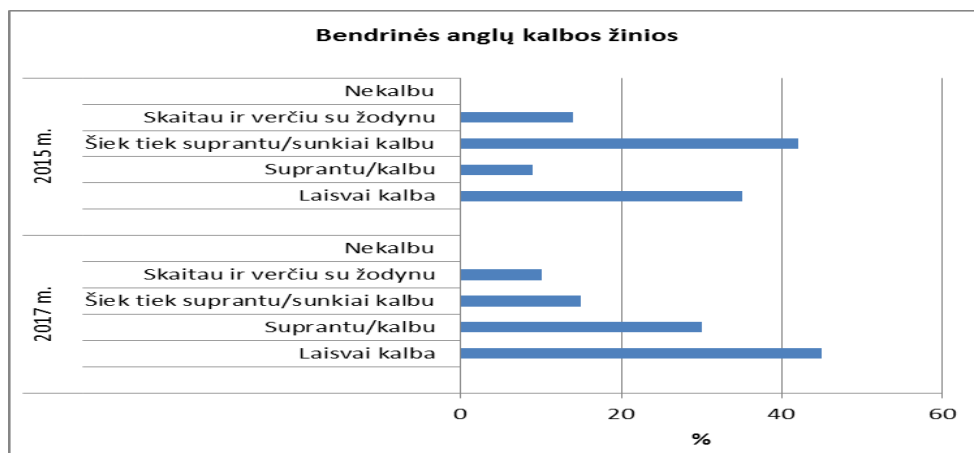
Šaltinis: sudaryta autorių

2015 m. paklausus, kaip ir kur tobulinate užsienio kalbos žinias, net 56 proc. respondentų jas tobulino savarankiškai (skaitė literatūrą užsienio kalba, žiūrėjo TV ir kt.), 40 proc. paminėjo, kad lankė įvairius kursus ne universitete. Į klausimą, ar užsienio kalbos kursai, kuriuos lankė, buvo efektyvūs, net 57 proc. respondentų atsakė neigiamai ir tik 29 proc. buvo patenkinti kursų kokybe. Paprašius išvardinti kursų neefektyvumo priežastis, 30 proc. paminėjo laiko stoką, 21 proc. - buvo nepatenkinti kursų laiku, 26 proc. - nurodė per didelį darbo krūvį universitete, 15 proc. - netenkino dėstytojo, kuris vedė kursus, darbo metodai, o 8 proc. - paminėjo, kad kursų pravedimo vieta strategiškai jiems nepatogi. Pasiteiravus, kur jiems būtų patogiau lankyti užsienio kalbos kursus, net 57 proc. atsakė, kad geriausia kursų vieta – darbe, 21 proc. - nesvarbu, kur jie vyktų, o 18 proc. - pageidautų, kad būtų netoli namų.

Į klausimą „Kaip jūsų nuomone būtų efektyviausia gerinti užsienio kalbos žinias?“, buvo gauti tokie pagrindiniai pasiūlymai - pageidavimai: 1) bendraujant su kolegomis grupėse, 2) pastovūs (ir papildomi) nemokami kursai bei savarankiškas tobulėjimas arba išvykimas į stažuotes užsienyje ilgesniam laikui, 3) seminarai ir kursai nedidelėse grupėse, kuriuos vesti pedagogai jų gimtąja kalba.

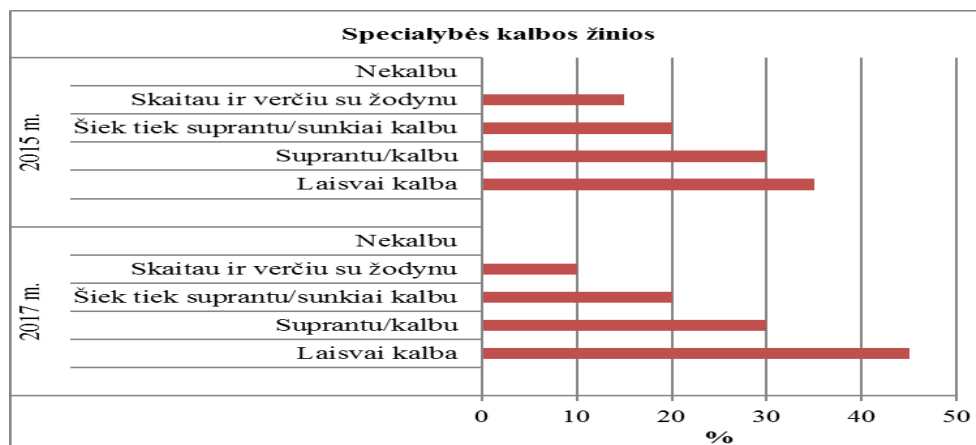
Praėjus metams po šio 2015 m. tyrimo, Universiteto Žmoniškųjų išteklių departamento iniciatyva ir rektorato sprendimu 2016 m. buvo patvirtintas naujas Universiteto kalbų politikos projektas, kuriame konkrečiai išdėstyti normatyviniai kalbinės kompetencijos reikalavimai Universiteto darbuotojams. Universiteto bendruomenei pasiūlyti ir sėkmingai įgyvendinami anglų kalbos tobulinimo kursai tapo nauju atskaitos tašku, vertinant dėstytojų šios kalbos žinių kokybę. Kursuose siekiama, kad akademinis ir administracinis personalas turėtų anglų kalbos pažengusiojo (B2) vartotojo kompetencijas, o anglų kalba paskaitas rengiantys ir dėstantys dėstytojai privalo turėti anglų kalbos įgudusio (C1) vartotojo kompetencijas.

Nuo 2016 m. anglų kalbos žinių gilinimas kursuose įgauna vis didesnę pagreitį. Tai galima pastebėti 5 paveikslėlio diagramoje, kurioje matyti, jog suprantančių ir kalbančių bei laisvai bendraujančių santykis 2015 ir 2017 m. net procentinėje išraiškoje liudija pastarųjų metų naudai. Pažymėtina, jog 2017 m. apklausoje dalyvavo ir beveik dvigubai daugiau respondentų.



5a pav. Bendrinės anglų kalbos žinios 2015 ir 2017 m.

