

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. Kęstytis 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+edukacinos+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.

© Kauno technikos kolegija, 2017
ISSN 2029-9303

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiamiems skaitytojams pristatome mokslinio žurnalo „Inžinerinės ir edukacinės technologijos“ dešimtąjį numerį, kuriame iš viso publikuojama devyniolika mokslinių straipsnių.

Straipsnius atliktų tyrimu pagrindu parengė Lietuvos ir užsienio kolegijų bei universitetų mokslininkai, tyrėjai ar jų grupės. Sausumos transporto tematinėje kryptyje straipsnių autoriai teoriniame ir praktiniame lygmenyje analizuoja hibridinių automobilių populiarinimo galimybes bei atlieka tokių automobilių energijos suvartojimo vertinimą, modeliuoja elektromobilių pakrovimo tinklo infrastruktūros plėtros perspektyvas Lietuvoje. Kita, ne mažiau aktuali tyrimų kryptis – tai vandens transportas. Lietuvos aukštosios jūreivystės mokyklos tyrėjų grupės pateikia laivo balastinio vandens valymo įrangos parinkimo tyrimų rezultatus, lygina technologinės veiklos koncepcijas krovinių ekspedijavimo srityje. Kauno technikos kolegijos ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto mokslininkų ir tyrėjų grupės analizuoja priešgaisrinės saugos praktinio mokymo aspektus bei pateikiama inovatyvią idėją kaip panaudoti vandentiekio tinklą automatinio gaisro požeminiuose statiniuose gesinimo funkcijai atlikti.

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

Dėkojame straipsnių autoriams už parengtas publikacijas ir tikimės sėkmingo bendradarbiavimo ateityje.

Skaitytojams linkime malonaus ir naudingo skaitymo, kuris inspiruotų motyvaciją savo įžvalgas, atliktus tyrimus publikuoti mūsų žurnalo kitame numeryje.

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

Su pagarba,

Vyriausioji redaktorė



socialinių mokslų dr. Marija Jotautienė

TURINYS

INTEGRATED TECHNICAL AND NON-TECHNICAL SKILL ACQUISITION MODEL: SOME ASPECTS OF TRAINING OF NON-TECHNICAL SKILLS	7
Arnis Bankovičs Latvian Maritime Academy	
TECHNOLOGINĖS VEIKLOS KONCEPCIJOS PALYGINIMAS: KROVINIŲ EKSPEDIJAVIMO ĮMONIŲ JŪRŲ TRANSPORTO SRITYJE ATVEJIS	15
Indrė Bočkutė, Alina Danylivaitė Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
FOTOGRAMETRINIAI REIKALAVIMAI, KELIAMI AEROKARTOGRAFAVIMUI: UAV-FOTOGRAMETRIJA	21
Birutė Ruzgienė ¹ , Lina Kuklienė ¹ , Dainora Jankauskienė ^{1,2} , Indrius Kuklys ¹ , Rasida Vrubliauskienė ¹ ¹ Klaipėdos valstybinė kolegija, ² Kauno technologijos universitetas	
LAIVO BALASTINIO VANDENS VALYMO ĮRANGOS PARINKIMO ANALIZĖ	29
Diana Šateikienė Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
PRIEŠGAISRINĖS SAUGOS PRAKTINIO MOKYMO TYRIMAS	35
Aušra Stankiuvienė, Jurgita Šakėnaitė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
SPYRUOKLINĖ GAISRO GESINIMO SISTEMA	40
Vytenis Naginevičius, Esmeralda Štys, Arvydas Petras Bilius, Valdas Speičys Kauno technikos kolegija	
JUDUMO SKATINIMO PRIEMONĖS MIESTE, GEROJI PASAULIO PATIRTIS	45
Adomas Kriukovas, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas	
TRANSPORTO TINKLO PROBLEMOS ĮTAKOJANČIOS LIETUVOS VERSLO ĮMONIŲ TIEKIMO GRANDINĖS	52
Aidas Vasilis Vasiliauskas, Donatas Janavičius, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas	
VŠĮ „VGMPS“ TRANSPORTO PARKO ATNAUJINIMO GALIMYBIŲ VERTINIMAS	59
Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas	
TRANSPORTO POLITIKOS REALIZAVIMO NAUDOJANT HIBRIDINIŲ AUTOMOBILIŲ POPULIARINIMĄ: TEORINĖS GAIRĖS	64
Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas	
HIBRIDINIO AUTOMOBILIO EFEKTYVAUS ENERGIJOS SUVARTOJIMO TEORINIS VERTINIMAS	69
Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas	
ELEKTROMOBILIŲ PAKROVIMO TINKLO INFRASTRUKTŪROS PLĖTROS PERSPEKTYVOS LIETUVOJE	75
Aleksandr Šabanovič, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas	

CHIMOTOLOGINIAI TRANSPORTO PRIEMONIŲ VARIKLIŲ ALYVŲ TYRIMAI	81
Jonas Matijošius, Audrius Čereška Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
RVS ALYVŲ PRIEDŲ ĮTAKA BENZININIO VARIKLIO GALIAI IR SUKIMO MOMENTUI	90
Gintaras Valeika, Jonas Matijošius Vilniaus Technologijų ir Dizaino kolegija, Technikos fakultetas	
SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIO ENERGETINIŲ RODIKLIŲ VERTINIMAS DYZELINĄ PAKEITUS GYVŪNINĖS KILMĖS DEGALAIS	94
Alfredas Rimkus ^{1,2} , Tadas Vipartas ¹ , Saulius Stravinskas ¹ , Donatas Kriaučiūnas ^{1,2} , Mindaugas Melaika ^{1,2} ¹ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ² Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
HHO (H ₂ /O ₂) DUJŲ PANAUDOJIMO VIDAUS DEGIMO VARIKLYJE EFEKTYVUMO VERTINIMAS	101
Alfredas Rimkus Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
MOTOCIKLO STABDŽIŲ ANTIBLOKAVIMO SISTEMOS (ABS) SLĖGIO TYRIMAS	108
Rasa Žygienė, Arnoldas Kumža, Rūta Jančaitė Kauno technikos kolegija	
BIODYZELINO NAUDOJIMO GALIMYBĖS IR PERSPEKTYVOS LIETUVOJE	115
Alfredas Rimkus, Kristina Čižiūnienė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
AKUSTINIO LAUKO POVEIKIO KAMPO ĮTAKOS DALELIŲ AGLOMERACIJAI TYRIMAI	120
Audrius Čereška, Irina Grinbergienė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	

INTEGRATED TECHNICAL AND NON-TECHNICAL SKILL ACQUISITION MODEL: SOME ASPECTS OF TRAINING OF NON-TECHNICAL SKILLS

Arnis Bankovičs

Latvian Maritime Academy

Annotation. The aim of this article is to develop an integrate a theory-based model technical and non-technical skill acquisition for future ship`s officers. In the article analyzed the cognitive study process, as well as the cognitive aspect during the preparation process of engineering specialists. Developed an integrated technical and non-technical skill acquisition model with the criteria and indicators for its empirical verification. An experiment was conducted and the results of the empirical study were collected, analyzed and accordingly interpreted.

It is proved that the integrated technical and non-technical skill acquisition model used in the experiment increases the level of non-technical skills mostly by trend. The study found a significant improvement of future ship`s officers self-evaluation and professional evaluation both before and after the experiments.

Key words: non-technical skills, integration, study.

Introduction

Normal operation of the vessel is ensured by an adequately trained ship`s officer - not one who is only familiar with the structure of the ship, its navigation and other knowledge of a technical kind. The ship`s officer also has to take full responsibility towards the people with whom he is associated. He must be able to work in a team environment, to critically assess any given situation, respond to it quickly and make the correct decisions in order to avoid not only the possible damage to the ship itself or any environmental pollution that may occur, but also to simultaneously address issues concerning the welfare of the crew.

Investigating the causes of incidents in high-risk sectors such as aviation, nuclear energy, the oil and gas industry as well as maritime transport, experts conclude that most of the factors causing any accidents are related to human error and there has been a likelihood of avoiding or, at least, reducing the amount of the negative consequences. The term „human error” includes management skills, lack of leadership, weak teamwork, communication interruptions, negligence, inadequate decision making, personal limitations associated with stress management (Flin, 2015). To balance both technical and non-technical skill management, it is important to achieve certain means of synergy in the acquisition process of technical and non-technical skills. The development of such skills acquisition programs has been already implemented in aviation, medical surgery, training of oil industry engineers, atomic engineering and military training. Only a few such studies have been carried out in the training of maritime specialists.

Although the global level of distinct professional skills is determined by uniform STCW standards, each educational institution organizes work differently, and thus, the study process focuses more on the achievement of specific technical skills in accordance with the requirements of STCW and the interests of future employers to employ specialists with a high level of technical knowledge and skills. The acquisition of non-technical skills is limited to the STCW convention, which results in less non-technical training courses that are much more limited in terms of study hours and can be considered more of a formality. The acquisition of non-technical skills is appealed to the individual's life experience in managing interpersonal contacts that must have accumulated in previous stages of one`s life. This creates a contradiction as the main focus in the maritime sector is on the acquisition of technical skills, but the acquisition of non-technical skills is not properly assessed.

The aim of this article is to develop an integrated technical and non-technical skill acquisition model and apbrotate it.

The methodology of the research is based on the conformity, human-pedagogy, and cultural compatibility theories (Bēkons, 1989; Kants 1934; Vigotskis, 2002; Held, Špona, 1999; et.al), procedurally-structured approach theories about a personally important activity (Špona, 2004; Garleja, 2010; et. al), theories on the whole approach to personality (Karpova, 1994; Monteņs, 1981; et. al), cognitive theories (Rozenblats, 2001; Maslo, I., 2006; Maslo, E., 2003; et. al) and attitudinal theories (Špona, 2006; Šteinberga, 2011; et.al).

The cognitive process as a process of forming self-experience

It is important to understand the concepts of cognition and self-experience from a philosophical, psychological and pedagogical point of view.

By looking at the historical review of philosophy on the existence of a human being, one can conclude that the existence of an individual and its role in the grand hierarchy of the world has always been a topic at hand. Since ancient times, sailors and other maritime travellers have faced the fact that their mere existence is determined by the superior force of nature that can in no way be bargained with, and therefore they have to

turn to God. In turn, with the development of modern science and culture, and conscious of its role in world affairs, one is convinced that the existence of the world can be influenced by an active participation in the formation of this world around us. The concept of symbol and meaning is the very foundation of modern maritime affairs, in order to understand not only practical things in the profession, but also to philosophically distance themselves and give in to analysing the real human world in which we live (Bēkons, 1989; Kants, 1934; Rubene, 2004; Vigotskis, 2002; Held, Špona, 1999; Fihte, 1991).

From the perspective of psychology, the cognitive process is directly related to the state of tension, effort, stress, risk, but the acquisition of knowledge requires strength and will to implement it and achieve success. By transforming the cognitive theories into the actual subject of the study, it should be noted that by mastering some particular skills (non-technical skills), the future ship's officers will be able to find the causes of a ship's accident, analyse and make adequate decisions, and communicate with the ship's crew successfully and within a short period of time. (Šteinberga, 2011; Vidnere, 2011; Flin, 2003; Garleja, 2010; Ļeontjevs, 1975/2005; Kupše, 2002; Neal, Griffin, Hart, 2000).

From the pedagogical point of view, cognition is the most essential part of the learning process, because it is closely related to the holistic approach on vocational education through the ability to see the actual learning objective, accumulation of experience, systematic gain of self-experience and achievement of the result (Karpova, 1994; Montēns, 1981; Heidegers, 1991). Cognition plays a decisive role in the process of developing self-knowledge, linking it with learning, in which it is important to ensure the convergence of the goals of the student and the academic staff. A successful study process is not possible without cooperation between students and academic staff (Špona, 2009).

However, cooperation is not possible without interaction, i.e., without the skills to exchange thoughts, views, expressed orally or in writing, and without the skills to express opinion and listen to the conversation. To ensure quick and proper execution of actions in real working conditions, during the study process, the skills are to be developed taking into account the self-development of student's personality, prioritizing the needs of the students. The content of the courses, as well as the methodology, makes it possible to acquire social and decision-making skills, and other non-technical skills required in the professional field (Maslo. E., 2003; Špona, 2006; Maslo, I., 2006; Šteinberga, 2011).

The explanation of non-technical skills in pedagogy requires a new approach, because it is important not only to understand the nature of these skills, but also to predict the methods for acquiring them in engineering specialties in universities. These problems are related to the integration of new knowledge and skills, innovations in the development of humanitarian cooperation pedagogy and the actualization of the approach of competences in the studies.

In the training process of future ship's officers it is important that the previously acquired experience is transferred to the new situation. Not only it gives the most sustainable outcome of learning, it also simultaneously helps acquiring the skill of self-regulating one's actions, and it creates the need to use different cognitive and social techniques in the study process. No less important is also the student's personal freedom to plan his or her time to do the study tasks, to get a positive experience in the learning process and feel the responsibility for the results of their work (Špona, 2004; Fullan, Langworthy, 2013; Bruce, Calhoun, 2002; Aleksandrou, Field, 2005). Non-technical skills are a set of cognitive and social skills, that expresses through actions and are integrated together with technical skills. Non-technical skills are expressed in routine procedures and non-standard situations (Flin, 2003). Analyses of accidents and routine work help to understand how non-technical skills affect the work environment and people (Flin, 2015).

Theory analysis leads to the conclusion that non-technical skills in engineering activities is the ability to obtain information, using personal resources, independently or working in a team, to critically assess the information, and make adequate decisions to ensure a purposeful and secure functioning and evaluation of technical processes. Non-technical skills complement technical knowledge and skills in everyday and emergency situations.

This study identifies behavioral signs of future ship's officers to identify the non-technical skills, the non-technical skills adapting the findings of studies in medicine, aviation and maritime (Flin, 2003; Lyk-Jensen, 2014; Mundt, 2014; Gregory, 2010).

Analysing and critically evaluating non-technical skills in high risk sectors, one can conclude that in the field of maritime, the professional competence of ship's officers is based on technical skills and five main non-technical skills: decision-making, ability to cooperate in a team, to assess the work process and results as a whole, team leadership and self-control skills (O'Connor, Flin, 2003; Flin, Maran, 2015; Moffat, Crichton, 2015; Hetherington, Flin, 2006; McCulloch, Mishra, 2009; Bonsall-Clarke 2012).

Based on the integration theory analysis in similar fields (Van de Poel, Royakkers, 2011; Spensers, Spensere, 2011; Ernšteins, 1999; Rüttnann, 2013) and the experience of study process content organization

in the Latvian Maritime Academy, as well as according to the requirements of the STCW conventions (IMO, 2011), an integrated technical and non-technical skill acquisition model was created (See Figure 1).

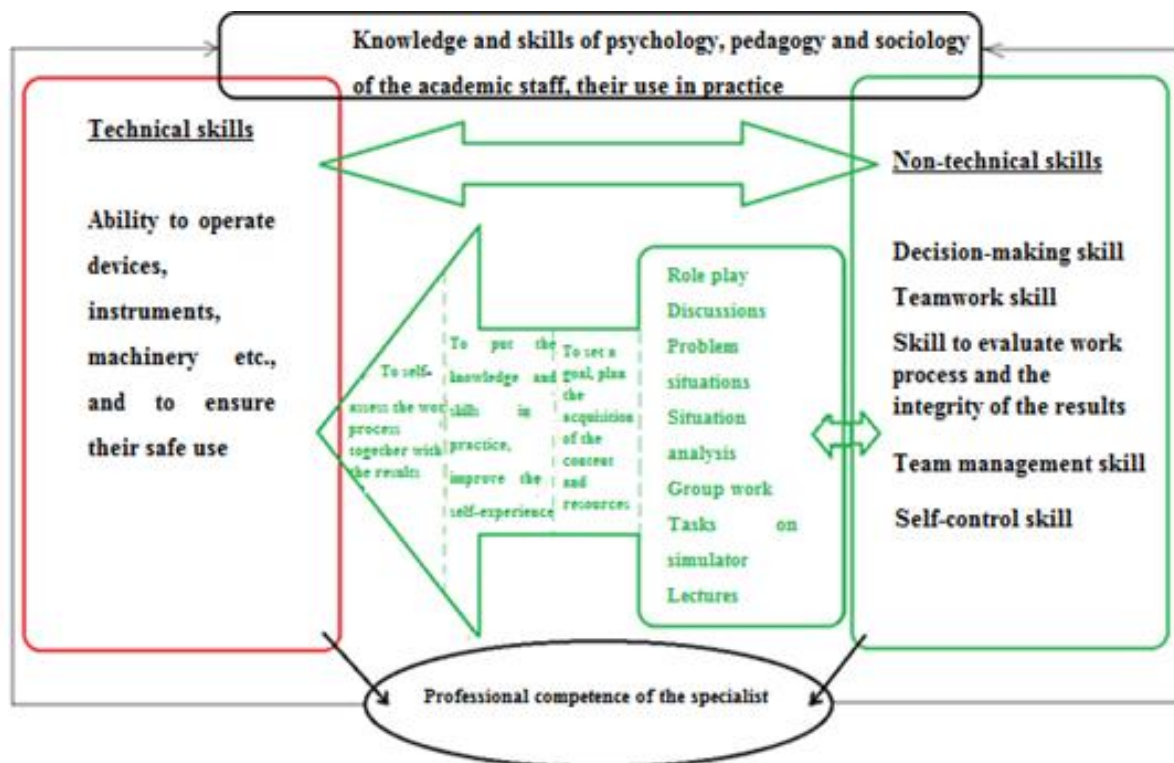


Figure 1. Integrated technical and non-technical skill acquisition model in the training of the future ship's officers

Source: compiled by author

An integrated technical and non-technical skill acquisition model in a technical university combines the essential acquisition of both skills in the cooperation of the academic personnel and the student, i.e., the close relationship between the two group of skills is emphasized in the study process - acquiring the technical skills (ability to operate various devices, tools and machinery, as well as ensuring the work safety), the importance of non-technical skills is practically demonstrated, as well as the connection with each of the technical skills. Decision-making skills, communication skills, the ability to collaborate in a team, to assess the work process and the results as a whole, team leadership skills, stress management and self-control skills are integrated through the learning process forms, such as role plays, discussions, resolving problem situations, debates, projects, field trips, practical works, lectures. The professional competences of the academic personnel, i.e., the knowledge of professional psychology, pedagogy and sociology, are applied to the learning process, setting goals, planning the acquisition of the content and using the resources. Simultaneously, the knowledge and skills are accumulated and developed in practice, which ensure the development of experience both for the academic personnel and the students.