Šaltinis: sudaryta autorių

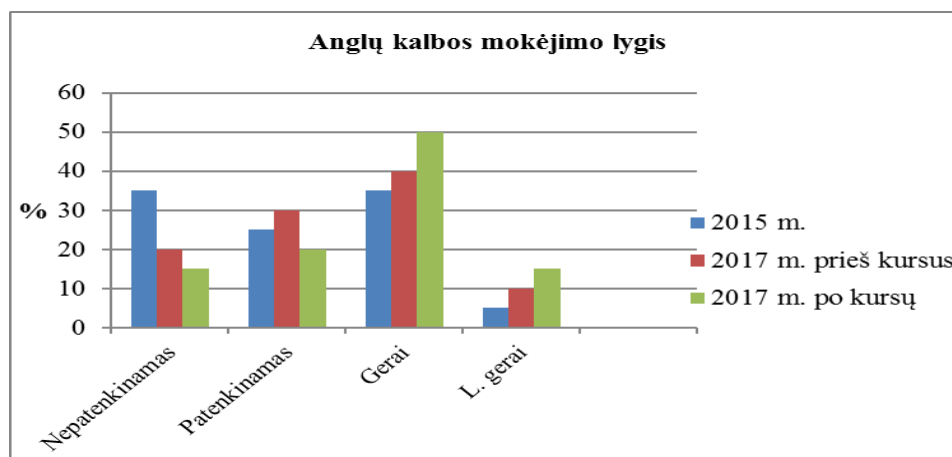


5b pav. Specialybės anglų kalbos žinios 2015 ir 2017 m.

Šaltinis: sudaryta autorių

Visose tiek bendrinės, tiek specialybės anglų kalbos grafose (5a ir 5b pav.) matomas kokybinis ir kiekybinis šuolis į priekį. Skaičiai liudija apie dėstytojų užsienio kalbos žinias A2, B1, B2 lygmenyje. Laisvai kalbančių anglų kalba dėstytojų padidėjo nuo 35 proc. iki 45 proc., o prastai kalbančių ir suprantančių bendrinę kalbą nuo 42 proc. respondentų 2015 m. sumažėjo beveik 3 kartus - iki 15 proc. 2017 metais. Tai gerokai palengvina komunikavimo galimybes su studentais, leidžia betarpiškiau su jais bendrauti, aiškiau išdėstyti dalykų turinį.

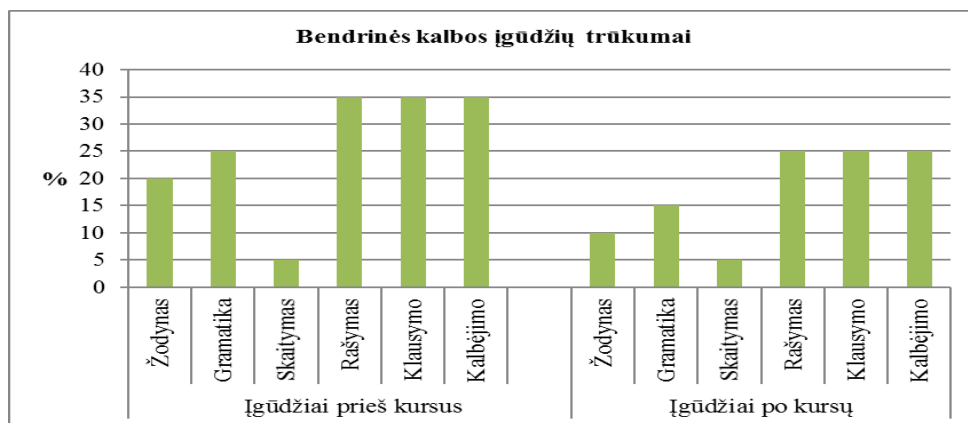
Norint išsiaiškinti, ką ir koku lygmeniu išmoko dėstytojai šiuose anglų kalbos kursuose, plačiau išnagrinėti įvairūs kokybiniai aspektai. Vienas jų - anglų kalbos žinių savianalizė iki kursų 2015 ir 2017 m. Vien tai, kad 50 proc. dėstytojų savo bendrinės ir specialybės anglų kalbos žinias vertina šiemet, kaip geras ir labai geras, kai tuo tarpu 2015 m. net 58 proc. respondentų šios kalbos žinias įvertino nepatenkinamai ir patenkinamai (6 pav.), rodo, jog padarytas didelis šuolis į priekį bendrinės bei specialybės anglų kalbos mokėjime.



6 pav. Anglų kalbos mokėjimo lygis 2015 ir 2017 metais.

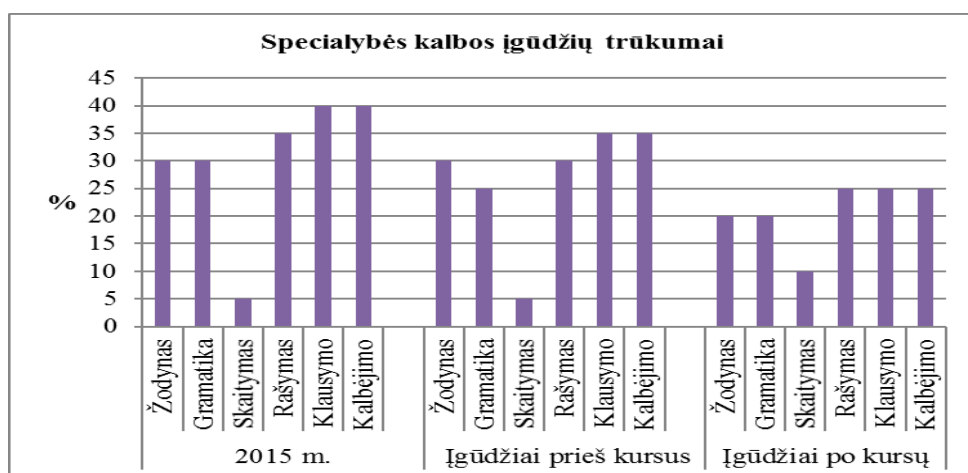
Šaltinis: sudaryta autorių

Kursuose daug dėmesio buvo skirta atskiriems anglų kalbos išmokimo bei patobulinimo segmentams. 7 paveiksle matome, kaip pakito bendrinės anglų kalbos įgūdžiai po 2017 m. kursų, o 8 paveiksle – specialybės kalbos įgūdžių kokybinius pokyčius po pastarųjų kursų. Nors per porą metų ir vyko progresas, bet net penktadalis dėstytojų akcentuoja, kad po kursų jiems dar trūksta kai kurių įgūdžių.