The criteria and indicators are developed for an empirical examination of the theory-based integrated technical and non-technical skill acquisition model in the training of the future ship's officers. To identify a non-technical skill, criteria and, accordingly, good and poor performance indicators were determined for all five non-technical skills. For instance, Decision making skills: criteria – Identification of a problem (Good performance indicators - Collects information and identifies the problem, Poor performance indicators - Insufficiently collects information and cannot identify the problem); Ability to collaborate in a team: criteria - Transmission of information and communication (Good performance indicators - Uses standard terminology, uses non-verbal signals, where necessary, reports about important events to the crew, ensures a calm and collected intonation and volume of voice, according to the situation, Poor performance indicators - Uses inappropriate language in communication, uses non-verbal language where verbal is more appropriate, hides important facts, uses inappropriate intonation and volume of voice) (adapted by Flin, 2003, Mundt, 2014, and Lyk-Jensen, 2014).

Experimental test of the Integrated technical and non-technical skill acquisition model

To determine the level of non-technical skills according to the developed and provide for the expression of the non-technical skills of the participants in the experiment, a 10-minute practical task was developed for work on the ship bridge simulator NT PRO 5000, in which the participants of the experiment have to act accordingly in standard and emergency situations. The execution of the task was recorded with the audio/video recorder and the gathered information was analysed by 3 invited experts/psychologists, who distinguished every fixation time of good and poor performance indicators, assigning one point. So that in the course of the study one could observe a dynamic acquisition of the non-technical skills, the participants of the experimental group also carried out the same task in the period before the experiment.

A survey of the future ship's officers, interviews of academic staff and ship captains were conducted with the aim of identifying the attitude of the future ship's officers towards the acquisition of non-technical skills, the topic to be developed and the methods for use were determined of the necessary study course "Management of the Ship's Crew, Bridge Team and Resources".

The non-technical skill acquisition level of the future ship's officers was determined in the study process, along with comparing the non-technical skill level of the expert group and the control group including the self-evaluation. For a more thorough analysis of the study results, both the statistical (Cronbach's alpha test, skewness, axis and kurtosis indicators, T-test and Pearson test) and the qualitative analysis methods were implemented.

For the determination of the the results after the experiment, the members of the experimental group completed the same task as before and gave a self-assessment of their own non-technical skills. The performance of the relevant tasks in the audio/video recordings were analysed by 3 experts/psychologists, which, according to the developed criteria and indicators identified both the good and poor performance indicators. The results before and after the experiment are summarized in Figure 2.



Figure 2. The average results of the non-technical skill level of the experimental group before and after the experiment

Source: compiled by author

From the data in the Figure 2 one can conclude that there is an overall increase in the average good performance indicators of all the skills after the studies (37,5%), and only the good performance indicators of the self-control skills are statistically irrelevant and have deteriorated (from 3,5 to 2,4, or - 32,6%). A similar, positively evaluated situation is also seen in the poor performance indicators of all the skills, which have decreased in value by 69,7% on the average.

The self-assessments of the non-technical skills of the members of the experimental group, were determined twice with the help of a questionnaire before the study course (the experiment) and after. In the questionnaire, the members of the experimental group indicated self-assessment level of each non-technical skills on a 10-grade scale according to the criteria. The obtained data was analysed, using the T-test method. Overall, the self-assessment after the experiment has increased in all skills, except for the decision-making skill, where the self-assessment has decreased by 3,65%.

In order to assess whether the self-assessment of the students aligns with the assessment of the academic staff before and after the completion of the study course, initially, the differences in score points of the good and poor performance indicators of each skill are compared, as well as the relevant units of assessments and self-assessments.

If the ratings of the self-assessment and assessments measure up to each other, then we realize that the collaborative process between the future shipmasters and the academic staff is better in quality (more productive), from setting the goals, to the choice of means and experience exchange, until the complete acquisition of the study course, i.e., mutual trust, respect, and honesty are in the basis of a thorough cooperation.

The earlier analysed results of the approximation between the non-technical skill assessments and self-assessments of the experimental group are summarized in Table 1. When the ratings of the assessments and self-assessments align, it is marked with a "+", when the ratings are dissimilar, it is marked with a "-", but a "0" indicates that a difference between the assessments and self-assessments is not observed. The approximation of the assessments and self-assessments of the experimental group before and after the experiment are summarized in Table 1.

Table 1

Approximation of the assessments and self-assessments of the experimental group

Team Members	LPP	PSK	PVD	KVP	PP	Sum “+”	Sum “-”	Sum “0”
1	+	+	+	+	+	5	0	0
2	-	0	+	+	-	2	2	1
3	+	+	+	+	+	5	0	0
4	+	+	+	+	+	5	0	0
5	-	+	+	-	+	3	2	0
6	+	+	+	+	+	5	0	0
7	-	0	-	+	0	1	2	2
8	+	+	-	+	+	4	1	0
9	+	+	+	+	+	5	0	0
10	+	+	+	+	+	5	0	0
11	+	+	+	0	+	4	0	1
12	-	-	-	-	-	0	5	0
13	+	+	+	+	-	4	1	0
14	+	+	+	+	+	5	0	0
15	+	+	+	+	+	5	0	0
16	+	+	+	+	+	5	0	0
Sum “+”	12	13	13	13	12			
Sum “-”	4	1	3	2	3			
Sum “0”	0	2	0	1	1			

From the analysis of the obtained results, it is concluded that in the experimental group in the case of all five skills, the assessments and self-assessments have undergone a remarkable approximation. Therefore, the cooperation between the students and the academic staff has improved in the pedagogical process. In some cases, the assessments and self-assessments have distanced, which suggests that the cooperation between the student and the professor is ineffective. One of the possible causes include a lack of motivation to acquire the profession, and an indifferent attitude towards the study process. The results, regarding the ability to collaborate in a team, the ability to rate the work process and the integrity of the results, and the team management skills, show that the approximation of the assessment and self-assessment has taken place in the case of 13 out of 16 members of the experimental group, but the results of the decision-making and self-control skills show that the approximation of the assessment and self-assessment has taken place in the case of 12 out of 16 members of the experimental group. Therefore, the student-professor cooperation has improved, which is a positive result.

To compare the non-technical skill level of the experimental group after the experiment with the non-technical skill level of the control group and expert group in points, the obtained results are shown in Figure 3.

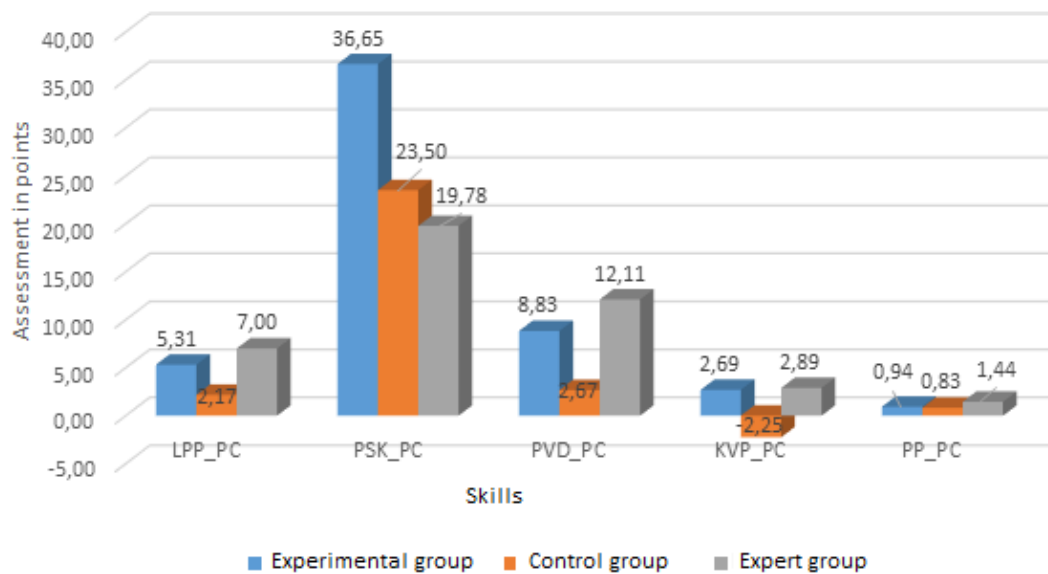


Figure 3. Non-technical skill level in points after the experiment
Source: compiled by author

From the results, it can be concluded that the non-technical skill level of the experimental group, compared to the non-technical skill level of the control group, is higher in all five skills, which show that the outcome of the experiment is positive. However, comparing the non-technical skill level of the experimental group with the non-technical skill level of the expert group, the results show that the members of the experimental group have not attained the non-technical skill level of the expert group, except for the skill to work in a team, where the level of the experimental group and the control group is higher than that of the expert group. Therefore, an integrated acquisition model for the technical and non-technical skills is effective in the training of the future ship's officers, and the non-technical skills can be acquired, gaining job experience over an extended period of time.

Conclusions

1. The developed integrated technical and non-technical skill acquisition model in the training of the future ship's officers, contribute to the acquisition of the non-technical skills, because positive changes are observed in the experiment for all the criteria used in the study.
2. While performing the practical tasks on the ship bridge simulator, the obtained data show that the high performance level of the self-control skills has diminished, which can be explained with the stress level of the students, concentration and a minimal displaying of emotions in their behaviour.
3. The development of the non-technical skills is encouraged in repeated execution of the practical tasks when integrated with the technical skills, they develop as a result of a specific activity and improve in a systematic, independent and responsible work.
4. An integrated technical and non-technical skill acquisition model development and its testing in the experimental study process, by using the direct and indirect methods of perception, ensure a thorough cooperation between the students and the academic staff, which contributes to the approximation of the assessments and self-assessments, which point to an improvement in the quality of the cooperation.

Abbreviations used in the article

KVP	team management skill
KVP_L_VID_P	average good performance rating of team management skill (three experts/psychologists) before the experiment
KVP_V_VID_P	average poor performance rating of team management skill (three experts/psychologists) before the experiment
LPP	decision-making skill
LPP_L_VID_P	average good performance rating of decision-making skill (three experts/psychologists) before the experiment
LPP_V_VID_P	average poor performance rating of decision-making skill (three experts/psychologists) before the experiment
PP	self-control skill
PP_L_VID_P	average good performance rating of self-control skill (three experts/psychologists) before the experiment
PP_V_VID_P	average poor performance rating of self-control skill (three experts/psychologists) before the experiment
PSK	teamwork skill
PSK_L_VID_P	average good performance rating of teamwork skill (three experts/psychologists) before the experiment
PSK_V_VID_P	average poor performance rating of teamwork skill (three experts/psychologists) before the experiment
PVD	skill to evaluate work process and the integrity of the results
PVD_L_VID_P	average good performance rating of the skill to evaluate work process and the integrity of the results (three experts/psychologists) before the experiment
PVD_V_VID_P	average poor performance rating of the skill to evaluate work process and the integrity of the results (three experts/psychologists) before the experiment
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping

Bibliography

1. Aleksandrou, A., Field, K. (2005). *The continuing Professional Development of Education*. London: Simposium Books.
2. Bēkons, F. (1989). *Jaunais organons*. Rīga: Zvaigzne.
3. Bonsall-Clarke, K. (2012). *Operations and Management Non-technical skills required in train driver role: Developing an integrated approach to NTS training and investment*. RSSB.
4. Ernšteins, R. (1999). *Vides zinātniskās izglītības attīstība*. Rīga: LU Ekoloģiskā centra apgāds "VIDE".
5. Fihte, J. G. (1991). *Cilvēka būtība. Par cilvēka lielumu*. Rīga.
6. Flin, R., Maran N.(2015). *Basic concepts for crew resource management and non-technical skills*. Industrial Psychology Research Centre, University of Aberdeen, King's College, Old Aberdeen; Department of Anaesthetics, Royal Infirmary of Edinburgh.
7. Flin, R, Martin, L., Goeters, K.M, Hörmann H.J, Amalberti, R., Valot, C. and Nijhuis, H. (2003). Development of the NOTECHS (non-technical skills) system for assessing pilots' CRM skills. *Human Factors and Aerospace Safety* 3(2), 95-1.
8. Fullan, M., Langworthy, M. (2013). *Towards a New End; new pedagogies for Deep Learning*. [skatīts 2015.g.20.martā.] Pieejams: <http://www.newpedagogies.org>
9. Garleja, R. (2010). *Darbs, organizācija un psiholoģija*. Rīga: RaKa.
10. Gregory, D., Shanahan, P. (2010). *The human element: Guide to human behaviour in the shipping industry*. The Stationery Office (TSO), Norfolk, UK. 120.lpp.
11. Heidegers, M. (1991). Vēstule par humānismu. *Grāmata*. Nr.10. 35.lpp.
12. Held, J., Riegel, Ch., Katunaric, V., Svob, M. (2005). *Jugendintegration Durch Partizipation?*. Argument Verlag.
13. Held, J., Špona, A. (1999). *Jugend zwischen Ausgrenzung und Integration*. Argument Verlag.
14. Hetherington, C., Flin, R., Mearns, K. (2006). Safety in shipping: The human element. *Journal of Safety Research* 37, 401–411.
15. IMO (2011). *International Convention on Standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, including 2010 Manila Amendments*. London, UK: International Maritime Organisation.

16. Kants I. (1934). *Tīrā prāta kritika*. Rīga, Avots.
17. Karpova, Ā. (1994). *Personība un individuālais stils*. Monogrāfija. Rīga: LU apgāts.
18. Kupše S., Sietniece I., Brālītis V., Dubkēvičs L. (2002). *Saskarsme*. Rīga, Jumava, 296 lpp
19. Lyk-Jensen, H.T., Spanager, L., Malene, R., Østergaard, D., Dieckmann, P. (2014). *N-ANTS Handbook*. The Danish Institute for Medical Simulation. 16.lpp.
20. Maslo, E. (2003). *Mācīšanās spēju pilnveide*. R.: RAKA.
21. Maslo, I. (2006). *No zināšanām uz kompetentu darbību*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
22. McCulloch, P., Mishra, A., Handa, A., Dale, T., (2009). *The effects of aviation-style non-technical skills training on technical performance and outcome in the operating theatre*. Qual Saf Health Care 18:109–115.
23. Moffat S., Crichton M. (2015). *Investigating Non-Technical Skills through team behavioral markers in oil and gas simulation-based exercises*. Procedia Manufacturing 3 (2015), pp. 1241 – 1247
24. Monteņs, M. (1981). *Esejas*. I d., Rīga.
25. Mundt, A., Spanager, L., Malene, R., Østergaard, D., Dieckmann, P. (2014). *SPLINTSdk User Guide*. The Danish Institute for Medical Simulation. 11.lpp.
26. Neal, A., Griffin, M.A., Hart, P.M. (2000). *The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior*. *Safety Science* 34 (2000) [skatīts 2016.g.18.maijā.] Pieejams: <http://158.132.155.107/posh97/private/behavioral-safety/organizational-climate-Neal.pdf>.
27. Rozenblats, J. (2001). Profesionālo vērtību attīstība pedagoģiskajā procesā. *Skolotājs*, Nr. 6. 33-36. Lpp.
28. Rubene, Z. (2004). *Kritiskā domāšana studiju procesā*. Rīga: LU akadēmiskais apgāds.
29. Rüütman, T., Parts, V., Teichmann, M., Kipper, H. (2013). Integration of Non-Technical Engineering Competences into Contemporary Engineering Curricula. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, April 2013, DOI: 10.3991/ijep.v3i2.2406.
30. Spensers, L., Spensere, S. (2011). *Darba kompetences. Izcila darba snieguma veidošana*. Jelgava: Eiro Personāls.
31. Špona, A. (2004). *Audzināšanas process teorijā un praksē*. Rīga: RAKA.
32. Špona, A. (2006). *Audzināšanas process teorijā un praksē*. Rīga: RAKA.
33. Špona, A., Čamane, I. (2009). *Audzināšana, pašaudzināšana*. Rīga: RAKA.
34. Šteinberga, A. (2011). *Pedagoģiskā psiholoģija augstskolā*. Rīga: RTU izdevniecība.
35. Van de Poel, I., Royakkers, L. (2011). *Ethics, Technology, and Engineering: An introduction*. West Sussex, U.K.: Wiley-Blackwell.
36. Vidnere, M. (2011). *Etnopsiholoģija*. Etniskais cilvēks un sabiedrība. Rīga: Jānis Roze.
37. Vigotskis, L. (2002). *Domāšana un runa*. Rīga: EVE.

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Arnis Bankovičs

Science degree and name: Dr.paed.