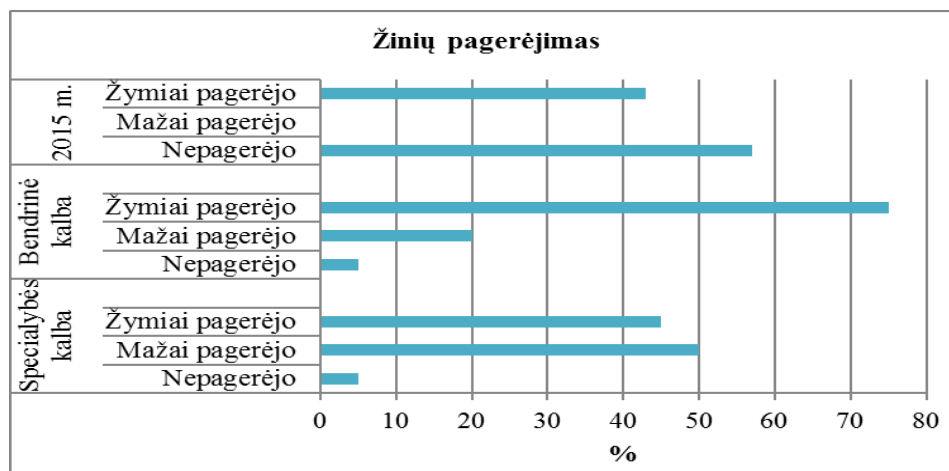
7 pav. Bendrinės anglų kalbos įgūdžių trūkumai iki ir po 2017 m. kursų
Šaltinis: sudaryta autorių

7 paveiksle pateikti bendrinės kalbos įgūdžių trūkumai, o ketvirtadalis klausytojų po kursų dar pageidautų daugiau specifinių specialybės anglų kalbos įgūdžių, t.y. rašymo, klausymo ir kalbėjimo įgūdžių plėtojimo.



8 pav. Specialybės anglų kalbos įgūdžių trūkumai 2015 m. ir prieš/po 2017 m. kursų
Šaltinis: sudaryta autorių

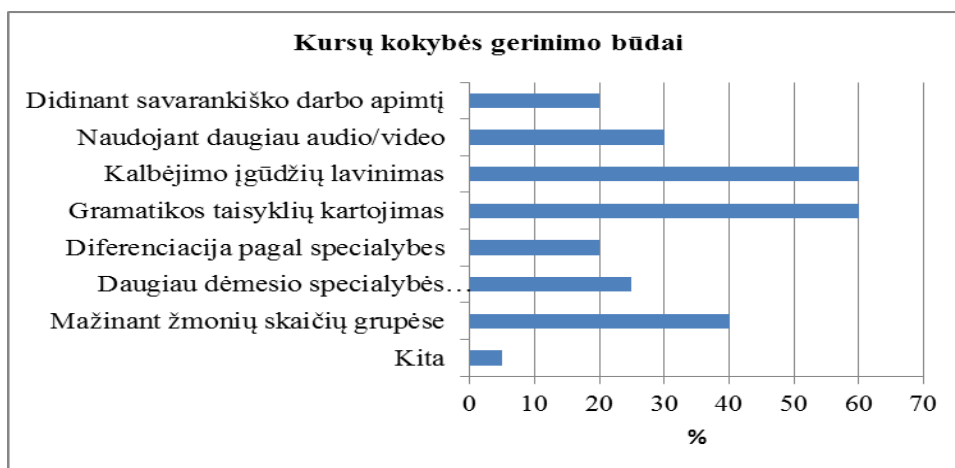
Lyginant šiuos skaičius su 2015 m. apklausos rezultatais, kuomet dėstytojai savarankiškai bandė tobulinti anglų kalbos įgūdžius, galime teigti, jog Universiteto dėstytojai juos vienareikšmiškai pagerino, kaip ir tai, kad praėjus metams, jų poreikiai ir reikalavimai tiek sau, tiek kursų dėstytojams gerokai išaugo.



9 pav. Anglų kalbos žinių pagerėjimo rodikliai
Šaltinis: sudaryta autorių

Tai akivaizdžiai liudija 9 paveiksle pateikti duomenys, kuriais kursų klausytojai įvardijo savąjį patobulėjimo laipsnį: 2015 metais žinių nepagerino 48 proc. o 2017 – tik 6 proc. respondentų. Į provokacinį

klausimą, ar galėtumėte po šių kursų dėstyti specialybės kalba, net du trečdaliai klausytojų buvo tuo tikri, abejojo vos ketvirtadalis, o dešimtadalis nebuvo tokie savimi pasitikintys ir atsakė neigiamai. 2015 m. tokių nepasitikinčių buvo 6 kartus daugiau.



10 pav. Anglų kalbos kursų kokybės gerinimo būdai

Šaltinis: sudaryta autorių

Nors rezultatai kalba patys už save, tobulėjimui ribų (ir rezervų), kaip ir pageidavimų bei pamastymų anglų kalbos kursų kokybei pagerinti, be abejo, netrūksta. 10 paveiksle pateikti apklausos duomenys rodo, kad beveik du trečdaliai vis dar pageidautų daugiau su kalba ir rašyba susijusių pratimų įgūdžiams lavinti. Ketvirtadaliui Universiteto pedagogų norėtųsi daugiau dėmesio jų specialybės terminams, bet, kai grupėse susirenka skirtingų specialybių dėstytojai, kursų vedantiesiems sunku prisitaikyti prie visų dėstytojų poreikių. Loginė išvada – reikalingas grupių formavimas pagal atskiras specialybes ir žmonių skaičiaus mažinimas grupėse. Būtent tai akcentavo net 40 proc. kursų lankytojų, kurie pageidavo, kad grupėse būtų 5, 8 ar net 10 žmonių.

Išvados ir rekomendacijos

1. Palyginus 2015 ir 2017 metais dėstytojų užsienio kalbų žinių tyrimus, galima teigti, kad padarytas didelis šuolis į priekį anglų kalbos (bendrines ir specialybės) mokėjime. Jei pirmojo tyrimo metu dar pirmavo rusų kalbos kompetencijos kokybiniai rodikliai, tai dabar matyti, jog dėstytojų anglų kalbos kompetencija ganėtinai patobulėjo, nes didesnė ar pakankama dėstytojų dalis (jų įsitikinimu) jau gali dėstyti specialybės dalykus anglų kalba. Visgi 25 proc. pedagogų tuo nėra tikri, todėl šį tobulinimosi procesą reikėtų tęsti ir gilinti. To pageidautų netgi dėstytojai, kurių anglų kalbos kompetencija yra C1 ir C2 pagal bendruosius užsienio kalbų metmenis.