Workplace and position: Latvian Maritime Academy, Director of Maritime Transport Department

Author's research interests: Training of non-technical skills

Telephone and e-mail address: +371 671 61126, arnis.bankovics@latja.lv

TECHNOLOGINĖS VEIKLOS KONCEPCIJOS PALYGINIMAS: KROVINIŲ EKSPEDIJAVIMO ĮMONIŲ JŪRŲ TRANSPORTO SRITYJE ATVEJIS

Indrė Bočkutė, Alina Danylivaitė
Lietuvos aukštoji jūrveivystės mokykla

Anotacija. Straipsnyje analizuojama krovinių ekspedijavimo įmonių jūrų transporto srityje technologinė veiklos koncepcija. Pateikiami technologiniai krovinių ekspedijavimo įmonių jūrų transportu veiklos proceso ypatumai bei apibrėžiama technologinės veiklos koncepcijos sąvoka. Atliekamas krovinių ekspedijavimo įmonių technologinės veiklos koncepcijos ir gabenamų konteinerių kiekio rinkos palyginimas. Pateikiamos išvados ir rekomendacijos.

Reikšminiai žodžiai: krovinių ekspedijavimas, diversifikacija, laivybos linijos, tolimųjų nuotolių laivyba.

Įvadas

Klaipėdos uoste krovinių ekspedijavimo įmonių yra įregistruota 179, tačiau Lietuvos mastu tokio pobūdžio įmonių veikia net 1014. Atsižvelgiant į tai, tarp krovinių ekspedijavimo įmonių vyrauja didelė konkurencija dėl krovinių gabenimo užsakovų, todėl kiekviena krovinių ekspedijavimo įmonė turi numatyti veiklos plėtrą, kuri būtų orientuota į technologinę koncepciją. Vis daugiau įmonių, vykdančių krovinių ekspedijavimo paslaugas, diversifikuoja savo veiklą. Todėl įmonė turi ieškoti būdų, kaip geriau optimizuoti krovinių gabenimo organizavimą ir nesikoncentruoti į kurią nors vieną veiklą, o vienodą dėmesį skirti visoms veikloms.

Tyrimo objektas – krovinių ekspedijavimo įmonių, veikiančių jūrų transporto rinkoje, veikla.

Straipsnio tikslas – krovinių ekspedijavimo įmonių technologinės koncepcijos formavimo veiksniai.

Tyrimo uždaviniai:

1. Teoriniu pobūdžiu analizuoti krovinių ekspedijavimo įmonių veiklos vykdymo ypatumus jūrų transporte.

2. Įvertinti įmonių krovinių ekspedijavimo proceso įtaką technologinės koncepcijos parinkimui.

Tyrimo metodai:

Mokslinės literatūros (Vasiliauskas, 2013; Baublys, 2016; Jong, Tavasszy, 2013; Paulauskas, 2011) analizė.

Pokyčių vertinimas logografiniu metodu.

Krovinių ekspedijavimo įmonių konteinerių gabenimo rinkos palyginimas statistiniais metodais.

Krovinių ekspedijavimo įmonių technologinės veiklos koncepcijos palyginimas.

Analizės rezultatų interpretavimas ir apibendrinimas.

Straipsnio struktūra. Straipsnį sudaro 2 dalys. Pirmoje dalyje technologinis krovinių ekspedijavimo įmonių jūrų transportu veiklos procesas ir technologinė veiklos koncepcija analizuojama teoriniu pobūdžiu. Antroje dalyje lyginamos krovinių ekspedijavimo įmonių technologinės koncepcijos.

Technologinė veiklos koncepcija

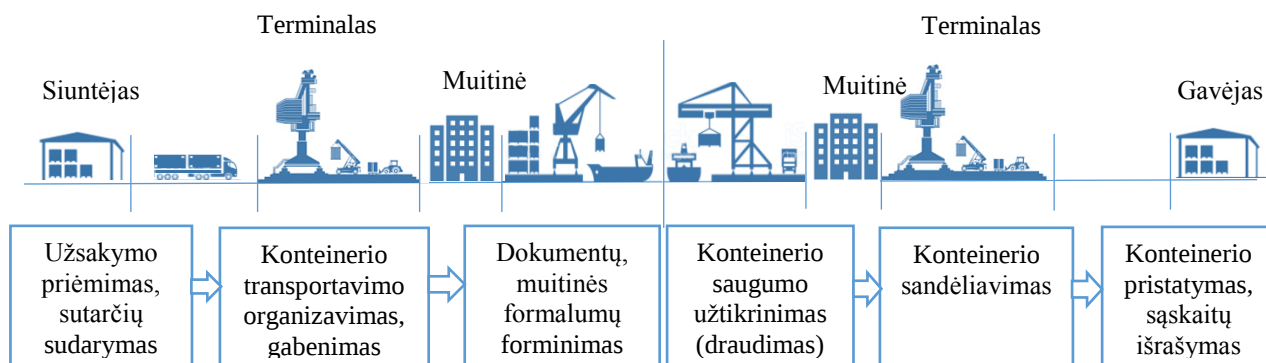
Įvairūs šaltiniai koncepciją apibrėžia akcentuodami skirtingus įmonės aspektus. Tarptautinių žodžių žodynas (2017), koncepciją pateikia dvejomis sąvokomis: koncepcija – požiūris į tam tikrą reiškinį sistemą; daikto ar proceso sampratą. Kitas šios sąvokos apibrėžimas: koncepcija tai – veiklos sumanymas, projektas ar planas. Apibendrinus šios apibrėžimus, galima teigti, jog koncepcija paaiškina produkto ar paslaugos reikšmę, apibrėžia įmonės pagrindinius tikslus ir reiškia tam tikros paslaugos paskirtį.

Technologinė įmonės veiklos koncepcija – tai bazinių kompetencijų visuma. Krovinių ekspedijavimo įmonės koncepcijos nagrinėjimo technologinį vertinimą riboja tai, kad jos vaidmenį ekonomikoje sudaro įvairių transporto paslaugų vykdymas. Technologinis krovinių ekspedijavimo įmonės vertinimas sudaro galimybę analizuoti įmonės gamybinius augimo „į plotį ir į gylį“ apribojimus, nustatyti natūralias įmonės dydžio ribas, lemti įmonės veiklos efektyvumo technologines sąlygas. Krovinių ekspedijavimo veikla gali būti specializuota ir diversifikuota. Krovinių ekspedijavimo įmonė gali specializuotis ir visą dėmesį betarpiškai koncentruoti į tiesioginę veiklą, pavyzdžiui krovinių ekspedijavimas tik autotransportu, arba vykdyti veiklos diversifikavimą ir skirti vienodą dėmesį visoms įmonės veikloms (krovinių ekspedijavimas visomis transporto rūšimis). Veiklos diversifikavimas krovinių ekspedijavimo įmonėje svarbus todėl, jog prastesnius vienus veiklų rezultatus kompensuoja kitų augimas. R. Ginevičius, V. Sūdžius (2008) veiklos diversifikavimą apibūdina kaip skirtingų įmonės paslaugų ir (ar) prekybos organizavimas įvairiose rinkose, o ne vienoje iš rinkų. Panašių produktų realizavimas skirtingose rinkose arba skirtingų paslaugų realizavimas vienoje rinkoje taip pat gali būti laikomas įmonės diversifikavimu.

Technologinis krovinių ekspedijavimo įmonių jūrų transportu veiklos procesas

Ekspeditoriaus veikla ir atsakomybė priklauso nuo krovinų ekspedijavimo sutartyje numatytų veiksmų. Jei sutartyje ekspeditorius yra neįsipareigojęs būti ir vežėju, jis neatsako už vežėjo prievolių vykdymą. Tačiau reikėtų paminėti, jog labai dažnai ekspeditorius veikia kaip vežėjas, o vežėjas – kaip ekspeditorius, tačiau teisiniu požiūriu tai du skirtingi ir savarankiški krovinio gabenimo proceso dalyviai.

Krovinių transportavimo technologija yra labai sudėtinga, nes transportuojant krovinį tarptautiniu maršrutu, gali dalyvauti iki 25 dalyvių, pradedant nuo gamyklos ar sandėlio iki pirmojo uosto, pakrovimo ir iškrovimo iš laivo, kiekvieno krovinio perdavimo kitam vežėjui bei kiekvieno sandėliavimo ir paskirstymo. Todėl yra tikslinga aptarti krovinių gabenimą įvairiomis transporto rūšimis (1 pav.).



1 pav. Krovinio gabenimo procesas

Šaltinis: De Jong, G., Tavasszy, L. (2013). *Modeling Freight Transport*. USA: Elsevier.

Konteinerio vežimo procesas susideda iš paprasčiausio krovinio pakrovimo į konteinerį, vežimo ir pristatymo krovinio gavėjui. Taip pat, kiekvienas veiksmas turi būti atliekamas tam tikra seka nevėluojat, kadangi nuo veiksmų korektiškumo priklauso įmonės darbo kokybė, klientų aptarnavimo kokybė.

Transportuojant krovinius *jūrų transportu*, naudojami įvairių dydžių konteineriniai laivai. Jūriniai laivai skirstomi į okeaninius (neapibrėžto plaukiojimo rajono), jūrinius (apibrėžto plaukiojimo rajono), kurie kursuoja tarp tos pačios jūros uostų, pakrančių laivybos, jūros-upių laivus.

Trumpųjų nuotolių laivyboje daugiausia taikomos paprastosios linijinės laivybos schemos. Trumpų nuotolių jūrinėje laivyboje naudojami specialūs, maži, tik konkrečiai laivybos linijai skirti laivai. Šiuolaikinių trumpųjų nuotolių laivybos konteinerinių laivų talpumas siekia iki 1500 – 2000 TEU arba iki 300 konteinerių (Vasiliauskas, 2013).

Transkontinentinėmis (oceaninėmis) laivybos linijomis paprastai plaukioja dideli laivai (PANAMAX bei POSTPANAMAX tipo) - šių laivų talpumas siekia 8000 TEU. Norint įvykdyti nurodytas sąlygas, geriausiai tinka kombinuotosios laivybos linijų schemos (2 pav.).



2 pav. Kombinuotosios transkontinentinės laivybos linijos ryšys su kitomis transporto rūšimis

Šaltinis: Vasiliauskas, V.A. (2013). Krovinių vežimo technologijos. Prieiga per internetą: <http://www.marko.lt/wp-content/uploads/2016/02/2013_Kroviniu_vezimo_tehnologijos-1.pdf>

Transkontinentinėje laivyboje gali būti taikomos įvairios laivybos schemos, kurių parinkimas paprastai priklauso nuo gabenamų krovinių tipų. Reikėtų paminėti, jog transkontinentinių (oceaninių) laivų veikla gali būti suderinta su trumpųjų nuotolių laivyba. Konteineriai gali būti gabenami tolimųjų nuotolių laivyba, perkraunami tarpiniuose uostuose ir gabenami į paskirties uostą trumpųjų nuotolių laivyba, pavyzdžiui, Hamburgo jūrų uostas – Klaipėdos jūrų uostas.

Analizuojant krovinių ekspedijavimo veiklos ypatumus gabenant konteinerius trumpųjų nuotolių ir okeanine laivyba, svarbu išskirti tam tikrus skirtumus tarp šių laivybos linijų. Pirmiausia, reikėtų paminėti, jog konteinerinių laivų, gabenamų trumpųjų nuotolių laivyba, reisų dažnumas yra didesnis, nei okeaninėmis linijomis gabenamų krovinių. Taip ir yra todėl, jog trumpųjų nuotolių laivyboje yra naudojamos paprastosios

linijinės laivybos schemos (plaukiojimas tarp dviejų uostų, kai tarp galutinių uostų nuotolis yra ne didesnis kaip 600 jūrmylių).

Tuo tarpu, okeaniniai konteinerių laivai paprastai vykdo tarpžemyninius reisu ir gabena didesnį kiekį konteinerių, nei trumpųjų nuotolių laivybos laivai. Okeaninėmis linijomis plaukiojantys konteineriniai laivai, plaukioja pagal sudėtingas ar kombinuotas laivybos linijas, kuriuose paprastai yra 3-4 tarpiniai uostai, todėl tokie laivai, paskirties uostą pasiekia per ilgesnį laiko tarpą.

Kitas svarbus aspektas, lyginant šias laivybos linijas, yra tai, jog dažniausiai trumpųjų nuotolių laivyba plaukioja mažos talpos konteineriniai laivai, todėl jų krovos operacijų trukmė yra mažesnė, nei kraunant ar iškraunant okeaninės laivybos linijų konteinerinius laivus, kurių talpa gali būti 5 kartus didesnė. Dėl šios priežasties, okeaninės laivybos linijos konteineriniams laivams aptarnauti reikalingi didesni konteinerių terminalo pajėgumai. Krovinių ekspedijavimo veiklos ypatumai gabenant konteinerius trumpųjų nuotolių ir okeanine laivyba pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė

Krovinių ekspedijavimo veiklos ypatumai gabenant konteinerius trumpųjų nuotolių ir okeanine laivyba

	Transkontinentinė (okeaninė laivyba)	Trumpųjų nuotolių laivyba
Technologinė veiklos koncepcija	• PANAMAX bei POSTPANAMAX tipo laivai (~8000 TEU) • Krovos įranga: 3 STS kranai • Reiso nuotolis: ~12975 jūrmylės, 54 dienos • Aptarnavimo schema suderinta su fideriniais laivais • Didelė sandėliavimo aikštelių talpa konteinerių terminale	• Konteineriniai laivai talpumui iki 1500 – 2000 TEU arba iki 300 konteinerių • Krovos įranga: 2 STS kranai • Reiso nuotolis: ~905 jūrmylės, 4 dienos

Šaltinis: Paulauskas, V. (2011). Optimalus uostas: monografija. Klaipėda : Klaipėdos universiteto leidykla.

Kaip jau buvo minėta, okeaninėmis laivybos linijomis konteineriniai laivai vykdo tarpžemyninius reisu, todėl jų reisų dažnumas yra 1-2 mėnesiai. Trumpųjų nuotolių laivybos linijos yra naudojamos iš uosto į uostą paslaugai, todėl tarp šių uostų atstumas dažniausiai įveikiamas per 1 savaitę. Operacijų trukmė priklauso nuo konteinerių kiekio, be to kai kurios laivybos kompanijos yra pasirašiusios sutartis su konteinerių terminalais, kad būtų šios laivybos linijų konteineriniams laivams nereiktų laukti eilėje prie krovos operacijų. Dėl šios priežasties sutrumpėja operacijų laikas. Okeaninės laivybos linijų laivai, dėl savo techninės specifikos (dydžio), negali patekti į mažus uostus, todėl dauguma linijų paprastai turi savo fiderines linijas – tai linijos, kurios turi nedidelius laivus ir naudoja juos pervežant konteinerius tarp uostų, kurie įsikūrę nedideliu atstumu vienas nuo kito (Baublys, 2016).

Krovinių ekspedijavimo įmonių technologinės koncepcijos palyginimas

Analizei buvo parinktos dvi skirtingos krovinių ekspedijavimo įmonės, tačiau viešinti savo pavadinimų jos nesutiko, todėl straipsnyje jos pateikiamos kaip įmonė A ir įmonė B.

Įmonė A specializuojasi krovinių gabenimu jūrų, kelių, oro ir geležinkelio transportu, aktyviai vysto dalinių krovinių gabenimą vandens, sausumos ir oro keliais, vykdo pavojingų, negabaritinių ir sunkiasvorių krovinių transportavimo projektus.

Įmonė B - viena iš didžiausių krovinių gabenimo ir ekspedijavimo bendrovių Lietuvoje. Tai viena iš logistikos lyderių Lietuvoje: krovinių ekspedijavimą vykdo jūra, autotransportu, geležinkeliu, oru ir kombinuotu transportu, pristato krovinius „nuo durų iki durų“, profesionaliai perveža pavojingus ir negabaritinius krovinius, teikia sandėliavimo ir kitas paslaugas.

Šios dvi įmonės krovinių ekspedijavimo veiklą vykdo Klaipėdos uoste ir atsižvelgiant į tai, 2-3 lentelėje pateikiama šių analizuojamų įmonių panašumai ir skirtumai.

2 lentelė

Krovinių ekspedijavimo įmonės A ir įmonės B panašumai

Sritis	Įmonė A	Įmonė B
Pagrindinė veikla	Krovinių ekspedijavimas visomis transporto rūšimis Dalinių (LCL) krovinių gabenimas Laivybos linijų agentavimas	Krovinių ekspedijavimas visomis transporto rūšimis Dalinių (LCL) krovinių gabenimas Laivybos linijų agentavimas
Verslo forma	Uždaroji akcinė bendrovė	Uždaroji akcinė bendrovė
Veiklos vykdymo vieta	Klaipėdos uostas	Klaipėdos uostas
Papildoma veikla	3PL kompleksinės paslaugos, krovinių draudimas, muitinės tarpininko paslaugos	3 PL kompleksinės paslaugos, krovinių draudimas, muitinės tarpininko paslaugos

Sritis	Įmonė A	Įmonė B
Pagrindinė veiklos geografija	Kinijos jūrų uostai	Kinijos jūrų uostai
Pagrindinės konteinerinės laivybos linijos	CMA CGM, MAERSK Line, MSC (Mediterranean Shipping Company), COSCO Shipping Lines Co., Ltd.	CMA CGM, MAERSK Line, MSC (Mediterranean Shipping Company), COSCO Shipping Lines Co., Ltd.
Pagrindiniai ekspedijuojamų konteinerių tipai	Paaukštintas 40 pėdų konteineris	Paaukštintas 40 pėdų konteineris

Šaltinis: įmonės A ir įmonės B veiklos ataskaitos

Iš pateiktos lentelės matoma, jog abi analizuojamos įmonės vykdo krovinį ekspedijavimą visomis transporto rūšimis, taip pat, vykdo dalinių (LCL) konteinerių gabenimą. LCL (angl. less container load) - tai dalinai pakrautas konteineris ir yra toks krovinys, kurio kiekio neužtenka standartiniam krovininiam konteineriui užpildyti. Šios įmonės taip pat veikia kaip laivybos linijų atstovai Lietuvoje, tačiau reikėtų paminėti, jog įmonė A agentuoja tik 1 laivybos liniją, tuo tarpu, įmonė B – 4 laivybos linijas. Prie papildomų įmonių veiklų priskiriamos šios:

- 3PL kompleksinės paslaugos – tai naudojimas išorinės logistikos įmonės paslaugomis visoms klientų krovinių paskirstymo bei pristatymo funkcijoms atlikti.
- krovinių draudimas – draudimo rūšis, kai transporto priemone vežami kroviniai apdraudžiami nuo sugadinimo, sunaikinimo ir vagystės transportavimo metu.
- muitinės tarpininko paslaugos - muitinės tarpininko atstovai, kurie pagal įmonių pateiktus komercinius prekybos dokumentus (sutartis, sąskaitas) užpildo muitinės formalumams atlikti reikalingus dokumentus ir pateikia muitinei.

Taip pat išskiriama, jog pagrindinė įmonių veiklos geografija yra Kinijos jūrų uostai, aptarnaujamos 4 pagrindinės laivybos linijos bei dažniausiai yra ekspedijuojami paaukštinti 40 pėdų konteineriai.

3 lentelė

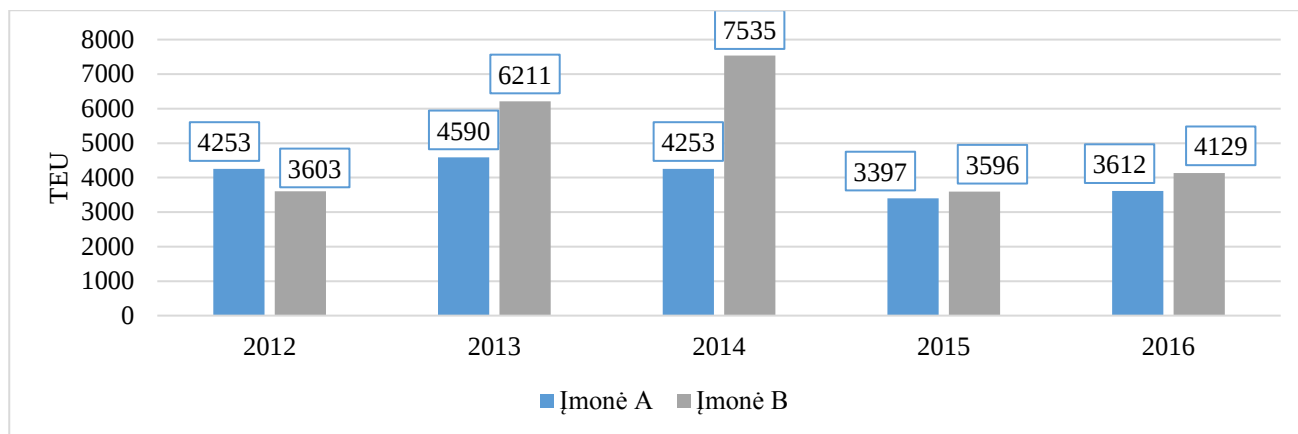
Krovinių ekspedijavimo įmonės A ir įmonės B skirtumai

Sritis	Įmonė A	Įmonė B
Nuosavybės forma	Užsienio kapitalas	Lietuviško kapitalas
Nuosavybė	Nuomoja sandėlius ir nuosavą transportą iš kitų įmonių	Turi savo laikinojo saugojimo sandėlius, nuosavą autotransportą
Krovinių gabenimo tipas	Konteineriais	Konteineriais, tentais, refrižeratoriais, negabaritiniais kroviniams skirtas transportas
Veiklos diversifikacija	Sausumos pervežimų padalinys Jūrinių/geležinkelių ir oro pervežimų padalinys Finansus ir apskaitą vykdo atskira įmonė, kuri aptarnauja visas grupės įmones	Veiklos sričių suskirstymas į departamentus ir grupes
Pagrindinė veiklos geografija jūrų transportu	Taivano, Singapūro, Japonijos, Indijos, Vietnamo jūrų uostai	JAV jūrų uostai
Papildoma veikla	-	Krovinių gabenimas nuosavu autotransportu, biomasės gamyba ir tiekimas
Pagrindinės konteinerinės laivybos linijos	Evergreen Line	YANG MING Line

Šaltinis: įmonės A ir įmonės B veiklos ataskaitos

Atsižvelgiant į krovinių ekspedijavimo įmonės A ir įmonės B skirtumus, galima teigti, jog daugiau pranašumų savo veiklos srityje turi įmonė B. Vienas didžiausių šios įmonės pranašumų yra tai, jog priešingai nei įmonė A, ji turi savo nuosavus sandėlius Klaipėdos apylinkėse, kas didina įmonės konkurencingumą krovinių ekspedijavimo rinkoje Klaipėdos uoste bei nuosavą autotransportą, kurio yra organizuojamas visų rūšių krovinių ir konteinerių gabenimas į/iš ES ir NVS šalis.

Krovinių gabenimo atžvilgiu įmonė B taip pat pranašesnė, nei konkurentė įmonė A, kadangi krovinių gabenimai yra organizuojami ne tik konteineriais, bet ir tentais, refrižeratoriais, negabaritiniais kroviniams skirtu transportu. Tačiau veiklos geografija jūrų transportu yra platesnė įmonės A, nes pagrindiniai krovinių gabenimo srautai yra ne tik iš Kinijos, tačiau ir iš Taivano ir Singapūro, Japonija, Indija, Vietnamas.



3 pav. Įmonės A ir įmonės B gabentų konteinerių kiekis 2012-2016 m.

Šaltinis: Įmonės A ir įmonės B veiklos ataskaitos

3 paveiksle pateiktas dviejų skirtingų krovinių ekspedijavimo įmonių bendras gabentų konteinerių kiekis yra išreikštas TEU (dvidešimties pėdų vieneto ekvivalentas) matavimo vienetais. Šis matavimo vienetas yra paremtas 20 pėdų ilgio konteineriu bei naudojamas laivyboje. Analizuojant įmonės A gabentų konteinerių kiekis galima teigti, kad jis sumažėjo 15 proc., lyginant 2012 m. ir 2016 m. Lyginant 2013 m. ir 2012 m. TEU kiekis didėjo apytiksliai 8 proc., tačiau 2014 m. ir 2015 m. jis mažėjo atitinkamai 7 proc. ir 20 proc., lyginant su ankstesniais metais. Taip pat, 2016 m. užfiksuotas TEU kiekio didėjimas, kurio pokytis sudarė 6 proc., lyginant su 2015 m. Šio rodiklio 2016 m. padidėjimui įtakos turėjo tai, kad įmonė A pradėjo daugiau gabenti 40 pėdų paaugštintų konteinerių.

Analizuojant įmonės B gabentų konteinerių kiekį galima teigti, kad nuo 2012 m. iki 2016 m. šis rodiklis padidėjo – apie 15 proc. Nuo 2012 m. iki 2014 m. TEU kiekis didėjo 2 kartus, tačiau nuo 2014 m. sumažėjo 52 proc.

Apibendrinant abiejų analizuojamų krovinių ekspedijavimo įmonių gabenamų konteinerių kiekį išreikštą TEU matavimo vienetais galima teigti, kad tendencijos yra labai panašios - abi įmonės priklauso nuo linijų bei jų operatorių. Taip pat, krovinių ekspedijavimo įmonėms didelę įtaką daro makroekonominiai veiksniai, tokie kaip infliacija, BVP (bendrasis vidaus produktas), prekių eksporto ir importo rodikliai, Klaipėdos uosto konteinerių krovos tendencijos. Atsižvelgiant į tai, galima daryti išvadą, kad krovinių ekspedijavimo veiklą jūrų transporte vykdančioms įmonėms yra būdingas technologinės koncepcijos diversifikavimas.

Išvados

1. Išanalizavus krovinių ekspedijavimo įmonių veiklos vykdymo ypatumus jūrų transportu, buvo nustatyta, jog transportuojant krovinius, naudojami įvairių dydžių konteineriniai laivai. Taip pat, jūrų transporto vežimai yra klasifikuojami į linijinius ir reisinius plaukiojimus. Analizuojant krovinių ekspedijavimo veiklos ypatumus gabenant konteinerius trumpųjų nuotolių ir okeanine laivyba išskiriama, jog didžiausias skirtumas tarp šių laivybos linijų yra aptarnaujamų konteinerinių laivų talpumas, krovos įranga, reiso nuotolis bei sandėliavimo aikštelių talpa.

2. Įvertinus įmonių krovinių ekspedijavimo proceso įtaką technologinės koncepcijos parinkimui, galima teigti, jog analizuojamos krovinių ekspedijavimo įmonės savo veikloje taiko įvairias technologinės veiklos koncepcijas. Atlikus įmonių veiklos palyginimą, buvo nustatyta, kad didžiausias panašumas yra tai, jog krovinių ekspedijavimo įmonės be savo pagrindinės veiklos teikia ir papildomas paslaugas, o didžiausias skirtumas tai, jog analizuojamos krovinių ekspedijavimo įmonės vykdo skirtingus veiklos diversifikavimo būdus.

Rekomendacija

Krovinių ekspedijavimo įmonės plėsdamos savo veiklą turi numatyti kompleksinę technologinę veiklos koncepciją. Kompleksinė technologinė veikla leidžia optimizuoti konteinerių gabenimo organizavimą ir didinti gabenimo užsakovų aptarnavimo galimybes.

Literatūra

1. Ginevičius, R., Sūdžius, V. (2007). *Organizacijų teorija*. Vilnius: Technika.
2. De Jong, G., Tavasszy, L. (2013). *Modeling Freight Transport*. USA: Elsevier.

3. Vasiliauskas, V. A. (2013). *Krovinių vežimo technologijos*. Prieiga per internetą: <http://www.marko.lt/wp-content/uploads/2016/02/2013_Kroviniu_vezimo_tehnologijos-1.pdf>
4. Paulauskas, V. (2011). *Optimalus uostas: monografija*. Klaipėda : Klaipėdos universiteto leidykla.
5. Baublys, A. (2016). *Krovinių vežimas*. VGTU leidykla.

THE COMPARISON OF THE TECHNOLOGICAL ACTIVITY CONCEPT: CASE OF FREIGHT FORWARDING COMPANIES IN MARINE TRANSPORT

Summary

The article analyzes the concept of technological activity of freight forwarding companies in the field of maritime transport. In this article are presented the technological processes of freight forwarding companies of maritime transport and are defined the technological conception. Also, the concept of the technological activities of freight forwarding companies and the market for the quantity of containers transported are analyzed. Conclusions and recommendations are presented.

Key words: freight forwarding, diversification, shipping lines, long distance shipping.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alina Danylivaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: bakalauro studentė

Darbo vieta ir pozicija: -

Autoriaus mokslinių interesų sritys: socialiniai mokslai

Telefono numeris ir el. pašto adresas: 8 633 00169, a.danylivaitė@lajm.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Indrė Bočkutė

Mokslo laipsnis ir vardas: bakalauro studentė

Darbo vieta ir pozicija: -

Autoriaus mokslinių interesų sritys: socialiniai mokslai

Telefono numeris ir el. pašto adresas: 8 633 91741, i.bockute@lajm.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alina Danylivaitė

Science degree and name: bachelor student

Workplace and position: -

Author's research interests: social sciences

Telephone and e-mail address: 8 633 00169, a.danylivaitė@lajm.lt

Author name, surname: Indre Bockute

Science degree and name: bachelor student

Workplace and position: -

Author's research interests: social sciences

Telephone and e-mail address: 8 633 91741, i.bockute@lajm.lt

FOTOGRAMETRINIAI REIKALAVIMAI, KELIAMI AEROKARTOGRAFAVIMUI: UAV-FOTOGRAMETRIJA

Birutė Ruzgienė¹, Lina Kuklienė¹, Dainora Jankauskienė^{1,2}, Indrius Kuklys¹, Rasida Vrubliauskienė¹

¹Klaipėdos valstybinė kolegija, ²Kauno technologijos universitetas

Anotacija. Bepiločių skraidymo aparatų (uav) su integruota fotografavimo, valdymo, gps įranga bei specializuotų skaitmeninių fotografinių vaizdų apdorojimo programinių sistemų panaudojimas vietovėms aerokartografuoti sparčiai plečiasi. Kartografinių produktų kokybė (pradinėje stadijoje) priklauso nuo tinkamai parengtos aerokartografavimo darbų techninės specifikacijos, projektų realizavimo sąlygų bei vykdomų fotogrametrinių procesų efektyvumo. Straipsnyje išanalizuoti ir pateikti pagrindiniai aerokartografavimo, taikant uav-fotogrametrija technologiją, projektiniai reikalavimai bei parametrai, kuriais remiantis gali būti rengiama aerofotogrametrinių darbų dokumentacija bei projektų realizacija. Pateikta aerokartografavimo darbų kainos nustatymo metodika bei įvertinimo pavyzdys, remiantis eksperimentinio objekto – baltijos jūros kranto ties palangos miestu aerofotogrametriniais duomenimis.

Reikšminiai žodžiai: aerokartografavimas, bepilotės skraidyklės, aerofotografavimo sistemos, fotogrametriniai reikalavimai.

Įvadas

Aerokartografavimas yra vienas iš pažangiausių metodų informacijai apie žemės paviršių bei kitus objektus gauti, naudojant fotografinius vaizdus. Fotografinių vaizdų bei kartografinių produktų kokybė priklauso nuo aerofotografavimo proceso sėkmingumo bei kvalifikuoto fotogrametrinių darbų atlikimo, t. y. tinkamo keliamų aerokartografavimui reikalavimų, tenkinančių ne tik Lietuvos poreikius, bet ir atitinkančius Europos Sąjungos nuostatas, įgyvendinimo.

Pastaruoju metu sparčiai populiarėja žemai skrendančių nedidelių lėktuvėlių – bepiločių skraidymo aparatų panaudojimas fotogrametriniams duomenims kaupti. Fotografiniai vaizdai gaunami fotografuojant vietovę skaitmenine fotokamera įmontuota bepilotėje skraidyklėje. UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) – tai efektyvi, kompiuterizuota aerofotografavimo sistema su automatizuotu duomenų apdorojimu. Fotografavimo įrangos nešiklis (platforma) dar vadinamas bepilote skraidymo priemone, bepiločiu skraidomuoju aparatu/skraidykle arba nuotolinėmis bangomis valdomu orlaiviu (*Remote Operation Aerial Vehicle* – ROAV). Skrendantis aparatas yra lengvas, todėl dažniausiai jame įmontuojamos lengvos skaitmeninės fotokameros. Ši sistema (technologija) vis dažniau keičia tradicinius geodezinių matavimų metodus, taikomus vietovėms kartografuoti. UAV technologijos taikymo fotogrametriniams duomenims gauti pagrindiniai privalumai: nedidelė (vis mažėjanti) aerokartografavimo kaina, fotografiniai vaizdai kaupiami realiuoju laiku, galimybė fotografuoti sudėtingo reljefo bei neprieinamas teritorijas, labai greitas fotografinių vaizdų apdorojimas, sukurtieji produktai atitinka keliamus tikslumo reikalavimus. UAV panaudojimo sritys vietovės objektams kartografuoti vis plečiasi – fotografuojama iš artimų nuotolių, pvz., paviršiai, uždengti medžių lapija ar siauri linijiniai objektai (kelių tinklas, jūros pakrantė), aukštesniai ar kultūrinio paveldo statiniai, kadastrinės vietovės, fiksuojama elektros tinklų padėtis ir kt. (Eisenbeiss, 2009; Haala ir kt., 2011; Ruzgienė ir kt., 2014; Neitzel, 2011).

Taikant UAV-Fotogrametrija technologiją, sudaromi tikslūs, geros kokybės skaitmeniniai ortofotografiniai žemėlapiai ir generuojami trimačiai (3D) paviršiaus modeliai. Gautieji produktai pateikiami vartotojams interaktyvių žemėlapių forma, skaitmeniniais reljefo bei trimačio paviršiaus modeliais (Rock ir kt., 2011; Manual, 2004).

Tyrimų tikslas – remiantis Lietuvos ir užsienio šalių institucijų patirtimi išanalizuoti vietovės aerofotografavimo iš žemai skrendančio bepilotės skraidymo aparato/ orlaivio ypatumus bei parametrus ir pateikti esminius fotogrametrinius reikalavimus, kuriais remiantis rengiama aerokartografavimo projektų techninė specifikacija bei vykdomi aerokartografavimo darbai, taikant UAV-Fotogrametrija technologiją.

Aerokartografavimo projektiniai reikalavimai: UAV-Fotogrametrija

Vietovės kartografavimo darbų projekto/ techninės specifikacijos rengimo pirminėje stadijoje nurodomas pagrindinis projektinių darbų tikslas ir įvardijamos jo dalys – projekto uždaviniai bei objektai. Nurodomi detalūs aerokartografuojamo objekto duomenys: teritorijos plotis, ilgis, plotas, dislokacija (pateikiama schema kartografinėje medžiagoje), reljefo ypatumai. Aerofotografavimui vykdyti Lietuvos Respublikos pasienio teritorijoje privaloma kreiptis į atitinkamas institucijas ir gauti visus reikalingus leidimus. Numatomi visų aerokartografavimo darbų atlikimo terminai.