2. Nustatyta, jog efektyvesniam ir tikslingesniam užsienio kalbos kompetencijos plėtojimui reikėtų mažinti žmonių kiekį grupėse daugiausia iki 10, diferencijuoti mokymosi grupes pagal specialybes, daugiau dėmesio skirti specialybės terminų mokymui rašytinėje ir šnekamojoje kalbose, tęsti visų lygmenų anglų kalbos kursus personalui Universitete, taikant lankstų jų lankymo grafiką.

3. Nepaisant to, kad kursų lankytojai pasiekė bent jau pageidautiną anglų kalbos kompetencijos lygmenį, po atlikto tyrimo paaiškėjo, jog dėstytojų užsienio kalbos kompetencijos dar nėra pakankamos: iki laisvo kalbėjimo ir bendravimo aukščiausiu C1 ir C2 lygiu kalbos įgūdžių dar trūksta daugumai. Iki 2020 metų, kuomet planuojamas dėstytojų anglų kalbos kompetencijų lygmens testavimas, šie uždaviniai, numatyti Universiteto kalbų politikos projekte, turėtų būti nesunkiai įgyvendinti.

Literatūra

1. Action Plan Promoting Language Learning and Linguistic Diversity 2004-2006, 2003. Prieiga per internetą: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0449:FIN:EN:PDF> [žiūrėta 2017 03 01]
2. Aukštojo mokslo tarptautiškumo skatinimo 2008- 2010 metų programa, 2008. Vilnius: LR Vyriausybė
3. Bendrieji Europos kalbų metmenys: mokymas, mokymasis, vertinimas (BEKM) (Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment (CEFR)), 2008. Vilnius
4. Bergenio komunikatas, 2005. Prieiga per internetą: http://www.vu.lt/site_files/SD/SK/Bergeno_komunikatas.pdf [žiūrėta 2017 04 12]
5. Berlyno komunikata, 2003. Prieiga per internetą: https://www.mruni.eu/mru_lt_dokumentai/direkcijos/studiju_direkcija/teises_aktai/Tarptautiniai%20teises%20aktai/Berlyno_komunikatas.pdf [žiūrėta 2017 04 12]

6. Bolonijos procesas. Kuriant Europos aukštojo mokslo erdvę. Prieiga per internetą: http://www.smm.lt/t_bendradarbiavimas/bolonijos_p.htm [žiūrėta 2017 04 12].
7. Eurobarometer 2006. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/index.cfm/Survey/index?p=1&yearFrom=1974&yearTo=2006> [žiūrėta 2017 04 20].
8. Europa 2020. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/europe2020/index_lt.htm [žiūrėta 2017 04 06]
9. Europiečiai ir jų kalbos 2005- Eurobarometras 243. Europiečiai ir jų kalbos. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_243_sum_lt.pdf [žiūrėta 2017 04 15]
10. Europos komisija. Daugiakalbystė. Internetinė svetainė (EK). Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/education/languages/whoweare/doc1454_lt.htm [žiūrėta 2017 03 30].
11. Europos Tarybos išvados dėl judumą didinančios kalbinės kompetencijos, 2011. Prieiga per internetą: http://publications.europa.eu/resource/cellar/6e2c1625-ec72-4f93-a6b7-a259677a8e0d.0006.03/DOC_1 [žiūrėta 2017 04 15]
12. Europos Tarybos išvados dėl Europos bendradarbiavimo švietimo ir mokslo srityje strateginės programos iki 2020 („ET 2020“), 2009. Prieiga per internetą: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX:52009XG0528\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX:52009XG0528(01)) [žiūrėta: 2017 04 15]
13. Garalis, Algirdas. Žmoniškųjų išteklių ugdymo svarba ir nuolatinio mokymo(si) organizavimas. Mokytojų ugdymas, 2004. nr. 3, p. 18-28. ISSN 1822-119.
14. Kalbų vaidmuo Lisabonos strategijoje. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/languages/languages-of-europe/languages-2010-and-beyond_lt.htm [žiūrėta 2011 05 28].
15. Kauno technologijos universiteto kalbų politikos projektas, 2016, p. 2
16. Language Learning and Linguistic Diversity: an Action Plan 2004-2006, (2003). Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=URISERV:c11068> [žiūrėta 2017 04 10]
17. LR aukštojo mokslo įstatymas, 2000, p.1, Vilnius: LR Vyriausybė
18. Mokymosi visą gyvenimą memorandumas. 2001. Europos Bendrijų komisija. Vilnius: Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerija, Lietuvos suaugusiųjų švietimo asociacija.
19. Nacionalinė Švietimo strategija (2003-2012), 2003. Vilnius, LR Seimas.
20. Nauja daugiakalbystės pagrindų strategija, (2005). Briuselis. Prieiga per internetą <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0596:FIN:LT:PDF> [žiūrėta 2017 04 21]
21. Švietimas ir mokymas 2020. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/education/policy/strategic-framework_lt [žiūrėta 2017 04 24]
22. Tijūnelienė, Ona. Studentų nuomonių apie dėstytoją fenomenologinis tyrimas. Tiltai, 2012 04, p. 105
23. Tuomaitė, Virginija. Užsienio kalbos kompetencijų aktualumas veiklos pasaulio kontekste aukštojo mokslo institucijos absolventų požiūriu // Verbum. Vilnius : Vilniaus universitetas. ISSN 2029-6223. 2014, t. 5, p. 264-278. Prieiga per internetą: <<http://www.zurnalai.vu.lt/verbum/article/view/5014/3282>>.
24. UNESCO (1997). Educating for a sustainable future – transdisciplinary vision for a concerted action. Paris: UNESCO.
25. Valstybinė švietimo 2013- 2022 m. strategija, 2014. Vilnius, Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerija.
26. Virgailaitė- Mečkauskaitė E. Tarpkultūrinės kompetencijos ugdymas aukštojo mokslo internacionalizacijos kontekste (Magistratūros studijų aspektas).Daktaro disertacija, 2011, Šiauliai:ŠU.
27. White Paper on Education and Training. Teaching and Learning. Towards the Learning Society. (Baltoji knyga), 1995

FOREIGN LANGUAGE COMPETENCE AS A PART OF EDUCATIONAL COMPETENCE FOR HIGHER EDUCATION LECTURER (CASE STUDY)