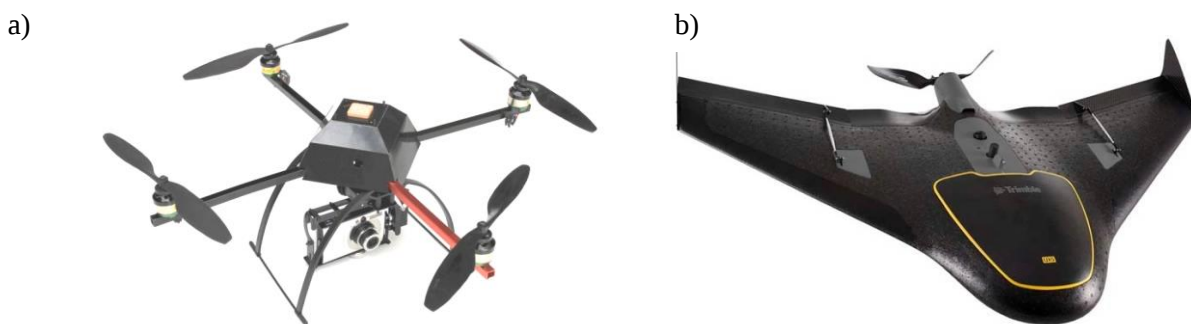
Bendrosios aerofotografavimo sąlygos. Aerofotografuojama esant geroms gamtinėms ir meteorologinėms sąlygoms: lengvas vėjuotumas (kai vėjo greitis siekia 1,6-3,3 m/s) bei minimalus debesuotumas. Aerofotografavimo kalendorinis laikas Lietuvoje nustatomas atsižvelgiant į konkrečias metų

laikų meteorologines sąlygas. Dažniausiai aerofotografuojama anksti pavasarį, kol nesulapojusti augalija, arba vėlai rudenį, kad medžių lapai nedengtų žemės paviršiaus. Objektas pajūryje aerofotografuojamas pavasarį prieš audrų sezoną (preliminariai – kovo mėn.) ir/ ar rudenį, audrų sezonui pasibaigus (pvz., lapkričio mėn.). Aerofotografavimo dienos laikas priklauso nuo bendrų Žemės paviršiaus apšvietimo sąlygų bei saulės aukščio. Geriausia fotografuoti vidurdienį, kai krintantys šešėliai yra trumpiausi.

Fotografinių vaizdų geometriniai, vaizdiniai ir informaciniai ypatumai priklauso nuo techninių aerofotografavimo priemonių (skraidymo priemonės tipo ir joje integruoto jutiklio fotografiniams vaizdams gauti – skaitmeninės fotokameros sąvybių) bei geodezinių matavimų, sudarant fotogrametrinį atramos tinklą.

Techninės priemonės. Aerofotografavimas atliekamas skaitmenine fotokamera įmontuota bepilotėje skraidymo priemonėje su automatine skrydžių valdymo ir kontrolės sistema (UAV) arba orlaivyje, kuris atitinka skrydžiams Lietuvos Respublikos teritorijoje keliamus reikalavimus (Įsakymas, 2016).

Bepilotės skraidyklės/ orlaiviai. Vietovei fotografuoti iš oro (iš nedidelio aukščio) gali būti naudojami skirtingo tipo, klasifikacijos ir kategorijos bepiločiai skraidymo aparatai ([žr. pvz., 1 pav.](#)) (Černiauskas ir kt., 2014; Trimble UX5, 2017).



1 pav. UAV: a) ketursraigis sraigasparnis su įmontuota fotokamera; b) fiksuoto sparno bepilotė skraidyklė – UX5 Trimble

Šaltinis: <http://www.at.vgtu.lt/53>

Fotografiniams vaizdams gauti bepilotis aparatas skrenda nedideliu greičiu (apie 50-60 km/val.), o skrydžio aukštis siekia nuo 30 m iki 750 m. Skraidyklės gali skristi, esant net ir 12 m/s vėjo greičiui, o leistos sudėtingomis sąlygomis ([UAV Systems-Unmanned](#); Rudinskas, 2011).

Skaitmeninės fotokameros. Vietovės fotografiniai vaizdai gaunami skaitmenine fotokamera, integruota skraidymo priemonėje. Fotografiniai duomenys kaupiami rankiniu, pusiau automatinio ar automatinio būdu.

Skaitmeninių fotokamerų pagrindinės charakteristikos: židinio nuotolis, sensoriaus (jutiklio) geometrinė ir radiometrinė skiriamoji geba, pikselio dydis; optinės sistemos ypatumai, fotografijų išsaugojimo formatai. Jutiklio vaizdo elemento (pikselio) dydis yra svarbus parametras, nusakantis jutiklio jautrumą bei optinę skiriamąją gebą. Radiometrinė skiriamoji geba rodo spektrines sąvybes – fotografinio vaizdo spalvų sodrumą (intensyvumą) ir išreiškiama pikselio bitų skaičiumi. Mažas pikselių dydis lemia jautrumą šviesai ir, esant įvairioms oro sąlygoms, daro įtaką fotografinių vaizdų kokybei. Fotokameros optinė sistema turi būti fiksuota, t.y. židinio nuotolis – nekintamas. Fiksuotos optinės sistemos objektyvas padidina fotokameros vidinės geometrijos stabilumą (Linder, 2009).

Siekiant išvengti vaizdo poslinkio (judesio) efekto, aerofotografuojant nustatoma mažesnė ekspozicijos trukmė. Esant ilgesnei ekspozicijos trukmei, objektų poslinkio fotografiniame vaizde efektą gali sukelti skraidyklės posvyris ar pokrypis dėl vėjo gūσιο, net jei skrydžio greitis yra nedidelis.

Fotokameros charakteristikų pavyzdys: profesionalios skaitmeninės fotokameros Sony NEX-5R optinė sistema fiksuota (Voigtlander objektyvas), židinio nuotolis – 15 mm, APS-C jutiklio skiriamoji geba – 16 mln. pikselių (fotografinio vaizdo kadro formatas 4912×3264), sensoriaus plotas – 365,04 mm² (23,40×15,60 mm), pikselio/ vaizdo elemento dydis – 4,8×4,8 μm, fotografinių vaizdų išsaugojimo formatai – JPG, RAW.

Rekomenduojama, kad aerofotografavimas būtų atliekamas skaitmenine fotokamera, kurios jutiklio dydis ne mažesnis kaip 12 MP, o radiometrinė skiriamoji geba – 24 bitai.

Fotogrametrinis atramos tinklas sukuriamas fotografinių vaizdų išoriniam orientavimui (susiejimui su LKS 94 koordinatų sistema) bei kitiems fotogrametriniams produktams gauti. Šiam tikslui projektuojami geodeziniai atraminiai taškai – kontūrženkliai. Kontūrženkliai vietovėje prieš aerofotografuojant ženklinami (markiruojami) dirbtiniais, vietovės fonui kontrastingais specialiais ženklais. Atlikus aerofotografavimą, šie ženklai turi būti aiškiai matomi fotografiniuose vaizduose. Ženklo matmenys gali būti 40×40 cm. Siekiant

gauti tikslesnius aerokartografavimo produktus, kontūrženkliai išdėstomi tam tikra tvarka – skrydžio maršruto pradžioje, gale ir ties viduriu bei charakteringose reljefo vietose.

Kontūrženklių koordinatės nustatomos geodeziniais metodais, matuojama elektroniniais toliamačiais, o dažniausiai – Globaline padėties nustatymo sistema (GPNS), naudojantis *LitPOS* tinklo stočių duomenimis. Kontūrženklių koordinatės GPS metodu nustatomos 5 cm tikslumu (ribinė kontūrženklių padėties nustatymo paklaida – 10 cm) (Ruzgienė, 2008).

UAV sistemoje integruota GPS įranga leidžia nustatyti kiekvieno fotografinio vaizdo projekcijos centro koordinatės skrydžio metu, tad mažiau reikia lauko geodezinių atraminių taškų. Aerofotografuojant vietovę, kai lėktuve įtaisyta GPS bei giroskopinio stabilizavimo įranga, aerofotonuotraukų padėties paklaida gaunama apie $\pm 10\text{--}15$ cm.

Atlikus aerofotografavimą, pateikiamas GPS atraminių stočių ir fotografinių vaizdų projekcijos centrų koordinatžių katalogas bei išsidėstymo schemas.

Aerofotografavimo proceso realizavimo sąlygos. Prieš aerofotografavimą nustatomas UAV skrydžio aukštis virš aerofotografuojamos vietovės ir įvertinamos fotokameros techninės charakteristikos. Vietovės aerofotografavimo/ skraidyklės skrydžio aukštis nustatomas atsižvelgiant į reikalaujamą fotografinių vaizdų skiriamąją gebą (skaitmeninio fotografinio vaizdo pikselio dydį vietovėje – *GSD* (*Ground Sample Distance*) bei fotokameros jutiklio pikselio dydį ir židinio nuotolį (Ruzgienė, Berteška ir kt. 2015; Kraus, 2007).

Fotografinių vaizdų skiriamoji geba apibūdina fotogrametrinių produktų tikslumą ir gali būti nuo 2,4 cm iki 24 cm. *GSD* apskaičiuojama pagal formulę:

$$GSD = p \frac{H}{c}, \quad (1)$$

čia p – jutiklio pikselio dydis, μm ; H – aerofotografavimo aukštis, m; c – fotokameros židinio nuotolis, mm. Pvz., jei reikalaujama fotografinių vaizdų skiriamoji geba – 2,4 cm ir fotografuojama *Sony NEX-5R* fotokamera (žr. fotokameros parametrus), tai skrydžio aukštis bus 75 m.

Prieš skrydį, įjungiamą fotokamera, ISO nustatoma automatinio režimu, fotokameros fokusavimas – fiksuotas ir ekspozicijų greitis reguliuojamas priklausomai nuo meteorologinių sąlygų, vietovės ypatumų bei pageidautinos fotografinių vaizdų sanklotos. Programinė įranga valdo ne tik sraidyklę, bet ir kontroliuoja fotokameros ekspozicijų intervalus. Fotografinių vaizdų gavimas tampa visiškai automatinis. Skrydžių planavimo programa (pvz., *Aerial Imaging*, Trimble) užtikrina optimalų skrydžių vykdymą. Patikrinus UAV parametrus, įranga paleidžiama skristi ir, pasiekus numatytą aukštį, pradedamas vietovės aerofotografavimas.

Fotografinių vaizdų sanklotos (persidengimo) dydis – svarbus parametras aukštos kokybės kartografinėi produkcijai gauti. Geriausi rezultatai gaunami, kai persidengia daugiau nei 5 fotografiniai vaizdai. Atsižvelgiant į tai, kad UAV sistema aerofotografavimo metu yra nestabili ir priklauso nuo vėjo gūsių, fotografinių vaizdų sanklota rekomenduojama 70–80 %.

Atlikus aerofotografavimą, pateikiami gautųjų fotografinių vaizdų pagrindiniai parametrai: originalusis dydis (pxl.), skiriamoji geba (dpi), pikselio (vaizdo elemento) dydis (μm), kadro formatas (cm), fotografijos dydis vietovėje (m), radiometrinė skiriamoji geba (bit), atminties talpa (Mb). Tikrinama ir įvertinama fotogrametrinė ir fotografinė vaizdų kokybė.

Fotografinių vaizdų apdorojimas ir aerokartografavimo produktai. Skaitmenine fotogrametrine programine sistema (pvz., TBC Photogrammetry Module, *Aerial Imaging*, Trimble) aerofotografijos susiejamos su *LKS 94* koordinatžių sistema (atliekamas išorinis orientavimas), transformuojamos į ortofotografinę nuotrauką ir sukuriamas vietovės erdvinis modelis (3D).

Patogesnei duomenų analizei bei vizualizacijai ortofotografinė nuotrauka gali būti skaidoma į blokus. Numatomas ortofotografinės nuotraukos generavimo žingsnis (skiriamoji geba). Kadangi UAV skrenda nedideliame aukštyje, tai rekomenduojamas ortofotografinės nuotraukos generavimo žingsnis – 10 cm vietovėje.

Aerokartografavimo produktų tikslumui įvertinti taikoma ši apibendrinta taisyklė – planimetrinių koordinatžių tikslumas turi būti du kartus didesnis už *GSD*, o altitudžių – tris kartus. Be to, Trimble korporacija deklaruoja tokius UAV-Fotogrametrija duomenų tikslumo vertinimo kriterijus: planimetrinių koordinatžių vidutinė ir maksimali paklaidos – $1,0 \times GSD$ ir $1,6 \times GSD$, o altitudžių – $1,6 \times GSD$ ir $2,5 \times GSD$. Pavyzdžiui, jei $GSD = 2,4$ cm, tai vidutinė ir maksimali paklaidos X ir Y kryptimis yra – 2,4 cm ir 3,8 cm; Z kryptimi – 3,8 cm ir 6,0 cm.

Aerokartografuotojo objekto ortofotografinė nuotrauka, kurios geometrinės ir radiometrinės savybės atitinka reikalavimus, pateikiama vartotojui reikiamu formatu (pvz., GEO TIF). Kartografiniai produktai gali būti pateikiami vartotojams interaktyvių žemėlapiu forma, skaitmeniniais reljefo modeliais bei trimačiais

paviršiaus modeliais. Sekančiame etape, gautieji kartografiniai skaitmeniniai duomenys tvarkomi ir analizuojami ArcGIS ar kita programine įranga, o reikiama medžiaga pateikiama vartotojų GIS serveryje arba kitoje www paskyroje.

Aerokartografavimo darbų efektyvumas ir įvertinimas (kaina)

Sparčiai keičiantis technologijoms fotografiniams vaizdams gauti ir apdoroti, įvertinant darbų kainą, svarbu atsižvelgti į konkretaus UAV aerokartografavimo projekto ypatumus. Bendruoju atveju, produkto kainą sudaro faktinės ir pridėtinės išlaidos. Pridėtinės išlaidos labai skiriasi priklausomai nuo administravimo bei paslaugų vykdytojų atlyginimų bei mokestinių dydžių (Konecny, 2003).

Aerokartografavimo darbų išlaidų vertinimas atliktas remiantis eksperimentinio objekto – Baltijos jūros kranto nuo Palangos miesto tilto iki Naglio kalno aerofotografavimo ir skaitmeninio modeliavimo duomenimis. Vietovė aerofotografuota skaitmenine fotokamera Sony NEX-5R, įmontuota skraidyklėje UX5, Trimble. Ruožo ilgis apie 2 km (apytikris plotas – 43 ha), fotografinio vaizdo elemento dydis vietovėje (GSD) – 3 cm, gauta apie 400 fotografijų. Programine sistema Aerial Imaging sudaryta ortofotografinė nuotrauka ir pakrantės 3D modelio fragmentas pateikta 2 pav.



2 pav. Aerokartografavimo produktai, taikant UAV-Fotogrametrija technologiją: Baltijos jūros pakrantės (ties Palangos miestu) ortofotografinė nuotrauka ir skaitmeninio 3D modelio fragmentas

Šaltinis: sudaryta autorių

Aerofotografuojamos teritorijos, kuri padengiama fotografiniais vaizdais, plotas siejamas su skrydžio aukščiu ir yra vienas iš svarbiausių UAV skrydžio trukmės ir projekto išlaidų įvertinimo veiksnių (Ruzgienė ir kt., 2015).

Fotografinio vaizdo/ kadro dydžio vietovėje, aerofotografavimo aukščio (H) ir vaizdo elemento dydžio (GSD) sąsąjį pavyzdys pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė

Fotografinio vaizdo dydis vietovėje, atsižvelgiant į GSD ir H (Sony NEX-5R, UX5 Trimble)

GSD, cm	H , m	Aerofotografijos/ dydis vietovėje, m
2.4	75,0	117,8×78,3
3.0	93,7	147,3×97,9
5.0	154,2	245,6×163,2
10.0	312,5	491,2×326,4
20.0	625,0	982,4×652,8
24.0	750,0	1178,9×783,4

Šaltinis: sudaryta autorių

Laiko sąnaudų parengiamiesiems UAV-Fotogrametrija projekto realizavimo darbams pavyzdys pateiktas 2 lentelėje, o fotografiniams vaizdams apdoroti – 3 lentelėje.

2 lentelė

Laiko sąnaudos parengiamiesiems darbams ir UAV skrydžio vykdymui

Darbo etapai	Trukmė, val.
Aerofotografuojamos vietovės rekognoskavimas/ apžiūra	1
GPS stočių projektavimas (23 stotys)	1
Punktų/ signalizuojamųjų taškų ženklavimas (6 taškai)	1,5
Atramos taškų koordinatų nustatymas	1
UAV skrydžio realizacija (2 vykdytojai), 1 ruožas	1,5
Iš viso	6,0

Šaltinis: sudaryta autorių

3 lentelė

Laiko sąnaudos fotografiniams vaizdams apdoroti: aerotrianguliacijai (AT), skaitmeninio reljefo modelio (DEM) kūrimui, skaitmeninei ortofotografini nuotraukai modeliuoti (DOM)

Procesai	Apdorojimas (400 aerofotografijų)	Trukmė, val.	
		Automatiniu būdu	Rankiniu būdu
AT	Duomenų paruošimas	-	0,5
	Ryšio taškų paieška (fotografinių vaizdų sugretinimas)	3	-
	Atraminų taškų matavimas	-	1,5
	Blokinio tinklo išlyginimas	1	-
DEM	Fotografinių vaizdų sugretinimas	2	-
	Duomenų filtravimas	0,5	-
	Pirminis apdorojimas	0,5	-
	Redagavimas	-	2
DOM	Ortofotografinės nuotraukos generavimas	1,5	-
	Spalvinis išlyginimas	1	-
	Mozaikos kūrimas	2,5	-
	Linijų redagavimas	-	3
	Iš viso	12	7

Šaltinis: sudaryta autorių

Kartografinės produkcijos automatizuotų procesų generavimo išlaidų pagrindą sudaro vieno fotografinio vaizdo kaina – 0,5 Eur ir darbo laiko sąnaudų (rankiniu būdu) vienos valandos kaina – 5 Eur. Todėl, 400 fotografinių vaizdų apdorojimo išlaidos yra 235 Eur ($400 \times 0,5 + 7 \times 5$, žr. 3 lentelę).