Summary

The quality of studies in the institution of higher education depends on the educational competence of a higher education institution teacher. The competence of foreign language is a constituent part of the higher education teacher's educational competence. Since the English language, as a *lingua franca*, (in addition to other foreign languages), is more and more frequently becoming the main language of instruction in a modern European university, the development of the higher education institution teacher's foreign language competence has become highly relevant in the discourse of international communication. The article aims at analyzing and answering the question how a high school teacher's foreign language competence satisfies the requirements provided in the European, Lithuanian and Kaunas Technology University (*further: University*) language and study policy documents. The object of the research is University teachers' foreign language competence and its compliance with the requirements for a modern teacher at a modern higher education institution. The aim of the research is to explore the University teachers' foreign language competence levels and needs, the opportunities for their improvement and its dynamics. The objectives of the research are to analyze the University teachers' foreign language competence levels and foreign language needs based on the written survey data analysis, and to provide the recommendations for the higher education institution teachers' foreign language competence development. The research methods employed are the review of the literature on the importance of foreign language competence in the study process at a modern European higher education institution, and descriptive and statistical analysis of the written survey of the University teachers' foreign language competence results. The survey was carried out in 2015 when 33 teachers who teach in the science faculties were surveyed, and in 2017 when 60 teachers who teach in a wider range of

faculty study programs. The conclusions are drawn and the recommendations are provided on the basis of the comparative analysis of the surveys carried out to obtain the data for the higher education institution teacher's foreign language competence development.

Key words: relevance of foreign language competence, common foreign language, specialty language, proficiency of the foreign language lecturer, lecturer's educational competence

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Zita Zajankauskaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas, Šiuolaikinių kalbų ir tarpkultūrinės komunikacijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Užsienio kalbų mokymo metodika, specialybės kalba, IT panaudojimas kalbų mokyme.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 8618 06576, zitazajan@hotmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Virginija Tuomaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Socialinių, humanitarinių mokslų ir menų fakultetas, Šiuolaikinių kalbų ir tarpkultūrinės komunikacijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: užsienio kalbų mokymo/si metodika, profesinės ir akademinės užsienio kalbos mokymo metodika, IT panaudojimas užsienio kalbų mokyme

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 81481, tuvi63@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Mockienė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: 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: +370 682 27397, juratemo@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Zita Zajankauskaitė

Science degree and name: Master Degree

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Social Sciences, Arts and Humanities, Department of Modern Languages and Intercultural Communication, Lecturer

Author's research interests: Foreign language teaching methodology, ESP, application of electronic tools in language teaching.

Telephone and e-mail address: +370 8618 06576, zitazajan@hotmail.com

Author name, surname: Virginija Tuomaitė

Science degree and name: Master Degree

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Social Sciences, Arts and Humanities, Department of Modern Languages and Intercultural Communication, Lecturer

Author's research interests: Foreign language teaching methodology, ESP, EAP, ICT employment in foreign language teaching

Telephone and e-mail address: +370 684 81481, tuvi63@gmail.com

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: +370 682 27397, juratemo@gmail.com

PRANEŠIMŲ TEZĖS

PAŽANGIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS LAIVŲ VIDAUS DEGIMO VARIKLIUOSE

Eugenijus Žagaras

Lietuvos aukštoji jūrėivystės mokykla

Paskutiniuosius 15 – 20 metų laivų variklių konstrukcijoje įvyko radikalių permainų, kurioms įtaką padarė šios priežastys:

1. Variklių galios didinimas.
2. Variklių ekonomiško didinimas.
3. Patikimumo ir motoresurso didinimas.
4. Emisijos mažinimas.

Jei 1970 – 1990 metais variklio galios didinimas paprastai buvo gaunamas didinant variklio parametrus (cilindro skersmuo siekė iki 106 cm.), tai šiuolaikiniuose varikliuose matome priešingą tendenciją – parametrai mažinami, o galingumas didinamas didinant oro pripūtimą. Didinant oro pripūtimą didėja ciklo maksimalus slėgis, didėja mechaninės apkrovos. Siekiant išvengti neigiamų pasekmių gamintojai kardinaliai pakeitė ciklo parametrus. Tokiuose varikliuose suspaudimo slėgis nuo maksimalaus degimo slėgio skiriasi nuo 5 % iki 10 %.

- Tai pasiekama šiomis priemonėmis:
1. Keičiant kuro įpurškimo dėsnį (įpurškimo laikas ir kiekis).
 2. Gerinant įpurškimo kokybę (įpurškimo slėgis padidintas iki 1500 – 2000 bar.) (Возницкий, Пунда, 2010: 206 – 207).

Tyrimo objektas – naujos kartos dvitaktis, mažų apsučių laivų vidaus degimo variklis WARTSILA SULZER RT – FLEX ir pažangios technologijos, įdiegtos į variklį.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti dvitaktio laivų variklio WARTSILA SULZER RT – Flex parametrus ir įdiegtas į variklį pažangias technologijas, įvertinant jų poveikį variklio parametrų ir atitikimą aplinkosaugos reikalavimams.

Jau prieš 20 metų buvo pradėtas WARTSILA SULZER RT – Flex variklio kūrimas. Šiuo metu šios serijos varikliai yra vieni iš pačių galingiausių laivų vidaus degimo variklių.

1 lentelė

Variklio WARTSILA SULZER RT-Flex modeliai

Variklio modelis	D, mm	S, mm	N, min ⁻¹	C _m , m/s	P _e , bar	N _e , kW
RT-flex48T (5-8 cil)	480	2000	102-127	8,5	19	5100-11640
RT-flex50 (5-8 cil)	500	2050	95-124	8,5	21	5100-13960
RT-flex58T (5-8 cil)	580	2416	90-105	8,5	21	7900-18800
RT-flex60C (5-9 cil)	600	2250	91-114	8,6	20	8450-21780
RT-flex68 (5-8 cil)	680	2720	76-95	8,6	20	10950-25040
RT-flex82C (6-12 cil)	820	2646	87-102	9	20	21720-54240
RT-flex82T (6-9 cil)	820	3375	68-80	9	20	21720-40680
RT-flex84T (5-9 cil)	840	3150	61-76	8	19	14700-37800
RT-flex96C (6-14 cil)	960	2500	92-102	8,5	18,6	24000-80080