Visų aerokartografavimo darbų kainą sudaro išlaidos parengiamiesiems darbams (transportavimui, administravimui ir kt.), fotografinių vaizdų apdorojimui ir pridedama aerofotografavimo darbų kaina, atsižvelgiant į kartografuojamą plotą bei pikselio dydį vietovėje (GSD) (žr. 4 lentelę).

4 lentelė

Aerofotografavimo darbų kainoraštis

Plotas, ha	Aeronuotraukos (UAV) kaina, Eur		
	GSD 3 cm	GSD 5 cm	GSD 10 cm
iki 2	570	340	280
2–5	740	400	280
5–10	970	450	400
10–15	1430	510	570
15–50	2000	860	680
50–100	3400	1400	800

Šaltinis: sudaryta autorių

UAV-Fotogrametrija eksperimentinio projekto (vieno ruožo, plotas – 43 ha, GSD – 3 cm) realizavimo išlaidos – 2000 Eur (žr. 4 lentelę) ir, pridėjus fotografinių vaizdų vaizdų apdorojimo kainą, bedrosios vidutinės išlaidos yra 2235 Eur.

Be abejo, kartografavimo įmonės gali pateikti skirtingus aerofotografavimo UAV sistema ir fotogrametrinių duomenų apdorojimo išlaidų dydžius. Minėtų darbų įvertis (kaina ir laiko trukmė) dažniausiai priklauso nuo vykdytojų kvalifikacijos, patirties, užimtumo, turimos įrangos, atlygio darbuotojams dydžio bei išlaidų projekto administravimui ir kt.

Išvados

1. Išanalizuotieji fotogrametriniai reikalavimai skirti kartografiniams produktams (skaitmeniniams 3D paviršiaus modeliams bei ortofotografinėms nuotraukoms) gauti, kai vietovės aerofotografavimui naudojami neaukštai (iki 750 m) skrendančios bepilotės skraidyklės su integruota fotografavimo bei skrydžių valdymo sistema.

2. Rengiant vietovės aerokartografavimo projekto darbų specifikaciją (UAV-Fotogrametrija projekto realizacijos sąlygas) pateikiami šie pagrindiniai duomenys, reikalavimai bei projektiniai parametrai:

- aerokartografuojamojo objekto dislokacija, teritorijos dydis, reljefo ypatumai bei projekto vykdymo terminai;
- aerokartografinės medžiagos reikalaujamas tikslumas nurodytas užsakovo (pvz., 10 cm);
- fotografinio vaizdo elemento (pikselio) dydis vietovėje (GSD), atsižvelgiant į reikalaujamą kartografinių produktų tikslumą, pvz., jei tikslumas turi būti 10 cm, tai GSD – 3 cm;
- atsižvelgiant į fotokameros jutiklio pikselio dydį ir GSD, nustatomas bepiločio skraidymo aparato skrydžio aukštis nuo vidutinės vietovės projektinės plokštumos (žr. 1 formulę);
- siekiant gauti tikslesnius fotografinių vaizdų išorinio orientavimo rezultatus, prieš aerofotografavimą sudaroma fotogrametrinė atrama. Ženklinami kontūrženkliai ir jų koordinatės nustatomos geodeziniais metodais. Tuo atveju, jei nereikalaujamas susiejimo su naudojama koordinačių sistema aukštas tikslumas, tai pakanka GPNS sistema nustatytų kiekvieno fotografinio vaizdo projekcijos centrų koordinačių;
- aerofotografuojama fotokamera, kurios optinė sistema yra stabili (fiksotas židinio nuotolis ir fokusavimas nekeičiamas), jutiklio dydis ne mažesnis kaip 12 MP, radiometrinė skiriamoji geba – 24 bitai;
- aerofotografijų sanklota (persidengimas) rekomenduojama 70–80 % geresniems fotografinių vaizdų sugretinimo (automatinės taškų debesies analizės) rezultatams gauti. Esant didesnei sanklotai (pvz., 90 %) gaunamas perteklinis fotografinių vaizdų kiekis;
- nurodomi aerokartografavimo produktai ir jų pateikimo vartotojui formatai, parenkamas ortofotografinės nuotraukos generavimo žingsnis.

3. Išlaidos aerokartografiniams produktams gauti (UAV projektui realizuoti) skaičiuojamos pagal aerofotografuojamą plotą, GSD ir laiko sąnaudas fotografiniams vaizdams apdoroti.

Literatūra

1. Černiauskas, E.; Bručas, D. 2014. Daugiasraigčių sraigtaspanių naudojimo stebėjimo užduotims atlikti tyrimas. *Aviacijos technologijos* [Aviation technologies], 2(1): 53-58.
2. Eisenbeiss, H. 2009. *UAV photogrammetry*: Dissertation, Federal Institute of Technology (ETH), Institute of Geodesy and Photogrammetry, Zurich, Switzerland, Mitteilungen. 235 p.
3. Haala, N.; Cramer, M.; Weimer, F.; Trittler, M. 2011. Performance Test on UAV-Based Photogrammetric Data Collection, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 38-1/C22: 7–12. <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-7-2011>.
4. Įsakymas dėl civilinės aviacijos administracijos direktoriaus 2014 m. sausio 23 d. Įsakymo nr. 4r-17 „Dėl bepiločių orlaivių naudojimo taisyklių patvirtinimo“ pakeitimo, patvirtintas 2016 m. spalio 11 d. Nr. 4R-200, Vilnius/TAR, 2016-10-11, Nr. 25276.
5. Konecny, G. 2003. *Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic information system*. Taylor and Francis. 248 p.
6. Kraus, K. 2007. *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans*. Berlin: Walter de Gruyter. 459 p.
7. Linder, W. 2009. *Digital Photogrammetry. A practical Course*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 33- 73, 121-131 p.
8. *Manual of Photogrammetry* (Edited by J. Chris McGlone). 2004. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Maryland, USA. 959-963 p.
9. Neitzel, F.; Klonowski, J. 2011. Mobile Mapping with Low-Cost UAV System, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 38-1/C22: 1–6.

10. Rock, G.; Ries, J. B.; Udelhoven, T. 2011. Sensitivity Analysis of UAV-Photogrammetry for Creating Digital Elevation Models (DEM), *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 38-1/C22: 1–5.
11. Rudinskas, D. 2011. *Bepiločių orlaivių skrydžio parametrų matavimų duomenų perdavimo saugos metodikos sukūrimas*: Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika. 85 p.
12. Ruzgienė, B. 2008. *Fotogrametrija*. Vilnius: Technika. 93-132 p.
13. Ruzgienė, B.; Aksamitauskas, V. Č.; Daugėla, I.; Prokopimas, Š.; Puodžiukas, V.; Rekus, D. 2015. UAV photogrammetry for road surface modelling. *The Baltic journal of road and bridge engineering*. Vilnius: Technika. Vol. 10, no. 2, p. 151-158.
14. Ruzgienė, B.; Berteška, T.; Gečytė, S.; Jakubauskienė, E.; Aksamitauskas, V. Č. 2015. The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation. *Measurement*. Oxford: Elsevier Ltd. Vol. 73, p. 619-627.
15. Ruzgienė, B.; Gečytė, S.; Jakubauskienė, E. 2014. Užstatytų teritorijų kartografavimas, naudojant fotogrametrinius duomenis, gautus fotografuojant iš bepiločio skraidymo aparato. *Inžinerinės ir edukacinės technologijos* [Engineering and educational technologies]. Kauno technikos kolegija. Nr.1, p. 69-77.
16. Trimble, UX5. Available from Internet: <http://uas.trimble.com/ux5> (9 September 2017).
17. *UAV Systems–Unmanned Aerial Photography*. AUVSI. <http://www.uavsystems.com.au/> (2 September 2017).

REQUIREMENTS FOR AERIAL MAPPING: UAV-PHOTOGRAMMETRY

Summary

The use of unmanned aerial vehicles (UAV) with the integrated camera for image capture, GPNS, management equipment and software for images processing is rapidly expanding for aerial mapping. The quality of cartographic product (at the initial stage) depends on well-designed technical specifications for aerial mapping, conditions of the projects realization and efficiency of the performed photogrammetric processes. The article deals with analysis of the main requirements for aerial mapping, using the UAV-Photogrammetry technology, listing conditions and parameters, which may be used for preparing the documentation of aerial photogrammetric works project as well as for project's realization. There is developed the methodology price determination for aerial mapping works and example of efficiency evaluation, based on the aerial photogrammetric data of experimental object – the Baltic Sea coast at Palanga city.

Key words: aerial mapping, unmanned aerial vehicles, aerial photography systems, photogrammetric requirements.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Birutė Ruzgienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: skaitmeninis fotogrametrinis kartografavimas, fotografinių vaizdų interpretavimas, nuotolinių tyrimų duomenų analizė.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 35344, b.ruzgiene99@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Kuklienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: teritorijų planavimas, geoinformacinės sistemos, erdvinių duomenų rinkiniai, matavimų tikslumo įvertinimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 73076, l.kukliene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Indrius Kuklys

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: teritorijų planavimas, geoinformacinės sistemos erdvinių duomenų rinkiniai, matavimų tikslumo įvertinimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 73057, i.kuklys@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Dainora Jankauskienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros vedėja.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: matavimų tikslumo įvertinimas, teritorijų planavimas, geoinformacinės sistemos erdvinių duomenų rinkiniai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 682 43282, d.jankauskiene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rasida Vrubliauskienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: matavimų tikslumo įvertinimas, teritorijų planavimas, geoinformacinės sistemos erdvinį duomenų rinkiniai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 640 20272, rasidav@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Birutė Ruzgienė

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, associated professor.

Author's research interests: digital photogrammetric mapping, image interpretation, feature extraction from remote sensing data.

Telephone and e-mail address: +370 699 35344, b.ruzgiene99@gmail.com

Author name, surname: Lina Kuklienė.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.

Author's research interests: spatial planning, geoinformation systems, spatial data sets, accuracy of measurement.

Telephone and e-mail address: +370 699 73076, l.kukliene@kvk.lt

Author name, surname: Indrius Kuklys.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.

Author's research interests: spatial planning, geoinformation systems, spatial data sets, accuracy of measurement.

Telephone and e-mail address: +370 699 73057, i.kuklys@gmail.com

Author name, surname: Dainora Jankauskienė.

Science degree and name: master, associated professor.

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, associated professor, Head of Department.

Author's research interests: spatial planning, geoinformation systems, spatial data sets, accuracy of measurement.

Telephone and e-mail address: +370 682 43282, d.jankauskiene@kvk.lt

Author name, surname: Rasida Vrubliauskienė.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.

Author's research interests: spatial planning, geoinformation systems, spatial data sets, accuracy of measurement.

Telephone and e-mail address: +370 640 20272, rasidav@gmail.com

LAIVO BALASTINIO VANDENS VALYMO ĮRANGOS PARINKIMO ANALIZĖ

Diana Šateikienė

Lietuvos aukštoji jūrėivystės mokykla

Anotacija. Balastinio vandens valymas dabartiniu metu yra ypač aktualus dėl įsigaliojusios Balastinių vandenų tvarkymo konvencijos. Siekiant išvengti invazinių rūšių mikroorganizmų plitimo, laivuose reikia įdiegti balastinio vandens valymo įrangos sistemą. Straipsnyje analizuojamas balastinio vandens išleidimo reglamentavimas: D – 1 ir D – 2 standartų laikymasis. Išanalizuotos balastinio vandens valymo technologijos, jų parinkimas atsižvelgiant į laivo tipą ir balastinio vandens kiekį.

Reikšminiai žodžiai: balastinis vanduo, konvencija, valymo įranga.

Įvadas

Laivo balasto cisternose kiekvieną dieną vandenynais gabenama apie 10 000 įvairių jūrinių organizmų rūšių, kurių dalis išgyvena cisternose laivo eksploatacijos metu. Laivui priimant balastinį vandenį vienoje šalyje ir išleidžiant jį kitoje, vyksta ekosistemos pokyčiai. Svetimi mikroorganizmai įsiskverbia į svetimą terpę ir palaipsniui naikina vietines mikroorganizmų kultūras (Matej et al. 2008; Ruiz et al. 2011; Zaiko et al. 2015).

Siekiant sumažinti invazinių rūšių plitimą yra bendradarbiaujama tarp šalių vyriausybių, ekonominių sektorių, nevyriausybinių organizacijų ir tarptautinių susitarimų organizacijų (Miller et al. 2011; Pereira et al. 2014; Satir et al. 2014; Scriven et al. 2015; Verna et al. 2016).

Aplinkos apsaugą nuo teršimo iš laivų reguliuoja daugelis tarptautinių konvencijų. Balasto vandens tvarkymo konvencijos tikslas – taikyti tokias valdymo priemones, kad būtų galima išvengti ar minimizuoti nepageidaujamų kenksmingų vandens organizmų jūros ir gėlių vandenių ekosistemose, tinkamai organizuojant laivo balasto vandens tvarkymą.

Baltijos jūros regione, nuo 2000 metų atsirado 46 nevietinės rūšys, iš jų tik 13 pirminių nevietinių rūšių introdukcijų (WGITMO, 2015), t. y. tokių rūšių, kurios buvo aptiktos tik Baltijos jūroje ir neužfiksuotos kaimyninėje Šiaurės jūroje. Iš jų daugiau negu pusė (7 rūšys), labiausiai tikėtina, pateko su laivų balastiniais vandenimis. Apie 70 % pirminių introdukcijų siejama su aplinkosaugos tikslu išvardintais vektoriais: laivų balastiniais vandenimis, laivų korpusų apsaugomis, akvakultūra bei prekyba gyvais vandens organizmais. Taigi, Konvencijos įgyvendinimas padėtų sumažinti tokių rūšių patekimo riziką.

Šio straipsnio tikslas – išanalizuoti balastinio vandens valymo technologijų ir įrangos parinkimo aspektus atsižvelgiant į laivo tipą.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti balastinio vandens išleidimo iš laivų reglamentavimą.
2. Apibūdinti balastinio vandens valymo technologijas.
3. Nustatyti balastinio vandens valymo įrangos pagrindines technines charakteristikas įtakančias valymo įrangos parinkimą.

Balastinio vandens išleidimo iš laivų reglamentavimas

Balasto vandens tvarkymo konvencija nustato taisykles, kaip turi būti vykdomos operacijos su laivų balasto vandeniu ir cisternų nuosėdomis, kad būtų išvengta ar iki minimumo sumažinta galimybė perkelti ir paskleisti kenksmingus vandens organizmus ir patogenus į naują aplinką. Konvencija buvo priimta IMO (International Maritime Organization) 2004 m. konferencijoje ir įsigaliojo nuo 2017 metais rugsėjo 8 dienos, nes ją ratifikavo 52 jūrinės valstybės, kurių bendras prekybos laivų tonažas sudaro 35,1441 % nuo pasaulinio laivyno tonažo.

1 lentelė

BWM konvencijos eksploatavimo savybių standartas

Organizmo pavadinimas	Normos
Planktonas, didesnis negu 50 µm	<10 organizmų/ml
Planktonas, 10–50 µm	<10 organizmų/ml
Choleros vibriai (O1 ir O139)	<1 cfu*/100 ml
Koli grupės žarnyno bakterijos (lazdelės)	<250 cfu*/100 ml
Žarnyno enterokokai	<100 cfu*/100ml

* - mikroorganizmų kolonijos

Šaltinis: WGITMO, 2015

Įsigaliojus Balasto vandens tvarkymo konvencijai, laivai privalės atitikti eksploatacinius parametrus, nustatytus šios Konvencijos D – 2 valymo įrangos standarte (1 lentelė).

Šios Konvencijos įgyvendinimas pagerins jūros vandens būklę, užtikrins sąlygas, kad nepatektų į juos invazinės rūšys (WGITMO, 2015).

Šiuo metu eksploatuojami laivai, kuriuose nėra numatyta vandens valymo įranga projektavimo metu, vadovaujasi D–1 standarto reikalavimais. Pažymėtina, kad “ES biologinės įvairovės strategija iki 2020 metų” numato sustabdyti ES biologinės įvairovės nykimą ir ekosistemų funkcijų blogėjimą ir jas atkurti tiek, kiek įmanoma, kartu didinant Europos Sąjungos indėlį siekiant sustabdyti visuotinį biologinės įvairovės nykimą (ES biologinės įvairovės strategija iki 2020 metų, 2011).

Standartų D – 1 ir D – 2 laikymosi reikalavimai yra nurodyti BWM (Management of Ships’ Ballast Water and Sediments) konvencijos priimtuose nutarimuose ir priklauso nuo laivo pastatymo datos ir balastinių cisternų talpumo 1 paveikslas (Baltic Marine Environment Protection Commission 2014).