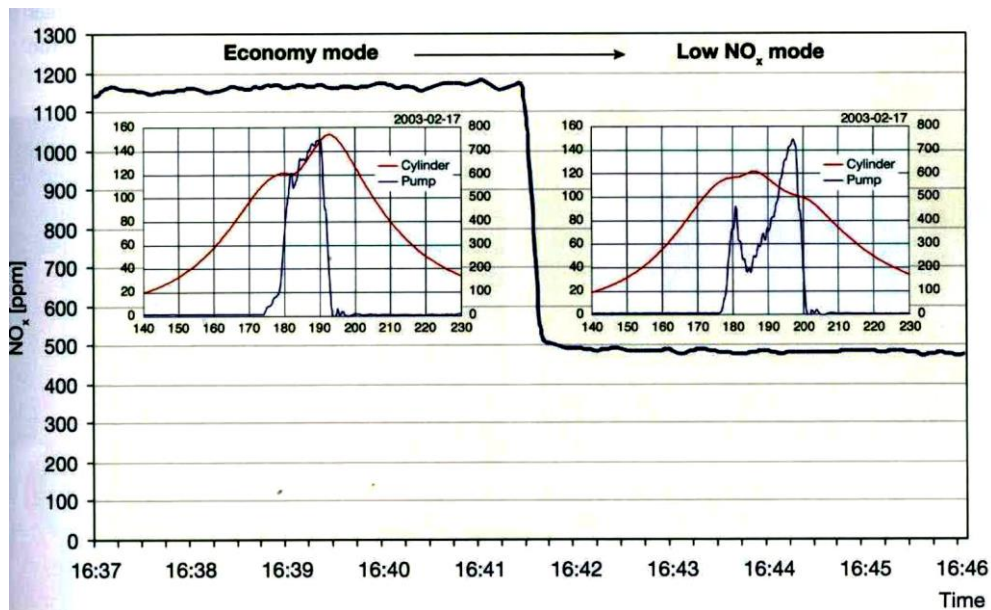
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Variklyje Wartsila Sulzer RT – Flex įdiegtos šios pažangios technologijos: Atsisakyta tradicinio paskirstymo veleno:

1. Atsisakyta tradicinių aukšto slėgio kuro siurblių;
2. Išmetimo vožtuvų valdymas nuo akumuliatorinės hidraulinės sistemos. Vožtuvo atidarymo ir uždarymo laiką galima keisti priklausomai nuo variklio apkrovos.
3. Sumontuota „Common rail“ kuro sistema, arba ją dar galime pavadinti „Akumuliatorine kuro sistema“ (Возницкий, Пунда, 2010: 201 – 205; 234 – 236).

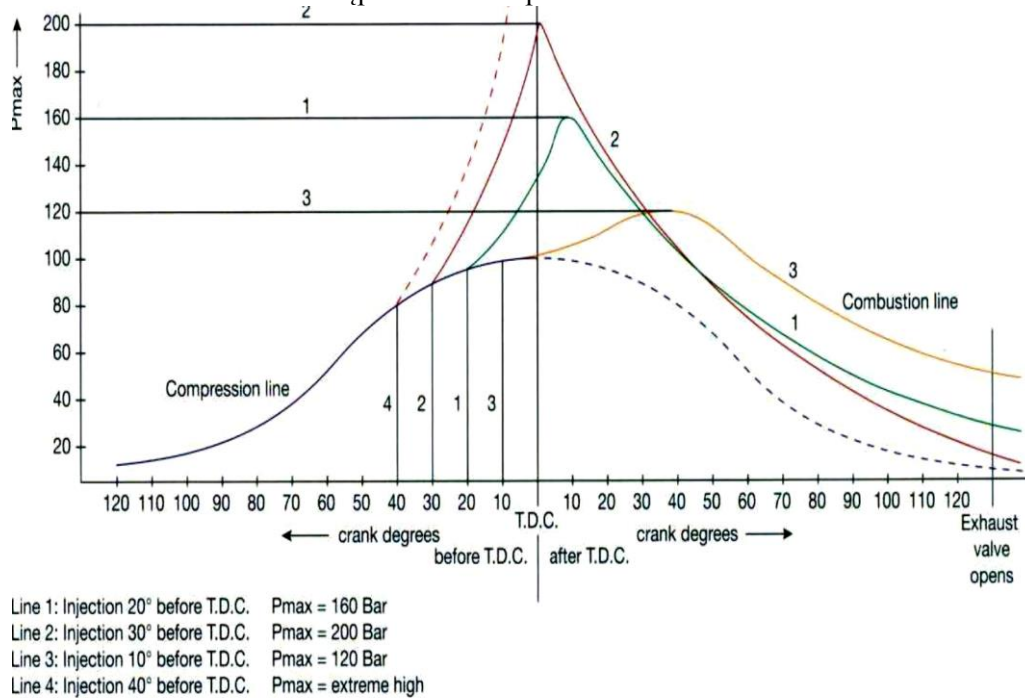
Nuolat griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai įpareigoja variklių gamintojus pašalinti variklių dūmingumą ir sumažinti NO_x kiekį išmetamosiose dujose. Tai privertė sumažinti maksimalią degimo temperatūrą šiomis priemonėmis:

1. Ciklinis kuro įpurškimas vykdomas per kelis kartus (mažinamas kuro kiekis įpurškimo pradžioje, dalis kuro įpurškiama plėtimosi linijoje). Sumažėjus maksimaliam degimo slėgiui ir temperatūrai, sumažėja ir emisija. Tačiau sumažėja ir variklio ekonomiškas.



1 pav. Maksimalaus degimo slėgio ir emisijos priklausomybė nuo įpurškimo dėsnio
Šaltinis: (Kuiken, 2008:173)

2. Mažinamas išankstinis kuro įpurškimo kampas.



2 pav. Maksimalaus degimo slėgio priklausomybė nuo išankstinio kuro įpurškimo kampo
Šaltinis: (Kuiken, 2008:170)

3. Dūmingumas dalinėse apkrovose eliminuojamas pagerinus oro tiekimą į variklį (padidintas turbokompresorių naudingo veikimo koeficientas dalinėse apkrovose, papildomų pripūtimo mechanizmų naudojimas).

WARTSILA SULZER RT – Flex variklio privalumai :

1. Tiksliai kontroliuojamas kuro įpurškimas, kas padeda išvengti vibracijos ir užtikrina tolygų variklio darbą;
2. Galimybė keisti kuro įpurškimo dėsnį ir slėgį;
3. Užtikrina tolygų darbą prie labai mažų apsukų (10 – 12 aps/min).
4. Užtikrina pilną kuro sudegimą be dūmingumo.
5. Mažos emisijos (apie 20% mažiau negu leistinos).
6. Pastovus įpurškimo slėgis prie visų greičių.
7. Paprastesnė konstrukcija (nereikia atskirų siurblių kiekvienam cilindrui).