		Balastinio vandens tūris	Kategorija	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
PASTATYMO DATA	Prieš 2009	1,500 – 5,000	1											
		<1,500 or >5,000	2											
	2009 arba vėliau	<5,000	3											
		2009–11 ≥5,000	4											
		2012– ≥5,000	5											

D-1 or D-2
 D-2
 Laivo pastatymo data
 Jeigu konvencija įsigalios iki 2015-01-01

1 pav. Tarptautinės konvencijos „Laivų balastinio vandens ir nuosėdų kontrolė bei valdymas“ numatytų nuostatų įsigaliojimo datos

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis Baltic Marine Environment Protection Commission, 2014

Diplomatinėje IMO 2004 metais priėmus konvenciją „Laivų balastinio vandens ir nuosėdų kontrolė bei valdymas“ pasaulio mokslininkai pradėjo aktyviai analizuoti balastinio vandens išleidimo iš laivų problematiką.

Balastinių vandenų valymo technologijų analizė

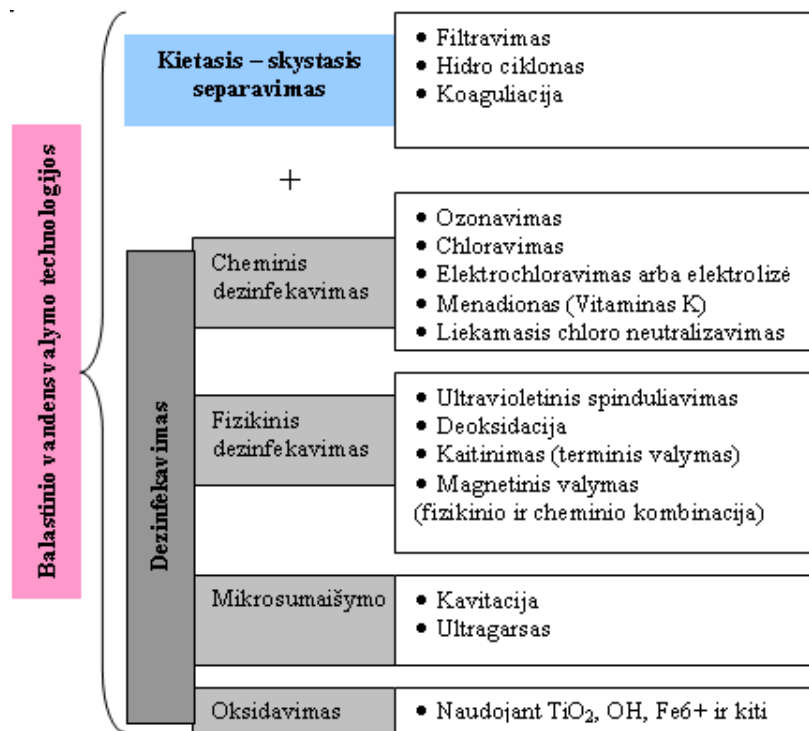
Kiekviena balastinio vandens valymo sistema atlieka valymo funkciją skirtingu valymo metodu. Valymo metodo pasirinkimas gali kisti nuo cheminio apdorojimo proceso iki balastinio vandens valymo uosto krantinėje, prieš išleidžiant jį į jūrą (Berntzen et al. 2010).

Šiuo metu patvirtintas nemažas skaičius balastinio vandens valymo metodų, bet vieno metodo nepakanka, kad išvalytas vanduo atitiktų IMO reikalavimus, naudojamos kelių metodų kombinacijos, o įrangą gaminančios įmonės ieško naujų balastinio vandens valymo sprendimo būdų (Champ et al. 2002; Lloyd's Register, 2010; Balaji et al. 2011; Werschkun et al. 2012; Delacroix et al. 2013).

Kietasis – skystasis separavimas tai paprastas kietųjų medžiagų separavimas, įskaitant ir didelių mikroorganizmų bei sedimentų iš balastinio vandens separavimą. Šiai technologijai priskiriama filtravimas bei hidrocikloninis separavimas.

Filtravimas – tai pirminis balastinio vandens valymo būdas. Filtruojant vandenį įsiurbimo metu, pašalinami dideli organizmai, sumažinamas sedimentų kiekis, patenkantis į cisternas. Tokiu būdu į cisternas nepatekę organizmai lieka laivo balastavimo vietoje (Tang et al. 2006; Tang et al. 2009).

Kaip alternatyva filtravimui gali būti naudojami hidrociklonai. Ciklono technologijos principas – priemaišų dalelių šalinimas iš vandens išcentrine jėga. Šio metodo efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo vandens ir filtruojamų organizmų tankio skirtumo (Carbona et al. 2010; Vieira et al. 2014; Hwang et al. 2016).



2 pav. Balastinio vandens valymo metodų klasifikavimas

Šaltinis: Water&Wastewater International, 2010

Dezinfekcijos tikslas – padaryti negyvus patogenus ir kitus mikroorganizmus, įskaitant virusus, kurie nebuvo pašalinti filtruojant. Balasto vandens mikroorganizmai pašalinami arba deaktyvuojami taikant vieną ar keletą iš dezinfekavimo metodų:

- deaktyvacija cheminėmis medžiagomis;
- fizikinė – cheminė deaktyvacija ultravioletine šviesa, ultragarsu ar kavitacija;
- deguonies koncentracijos vandenyje sumažinimas (Smailys et al. 2012).

Mechaniniai balastinio vandens valymo metodai yra paprasčiausi. Sistemos įranga nebrangi, neužima daug vietos, tačiau mažas efektyvumas valant smulkesnius mikroorganizmus ($< 20 \mu\text{m}$) virusus ir bakterijas.

Cheminių metodų valymo procesai sudėtingi. Valymo proceso metu susidaro kenksmingos toksinės medžiagos, todėl prieš išleidžiant balastinį vandenį reikia jį neutralizuoti. Dezinfekavimas efektyvus naikinant visų dydžių ir tipų mikroorganizmus ir bakterijas.

Mechaninių ir fizikinių valymo metodų įranga: filtravimo, separavimo ir UV spinduliavimo įrenginiai sumontuoti balastinio vandens paėmimo ir išleidimo vamzdynuose. Cheminių biocidų ir deoksigenacijos metodai nepriklauso nuo srauto galingumo, bet reikalauja daugiau laiko organizmų sunaikinimui cisternose.

Cheminio valymo metodai dažniausiai kombinuojami su mechaniniais metodais, kurie veikia kaip pirminis apdorojimas.

Balastinio vandens valymo sistemos tinkamumas analizė

BWM konvencijai pasibaigus numatytam pereinamajam laikotarpiui taikomas D – 2 standartas. Laivuose įdiegiami balastinio vandens valymo įrenginiai ir išpilamas išvalomas. D – 2 standarte yra nurodytas leistinas organizmų kiekis išvalytame balastiniame vandenyje.

Balastinio vandens valymo įrangos pasirinkimas turi būti nebrangus, saugus ir kompaktiškas, o valymo kokybė turi atitikti IMO patvirtintus standartus (Lloyd's Register, 2012; Lloyd's Register, 2016).

Šiuo metu yra gaminama ir prieinama rinkoje labai daug skirtingos vandens valymo įrangos, kuri skiriasi tiek metodais, tiek jos techninėmis charakteristikomis.

Balastinio vandens valymo įranga parenkama remiantis laivo tipu, jo dedveitu, vandens išvalymui skirtu optimaliu laiku, įdiegimo ir eksploatavimo kaštais, taip pat reikia numatyti vietą papildomai įrangai laive instaliuoti. Balastinio vandens valymo metodo tinkamumas priklauso nuo laivo tipo ir jo vandentalpos pateikta 2 lentelėje.

2 lentelė

Balastinio vandens valymo sistemos tinkamumas laivo tipui

Laivo kategorija	Dedveito tonažas, DWT	Chloravimas	Cheminiai preparatai	+ Filtravimas spinduliavimas	Deoksidavimas	Ozonavimas
SAUSAKRŪVIAI						
Handy - Handymax	<60000	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Panamax - Kamsarmax	<60000 - 9000	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Capesize	>9000	Išskyrus dideles	Taip	Išskyrus dideles	Taip	Taip
TANKLAIVIAI						
Handy	<35000	Kai kurios sistemos	Taip	Kai kurios sistemos	Taip	Kai kurios sistemos
Handymax - Aframax	35000 - 120000	Kai kurios sistemos	Taip	Kai kurios sistemos	Taip	Kai kurios sistemos
Suezmax	120000 - - 180000	Kai kurios sistemos	Taip	Kai kurios sistemos	Kai kurios sistemos	Kai kurios sistemos
VLCC	2000000 - 320000	Ne	Taip	Ne	Kai kurios sistemos	Kai kurios sistemos
ULCC	>320000	Ne	Taip	Ne	Kai kurios sistemos	Kai kurios sistemos
KONTEINERINIAI						
Feeder	<500 - 3000	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Panamax	3000 - 4500	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Postpanamax	4500 - 9000	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Ultralarge	>9000	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
KITI LAIVAI						
Keleiviniai	Visų dydžių laivams	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Dujų pervežimo		Išskyrus dideles	Taip	Išskyrus dideles	Kai kurios sistemos	Kai kurios sistemos
Cheminių medžiagų tanklaivis		Kai kurios sistemos	Taip	Kai kurios sistemos	Kai kurios sistemos	Kai kurios sistemos
Ro - Ro		Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Kombinuotų krovinių		Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Generalinių krovinių		Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Žvejybinis		Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
OSVS		Taip	Taip	Taip	Taip	Taip

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis ABS, 2011

Konteineriniams laivams tinka visos balastinio vandens valymo įrangos sistemos, nes konteinerinių laivų dedveito tonažas yra nedidelis lyginant su kito tipo laivais. Balastinio vandens valymo įranga sudaryta iš valymo metodo naudojančio cheminius preparatus tinka visų tipu laivams nepriklausomai nuo jų dedveito tonažo.

Todėl vis didėjančioje laivybos rinkoje susiduriamas su tinkamiausios įrangos ir metodo parinkimo problema.

Atlikus mokslinių šaltinių analizę ir sintezę, balastinio vandens valymo metodų, įrangos ir techninių charakteristikų lyginamąją analizę, buvo sudaryta valymo įrangos techninių parametų, lemiančių valymo technologijos parinkimą sistema, išskirtos parametų maksimalios reikšmės, kuris įvertinus galima parinkti eksploatuojamiems laivams optimalų balastinio vandens valymo modulį (3 lentelė).

Nustatyta, kad didžiausias našumas 16200 m³/h yra įrangos naudojančios balastiniam vandeniui valyti elektrolizės / elektrochloravimo ClO₂ metodą. Didžiausią plotą laive – 45.6 m² užima įranga sudaryta iš filtravimo + UV + O₃ metodų kombinacijos. Didžiausias įrangos aukštis yra elektrolizės / elektrochloravimo ClO₂ – 3.6 metrų. Didžiausios energijos sąnaudos 770 kWh yra įrangos sudarytos iš filtravimo + ultravioletinio spinduliavimo kombinacijos.

Balastinio vandens valymo įrangos maksimalios rodiklių reikšmės

Balastinio vandens valymo įranga	Techninės charakteristikos, matavimo vienetai			
	Našumas, m ³ /h	Plotas, m ²	Aukštis, m	Energijos sąnaudos, kWh
Filtravimas + Ultravioletinis spinduliavimas	2880	43.3	3.4	770
Filtravimas + Elektrolizė/Elektrochloravimas + Rec	8000	11	2.8	250
Filtravimas + Elektrolizė/ Elektrochloravimas	7200	7.2	3.15	175
Filtravimas + Elektrolizė/ Elektrochloravimas + OH	375	55.91	2.87	257
Filtravimas + Elektrolizė/ Elektrochloravimas + US + OH	9000	8.4	3.33	85
Filtravimas + Hidrociklonas + Elektrolizė/Elektrochloravimas	3000	4	3	20
Filtravimas + UV + TiO ₂	3000	4.3	2.65	500
Filtravimas + UV + O ₃	3000	45.6	3.59	582
Filtravimas + Cl ₂	1500	4.1	2.1	21
Filtravimas + NaClO + Rec	4500	21	2.7	13.4
Hidrociklonas + Kavitacija + AO	6000	7	2.97	310
Elektrolizė/Elektrochloravimas + Kavitacija	5000	12.4	2.1	220
Elektrolizė/Elektrochloravimas ClO ₂	16200	25.1	3.6	33
Elektrolizė/Elektrochloravimas +OH	10000	14.7	3	172

Išvados

1. Balastinio vandens valymo technologijų diegimo aktualumas pagrįstas BWM konvencija. Konvencijos D - 1 standartas saugus balasto vandens pakeitimas. Taikant D - 2 standartą privaloma įdiegti laivuose balastinio vandens valymo įrenginius ir išpilamas vanduo privalės būti išvalytas.

2. Balastinio vandens valymo metodai yra skirstomi į pirminį kietą – skystą seperavimą ir antrinį dezinfikavimą, nes vieno metodo nepakanka, kad išvalytas vanduo atitiktų IMO reikalavimus, todėl naudojamos kelių metodų kombinacijos.

3. Atlikus balastinio vandens valymo įrangos techninių charakteristikų analizę buvo išskirti būtini balastinio vandens valymo įrangos techniniai parametrai: debitas, plotas, aukštis, energijos sąnaudos. Atsižvelgiant į laivo tipą ir jo vandentalpą ne visi balastinio vandens valymo metodai yra tinkami, nes tai tiesiogiai yra susiję su balastinio vandens tūriu ir valymo įrangos našumu.

Literatūra

- Balaji, R.; Yaakob, O. 2011. Emerging ballast water treatment technologies: a review. *Journal of Sustainability Science and Management* 6(1): 126–138.
- Baltic Marine Environment Protection Commission. 2014. HELCOM Guide to Alien Species and Ballast Water Management in the Baltic Sea. Helsinki. 40p.
- Berntzen, M. 2010. Guidelines for selection of a ship ballast water treatment system: Master thesis in Marine Systems Design. Norwegian university of science and technology. 84p.
- Carbona, S.L.; Viitasalo-Frosen, S.; Masson, D.; Sassi, J.; Pineau, S.; Lehtiniemi, M.; Corroler, D. 2010. Efficacy and environmental acceptability of two ballast water treatment chemicals and an alkylamine based-biocide. *Science of The Total Environment*. 409: 247–255.
- Champ, M.A. 2002. Marine Testing Board for certification of ballast water treatment technologies. *Marine Pollution Bulletin* 44: 1327–1335.
- Delacroix, S.; Vogelsang, C.; Tobiesen, A.; Liltved, H. 2013. Disinfection by-products and ecotoxicity of ballast water after oxidative treatment – Results and experiences from seven years of full-scale testing of ballast water management systems. *Marine Pollution Bulletin* 73: 24–36.
- ES biologinės įvairovės strategija iki 2020 metų, 2011. Europos komisija. 6p.
- Hwang, Y.; Maeng, M.; Dockko, S. 2016. Development of a hybrid system for advanced wastewater treatment using high-rate settling and a flotation system with ballasted media. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 113: 256–256.
- Lloyd's Register. 2010. Ballast water treatment systems: guidance for ship operators on procurement, installation and operation. September 2010. London: 71 Fenchurch Street. 15 p.
- Lloyd's Register. 2012. Ballast water treatment technologies and current system availability. UK. 22 p.
- Lloyd's Register. 2016. Understanding ballast water management. UK. 28 p.
- Matej, D.; Stephan, G. 2008. EU shipping in the dawn of managing the ballast water issue. *Marine Pollution Bulletin* 56: 966–972.

13. Miller, A.W.; Minton, M.S.; Ruiz, G.M. 2011. Geographic limitations and regional differences in ships' ballast water management to reduce marine invasions in the contiguous United States. *BioScience* 61: 880–887.
14. Pereira, N.N.; Bottera, R.C.; Foleana, R.D.; Pereira, J.P.F.N.; Cavalcanti da Cunha, A. 2014. Ballast water: A threat to the Amazon Basin. *Marine Pollution Bulletin* 84(1–2): 330–338.
15. Report of the Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO). 2015. International Council for the Exploration of the Sea. 197p.
16. Ruiz, G.M.; Fofonoff, P.W.; Steves, B.; Foss, S.F.; Shiba, S.N. 2011. Marine invasion history and vector analysis of California: a hotspot for western North America. *Diversity and Distributions* 17: 362–373.
17. Satir, T. 2014. Ballast water treatment systems: design, regulations, and selection under the choice varying priorities. *Environmental Science and Pollution Research* 21(18): 10686–10695.
18. Scriven, D.R.; DiBacco, C.; Locke, A.; Theriault, T.W. 2015. Ballast water management in Canada: a historical perspective and implications for the future. *Marine Policy* 59: 121–133.
19. Smailys, V.; Strazdauskienė, R.; Berešienė, K. 2012. Laivų aplinkos apsauga. Klaipėdos universiteto leidykla. 264 p.
20. Tang, Z.; Butkus, M.A.; Xie Y.F. 2006. Crumb rubber Filtration: A potential technology for ballast water treatment. *Marine Environmental Research* 61: 410–423.
21. Tang, Z.; Butkus, M.A.; Xie Y.F. 2009. Enhanced performance of crumb rubber filtration for ballast water treatment. *Chemosphere* 74: 1396–1399.
22. Verna, D.E.; Harris, B.P. 2016. Review of ballast water management policy and associated implications for Alaska. *Marine Policy* 70: 13–21.
23. Vieira, L.M.; Barrozo, M.A.S. 2014. Effect of vortex finder diameter on the performance of a novel hydrocyclone separator. *Minerals Engineering* 57: 50–56.
24. Zaiko, A.; Martinez, J.L.; Ardura, A.; Clusa, L.; Borrell, Y.J.; Samuiloviene, A.; Roca, A.; Garcia-Vazquez, E. 2015. Detecting nuisance species using NGST: Methodology shortcomings and possible application in ballast water monitoring. *Marine Environmental Research* 112: 64–72.
25. Water&Wastewater International. 2010. Ballast water treatment market remains buoyant. Retrieved from <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-25/issue-1/regulars/creative-finance/ballast-water-treatment-market-remains-buoyant.html>
26. Werschkun, B.; Sommer, Y.; Banerji, S. 2012. Disinfection by-products in ballast treatment: an evaluation of regulatory data. *Water research* 46: 4884–4901.