Išvados

Kompiuteriu valdomi, be paskirstymo veleno, mažų apsukų WARTSILA SULZER RT – Flex dyzeliniai varikliai yra pažanga ir ateitis dyzelinių variklių technologijoje ir nusipelnė vietos istorijoje taip pat kaip Rudolfo Dyzelio pirmasis variklis, 1912 metų motorinis laivas „Sealandija“ ir turbo pripūtimo dvitakčiuose varikliuose įdiegimas 1954 metais. Galima būtų išskirti šias pažangias technologijas panaudotas variklio konstrukcijoje:

1. Atsisakius tradicinio paskirstymo veleno ir sumontavus akumuliatorinę kuro sistemą variklyje emisijos sumažėjo iki 20% mažiau nei leistinos.
2. Išmetimo vožtuvų valdymas nuo akumuliatorinės hidraulinės sistemos leido išmetimo vožtuvo uždarymo laiką keisti priklausomai nuo apkrovos.

Šios išvardintos pažangios technologijos užtikrina patikimą variklio darbą dalinėse apkrovose ir ypač mažais apsisukimais – 10-12 aps/min.

Literatūra

1. Kuiken, K. (2008). *Diesel Engines*. Netherlands.
2. Возницкий И.В., Пунда А.С. (2010). *Судовые двигатели внутреннего сгорания*. Санкт Петербург: «МОРКНИГА».

MECHATRONIKOS DALYKO PRAKTINIŲ IR LABORATORINIŲ DARBŲ GALIMYBIŲ APŽVALGA KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOJE

Valdas Paulauskas
Kauno technikos kolegija

Šiandiena: Greitai tobulėjančios technologijos daro didžiulę įtaką gamybinei aplinkai, todėl naujų technologijų diegimas mokymo aplinkoje tampa būtinybe. Kauno technikos kolegijoje nuolat atnaujinamos studijų programos, plečiamos mokomųjų laboratorijų galimybės, vyksta kolegijos laboratorijų atnaujinimas. Šioje apžvalgoje pateikiama mechatronikos dalyko praktinių ir laboratorinių darbų galimybės Kauno technikos kolegijoje.

Mechatronika – samprata

Mechatronika: mokslo ir technikos šaka, apjungianti elektrotechnikos, mechanines sistemas ir kompiuteriją.

Mechatronikos vystymąsi skatina sudėtingų inžinerinių sistemų poreikis.

Mechatronika yra technikos ir mokslo sritis, tirianti naujos kartos elektros ir mechanikos sistemų sandarą, sudarymo principus.

Mechatroninėse sistemose naudojamos elektroninės sistemos su naujos kartos elektronika – mikrokontroleriais (PLC), kompiuteriais arba kitais panašiais įrenginiais.

Mechatroniniai moduliai - tai sudėtinės mechatroninės sistemos. Tokie moduliai gali turėti viename korpuse keletą dalių: pavyzdžiui, variklius, reduktorius, jutiklius, pneumatikos, hidraulikos elementus.

Kauno technikos kolegijoje Multidisciplininio praktinio mokymo centre įkurtoje laboratorijoje yra pneumatikos, hidraulikos pavarų valdymo (AC, DC), robotikos MPS stendai, sistemų projektavimo programos, kurių pagalba studentai supažindinami ir mokomi mechatroninių sistemų valdymo pagrindų, gali atlikti praktinius darbus.

Mechatronikos studijų dalyko - tikslas, tematika

Tikslas: Suteikti žinių apie mechatroninių sistemų sandarą, paskirtį, veikimo principus bei naudojamą įrangą, išmokyti atpažinti mechatronines sistemas automatinio valdymo ir reguliavimo sistemose, išmokyti pasirinkti ir pritaikyti šias sistemas praktikoje, savarankiškai pasirinkti valdymo sistemą ir pritaikyti jas valdymo uždaviniams atlikti.

Tematika: Mechatroninių sistemų sąvokos, paskirtis, struktūra, elementų simboliai ir sutartiniai žymėjimai, reguliavimo ir valdymo dėsnių taikymas pneumatikos ir hidraulikos įrenginiuose, mechatronikos atskirų sistemų identifikavimas, valdymo (PLV), vykdymo, informacijos surinkimo ir apdorojimo įrenginių parinkimas, pagal mechatroninių sistemų kūrimo principus, projektavimas ir standartinių valdymo schemų sudarymas jų išbandymas. Sudarytų sistemų galimų gedimų paiešką, gedimų priežasčių analizę.

Pagrindiniai mechatroninių sistemų elementai: šiuolaikinės elektros pavaros, pneumatinės pavaros, hidraulinės pavaros, automatiškai valdantys ar operatoriaus valdomi kompiuteriai, valdymo mikroprocesoriai, jutikliai, keitikliai, servo mechanizmai. Toliau apžvelgsime įrangą, kuri yra naudojama KTK laboratorijoje; Valdikliai, MPS stotys; Hidraulikos, pneumatikos stendai; Robotas (MELFA RV2SDB MITSUBISHI)

Laboratorijos įranga:

CROUZET Millenium-3 CD 20:

Valdiklis pasižymi 120 eilučių LADDER kalbos ir 350 FBD blokų atmintimi, turi LCD ekraną su valdikliu, todėl lengva stebėti vykstančius procesus ir jų parametrus.

Millenium 3 loginio valdiklio CD 20 techninės charakteristikos:

Įėjimai - 6 skaitmeniniai, 6 analoginiai;

Išėjimai - 8 reliniai;

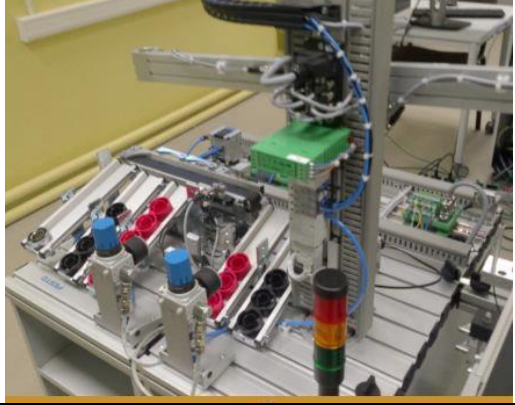
Atmintis – EEPROM;

Maitinimas - 24 V DC

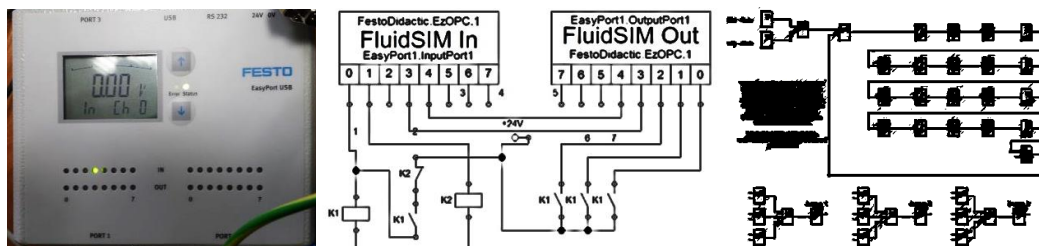


1 pav. CROUZET Millenium-3 CD 20 loginis valdiklis

Šaltinis: (<http://automation.crouzet.com/products/millenium-3-logic-controller/millenium-3-essential/>)

CoDeSys Festo programavimo paketas 12 skaitmeniniai įėjimai 8 skaitmeniniai išėjimai 2 Fast skaitikliai iki 250 kHz Sąsajos USB1.1, CANopen Master, Ethernet 10/100 MBps ir pasirinktinai IO-Link, RS232, RS485/422	
	2 pav. Kompaktiškas FESTO valdiklis su 400 MHz procesoriumi Šaltinis: (https://www.festo.com/cat/Lt_Lt/products_CECC)
Valdiklių panaudojimas CROUZET Millenium-3 CD 20 Naudojamas valdymo uždaviniams spręsti, laboratorijoje esančių stendų valdymo programų kūrimui ir praktiniam išbandymui ir kaip alternatyva MPS stočių valdymui. Kompaktiškas FESTO valdiklis. Šis valdiklis skirtas MPS stočių valdymui CodeSYS programos paketu. Valdikliai gali būti prijungti, prie bet kurio MPS stendo 3 vnt., ar technologinio proceso imitavimo maketo. Jų yra 12 vnt.	
	3 pav. Kompaktiška FESTO darbinė stotis (rūšiavimas, perkėlimas) Šaltinis: (https://www.festo.com/cat/Lt_Lt/products)

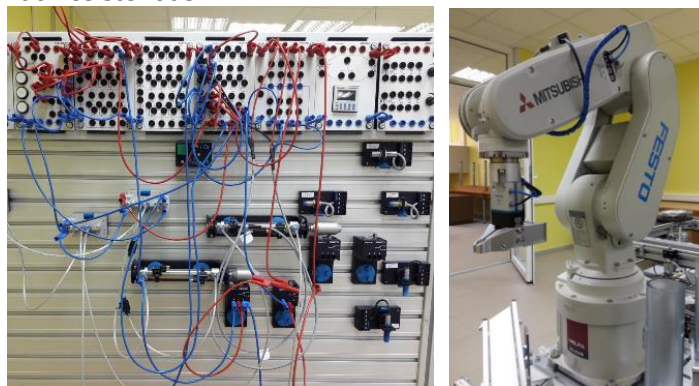
EasyPort USB priedelis



4 pav. EasyPort USB, prijungimas ir programavimas
Šaltinis: (<https://www.festo.com>)

Konvertuoja skaitmeninius įėjimų ir išėjimų formuojamus signalus iš ir į kompiuterį. Tai atliekama per nuosekliąją RS232 sąsają. Sujungimas su PLV (ar kita automatine įranga, pvz., MPS – moduline gamybos sistema) atliekamas daugiagysliu kabeliu. Taip pat ši sąsaja naudojama ir galingesnių – FluidSIM, PLCSIM bei COSIVIS programinių paketų aplinkos modelių bei realios automatinės įrangos valdymui.

Laboratorinis pneumatikos stendas



5 pav. FESTO pneumatikos laboratorinis stendas, Robotas MELFA RV-2SDB MITSUBISHI
Šaltinis: (<https://www.festo.com>)

Stendai skirti pneumatikos ir elektros pneumatikos įrenginių tyrinėjimui, valdymo grandinių sudarymui ir išbandymui.

Stendas turi galimybę prijungti valdiklį į elektros pneumatikos valdymo grandinę ir atlikti valdiklio panaudojimo galimybių tyrinėjimus pneumatikai valdyti.

Šis **robotas** (manipulatorius) yra šiuolaikinis MITSUBISHI gamintojų įrenginys, skirtas nedidelių gabaritų ir svorio gaminių perkėlimo, rūšiavimo, pozicionavimo, surinkimo darbams atlikti.

Robotas yra pritaikytas FESTO lanksčios automatizuotos gamybos linijos sistemai.

Veikia su CIROS Automation Suite programos paketu.

Esant galimybei roboto griebtuvas lengvai keičiamas.

Išvados

1. KTK vykdomų studijų programų absolventai, gali gilinti įgytas medžiagų apdirbimo, elektros ir elektronikos sistemų, automobilių elektronikos ir mechanikos inžinerijos žinias, pasirinkdami Mechatronikos dalyką.

2. Rengiant medžiagų apdirbimo inžinerijos specialistus, yra galimybė naudotis tekinimo ir frezavimo programinio valdymo staklėmis. MITSUBISHI Robotas gali būti naudojamas jungtiniams baigiamųjų darbų projektams, elektronikos technikos programos studentai rengia elektrinę ir programinę roboto valdymo dalį, medžiagų apdirbimo inžinerijos studentai projektuoja mechaninį roboto griebtuvą, jį pagamina kolegijoje esančiomis priemonėmis.

3. Kolegija turi pakankamai įrangos, todėl yra galimi papildomi mokymai gamybos ir valdymo sistemų diegimo įmonių darbuotojams, pneumatikos ir hidraulikos sistemų, valdiklių pasirinkimo, montavimo, programavimo srityje.

4. Mokymo procese naudojama įranga, skirta praktiniams ir laboratoriniams darbams atlikti yra labai brangi, todėl jos įsigijimo bei atnaujinimo tempai ne visada yra pakankami. Ši problema iš dalies sprendžiama plečiant bendradarbiavimą su įmonėmis, kitomis laboratorijomis.

Literatūra

3. <http://automation.crouzet.com/products/millennium-3-logic-controller/millennium-3-essential>
4. https://www.festo.com/cat/lt_lt/products_CECC
5. Šneiderienė, Valda ir kt. Mechatronika: Modulinės gamybos sistemos, UAB Festo. KTU. 2003.

ISSN 2029-9303

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2017 Nr. 1

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**

Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Techninis redaktorius **Mantvydas Mieliauskas**

Tiražas 70 egz. 220 psl. Parengimo spaudai data 2017 – 11 - 22

Išleido Kauno technikos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.ktk.lt

El.p. ktk@ktk.lt

Spausdino KTU spaustuvė/leidykla „Technologija“, Studentų g. 54, LT-51424 Kaunas

<http://ktu.edu/lt/leidykla>

El.p. leidykla@ktu.lt