ANALYSIS OF THE BALLAST WATER TREATMENT EQUIPMENT SELECTION

Summary

Nowadays the problems of ships ballast water treatment have become very important. Because of the increased amount of cargo, a greater number of ships are needed for transportation, the navigation geography expands and the discharged ballast water amount increases. As a result, sea water pollution has increased and invasive microorganisms have appeared that the existing flora and fauna are unaccustomed to.

In order to protect territorial waters from these invasive species, IMO requirements have been implemented that regulate the quality parameters of discharged ballast water from ships. Research has been carried out around the world analyzing the mechanical, physical, and chemical methods and a combination of these. Each treatment technology has different characteristics and features and differs from the others in several aspects.

This article provides a comparative analysis of the treatment equipment of ballast water and the related technical parameters, in order to distinguish the most important equipment criteria.

Key words: ballast water, convention, cleaning equipment

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Diana Šateikienė

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė

Darbo vietą ir poziciją: Lietuvos aukštoji jūrveivystės mokykla, lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68090415, d.sateikiene@lajm.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Diana Šateikienė

Science degree and name: lecturer

Workplace and position: Lithuanian Maritime Academy, lecturer

Author's research interests: transport engineering

Telephone and e-mail address: 8 68090415, d.sateikiene@lajm.lt

PRIEŠGAISRINĖS SAUGOS PRAKTINIO MOKYMO TYRIMAS

Aušra Stankiuvienė, Jurgita Šakėnaitė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Pati dažniausia ir pavojingiausia stichija, su kuria tenka susidurti žmonėms, – tai ugnis. Gaisras yra nekontroliuojamas degimo procesas, kurio metu plintanti ugnis, aukšta temperatūra ir dūmai sudaro pavojų pastate esantiems žmonėms ir palieka didelius socialinius ir ekonominius padarinius. Atsidūrus ekstremalioje situacijoje, ypač svarbios tampa automatinės (psichomotorinės) reakcijos. Tuo tikslu žmonės turi būti apmokyti, kokių veiksmų imtis, kilus gaisrui, kaip saugiai elgtis ir evakuotis iš pastatų. Net vienas žuvęs gaisre yra per daug.

Reikšminiai žodžiai: evakuacijos planas, gaisras, gaisrų prevencija, pirminės gaisro gesinimo priemonės, žmogiškasis veiksnys.

Išvadas

Pati dažniausia ir pavojingiausia stichija, su kuria tenka susidurti žmonėms, – tai ugnis. Gaisras yra nekontroliuojamas degimo procesas, kurio metu plintanti ugnis, aukšta temperatūra ir dūmai sudaro pavojų pastate esantiems žmonėms. Gaisras palieka didelius socialinius ir ekonominius padarinius, net ir tiems, kuriems pavyksta išgyventi ugnies šėlsmą. Žuvusių nuo ugnies skaičius sudaro apie 1 % nuo visų žuvusių gaisro metu, o 50-80 % gaisro aukų nukenčia nuo apsinuodijimo dūmais ir kvėpavimo takų pažeidimų (Emedicinehealth, 2014). Karštas oras, kuriuo tenka kvėpuoti gaisro metu, apdegina kvėpavimo takus ir plaučius, todėl žmogus įkvėpęs toksiškų dūmų gali prarasti sąmonę, uždūsti ar apsinuodyti per 2-3 minutes.

Gaisrų prevencija yra teisinių, techninių ir organizacinių priemonių, užkertančių kelią gaisrams kilti bei plisti ir mažinančių jų galimus padarinius, visuma. Siekiant išvengti gaisro ir jo sukeltų padarinių, visų pirma būtina suplanuoti paprastas ir nieko nekainuojančias prevencijos priemones, iš kurių svarbiausios – nesudaryti sąlygų gaisrui kilti ir saugus elgesys. Techninių gaisro prevencijos priemonių įrengimas reikalauja lėšų, tačiau išleista suma bus gerokai mažesnė nei gaisro padaryti nuostoliai. Todėl pirmiausia būtina turėti įspėjimo apie gaisrą priemones. Tai dūmų ir (arba) anglies monoksido detektoriai. Paprastai tokie detektoriai reaguoja į pirmuosius dūmus per 1 min. nuo gaisro pradžios. Tuo metu gaisro žindinys būna nedidelis ir žmonės turi pakankamai laiko evakuotis arba užgesinti gaisrą. Svarbus aspektas, norint užtikrinti žmonių evakuaciją ir gaisro gesinimą – pirminių gaisro gesinimo priemonių turėjimas. Tai įvairių tipų rankiniai gesintuvai, vidiniai gaisriniai vandens čiaupai su gaisrinėmis žarnos ir švirkštais, vandens statinės, smėlio dėžės, nedegūs audeklai. Šiomis priemonėmis kilusį gaisrą likviduoja patys žmonės. Svarbus aspektas – mokėjimas jomis teisingai naudotis.

Kitas svarbus aspektas gaisro metu yra galimybė saugiai evakuotis. Taigi, supratimas kaip elgtis, kilus gaisrui, ir tinkamai evakuotis yra būtinas, jei norime, kad numatytos priešgaisrinės saugos priemonės būtų tinkamai suprastos ir panaudotos. Pastatuose, kuriuose nuolat dirba žmonės, turi būti parengtas veiksmų, kilus gaisrui, planas bei iškabinti žmonių evakuaciniai planai (Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento..., 2005; Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos..., 2003). Tam, kad evakuacijos procesas būtų saugus, evakuacijos svarbą ir reikalavimus turi žinoti kiekvienas.

Žmogaus charakteristika yra svarbiausias veiksnys, nulemiantis galimą žmogaus elgseną. Žmogaus amžius bei judrumas turi įtakos nuspėjant jo veiksmus gaisro metu. Žinios bei patirtis, taip pat svarbūs elementai, nes žmonės kilus gaisrui, pasirenks kitokias išeitis. Būseną, fizinis pasiruošimas, asmeninės savybės (lyderystė) bei žmogaus pareigos pastate nulems jo veiksmus bei elgseną gaisro metu (Karwowski, 2012: 3–37; Zhao *et al.*, 2007: 1–95; Jelenewicz, 2008: 1–3; Tubbs *et al.*, 2009: 1–10; Tserng *et al.*, 2011: 1–19; Zinke *et al.* 2014: 1149–1163). Remiantis surinkta informacija po gaisrų, buvo vertinami galimi veiksniai, galėję lemti asmenų veiksmus gaisro atpažinimo ir reagavimo etapuose. Buvo apskaičiuota, jog žmonių elgsena gaisro atpažinimo ir reagavimo etapuose daugiausiai priklauso nuo žmonių tipo (charakteristikos) ir pastato pobūdžio. Taip pat nustatyta, jog asmenų tipas lemia pasiruošimo evakuacijai laiką (Drury *et al.*, 2007: 40; Friberg *et al.*, 2014: 61; Hofinger *et al.*, 2014: 603–611; Huo *et al.*, 2014: 350–356). Kilus gaisrui, žmonės reaguoja skirtingai, vieni kuo skubiau palieka patalpas (evakuojasi), antri ignoruoja gaisro signalizacijos įspėjamuosius signalus ir toliau užsiima ankstesne veikla, o treči dalyvauja gaisro gesinimo procese. Nepaisant įsitikinimų, daugumai gaisrų apibūdinami žmonių panikos trūkumai. Pradiniu gaisro momentu, užuodę dūmų kvapą ar išgirdę gaisro pavojaus signalą, žmonės nesiima jokių veiksmų ir tiesiog neigia arba ignoruoja situaciją. Tai dažniausiai pasitaiko visuomeniniuose pastatuose, kai žmonės nenori perdėta reaguoti į netikrus pavojaus aliarmus (bandymus). Toks požiūris į pavojingą situaciją sukelia pavėluotą apsisąugojimą ir evakuaciją iš pastato.

Skirtingos paskirties visuomeniniuose pastatuose tikėtis, jog žmonių elgsena bus tokia pati, yra klaidinga. Kiekvienas pastatas, nors ir panašaus tipo, gali sukelti specifinių problemų gaisro metu. Architektūra

pastato viduje gali sukelti keblumų žmonėms judėti. Sudėtingas išplanavimas turės didelės įtakos evakuacijos laikui, suvaržys žmonių judėjimą bei apsunkins alternatyvių evakuacijos kelių paiešką, jeigu pažįstami maršrutai yra užblokuoti. Be to, dabar naudojamos medžiagos žymiai degesnės, todėl nepakeliamos žmogui sąlygos susidaro daug greičiau. Žmonių elgseną lems, tai kokia veikla jie užsiėmė prieš išgirdę pavojaus signalą (pvz., viešbutyje-kambaryje, restorane). Galiausiai priešgaisrinės apsaugos sistemos, informuojančios žmones apie pavojų, turės taip pat įtakos žmonių elgsenai gaisro metu (Kuligowski *et al.*, 2010: 25; Ma *et al.*, 2012: 1665; Papinigis *et al.*, 2010: 131–139). Saugiam evakuacijos procesui gaisro pobūdis įtakos neturi.

Atsidūrus ekstremalioje situacijoje, labai sunku (ar net neįmanoma) mąstyti racionaliai. Tiesiog nėra laiko. Be to, stresas tarsi išjungia loginį mąstymą. Todėl ypač svarbios tampa automatinės reakcijos. Kalbant apie gaisro grėsmę, svarbu, kad žmonės būtų ne šiaip girdėję, kaip saugiai elgtis ir evakuotis iš pastatų, ką daryti, jei kilo gaisras, bet praktiškai apmokyti, kokių veiksmų imtis, kilus gaisrui. Tinkamos automatinės reakcijos stresinėje situacijoje gali išgelbėti ne vieną gyvybę.

Tyrimo objektas – studentų pasirengimas ekstremaliajai situacijai (gaisrui).

Tyrimo tikslas – studentų elgesys, veiksmai ir reakcijos laikas gaisro atveju.

Tyrimo uždaviniai: išanalizuoti studentų pasirengimą ekstremaliajai situacijai (gaisrui), jų elgesį bei veiksmus ir nustatyti jų reakcijos laiką gaisro atveju.

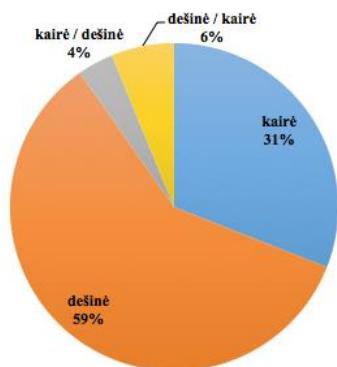
Tyrimo metodai: apklausa, statistinė analizė.

1. Tyrimas. Tyrimas buvo atliekamas vienoje švietimo įstaigoje, t. y. universitete. Jame dalyvavo 113 studentų, iš kurių 63 % vaikinai ir 37 % merginos. Studentų amžius nuo 20 iki 23 metų, iš kurių 57 % buvo 21 metų, 25 % – 20 metų, 15 % – 22 metų ir 3 % – 23 metų.

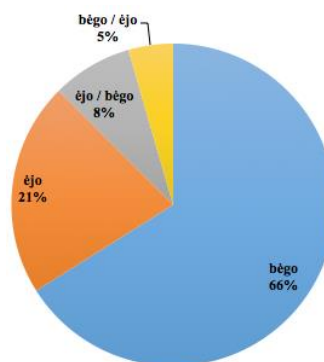
Pirmiausia buvo organizuoti priešgaisrinės saugos mokymai. Teorinių mokymų metu buvo dėstoma apie medžiagų degumą, pagrindines gaisrų kilimo priežastis, gaisrinę įrangą ir jos naudojimą bei veiksmus, kilus gaisrui. Visų žinios buvo įvertintos testu, rezultatai teigiami.

Vėliau imituotas gaisras laboratorijoje. Iš anksto apie šį tyrimą nei vienas nebuvo informuotas. Tokio pobūdžio pratybose studentai dalyvavo pirmą kartą. Aplinka, kurioje vyko pratybos, jiems buvo pažįstama, nes visiems paskaitos vyko tiriamoje aplinkoje. Buvo tirti po vieną ir vertintas studentų elgesys, veiksmai ir jų reakcijos laikas gaisro atveju.

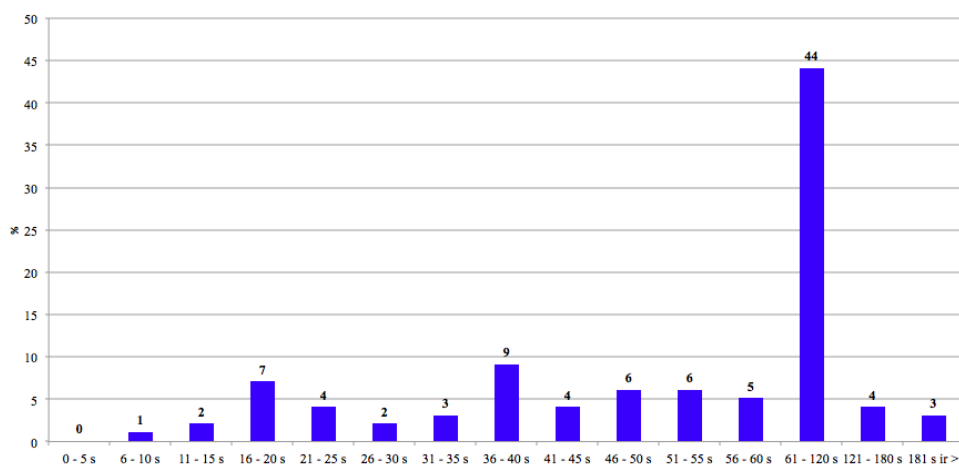
2. Tyrimo eiga ir rezultatai. Tyrimo rezultatai parodė, kad dauguma studentų (59 %) pasirinko artimiausią evakuacijos kelią, ieškodami evakuacijos plano, gaisrinio čiaupo ir gesintuvo, 31 % – tolimiausią kelią, o apie 10 % studentų blaškėsi, pasukdami tai į kairę, tai į dešinę puses ir taip prarasdami nemažai laiko. 66 % dalyvių atlikdami užduotį bėgo, 24 % – ėjo ir 13 % – ir ėjo, ir bėgo (1 ir 2 pav.).



1 pav. Studentų judėjimo kryptis
Šaltinis: sudaryta autorių



2 pav. Studentų judėjimas
Šaltinis: sudaryta autorių



3 pav. Bendras reakcijos laikas

Šaltinis: sudaryta autorių

Tik 1 % studentų šią užduotį pavyko atlikti iki 10 s, 2 % – iki 15 s, 7 % – iki 20 s. Didžioji dalis (44 %) tyrime dalyvavusių studentų užtruko ilgiau nei 1 min., 7 % – virš 2 min. (3 pav.).

35 % studentų evakuacijos planą surado labai greitai, t. y. per 5 s, 19 % – užtruko iki 10 s, 14 % – iki 15 s, o 4 % su užduotimi susidorojo daugiau nei per 1 minutę.

Tyrimo rezultatai parodė, kad sunkiausiai studentams sekėsi surasti gesintuvą. Net 17 % tyrime dalyvavusiųjų užtruko jo ieškodami daugiau nei 1 min. 10 % studentų surado gesintuvą greičiau nei per 5 s, o 13 % užtruko iki 10 s. Penki studentai (4 %) gesintuvo nerado. Geriausiai sekėsi surasti gaisrinį čiaupą, net 31 % studentų jį surado iki 5 s, 29 % – iki 10 s ir tik 2 % užtruko ilgiau nei 1 min.

Siekiant išsiaiškinti praktinio mokymo naudą, po užduoties atlikimo studentai užpildė klausimyną. Pasiteiravus, ar pratybų metu sužinojo ko nors naujo, net 81 % atsakė „taip“ ir tik 7 % – „ne“ (1 lentelė). 91 % studentų nurodė, kad gauta informacija pratybų metu buvo naudinga ir 93 % teigė, kad tokio pobūdžio pratybos yra reikalingos. Tačiau pratybų metu 14 % studentų iškilo tam tikrų problemų, reaguojant į pateiktą situaciją: nurodė, kad buvo sunku susigaudyti, todėl užtruko ieškodami gaisrinio čiaupo, kiti nesusiprato, kur yra evakuacijos planas ir gesintuvus.

1 lentelė

Studentų nuomonė apie pratybas ir savijautą

Eil. Nr.	Klausimas	Atsakymai (%)		
		Taip	Iš dalies	Ne
1.	Ar pratybų metu sužinojote ko nors naujo?	81	12	7
2.	Ar gauta informacija yra naudinga?	91	7	2
3.	Ar Jūsų nuomone reikalingi panašaus tipo mokymai?	91	7	2
4.	Ar Jūsų nuomone reikalingos tokio tipo pratybos?	93	7	0
5.	Ar pratybų metu iškilo problemų reaguojant į pateiktą situaciją?	14	19	67
6.	Ar visi įspėjamieji ženklai aiškūs ir suprantami?	90	5	5
7.	Kaip jautėtės pratybų metu?			
7.1.	Jaučiausi nervingas/a	5	36	59
7.2.	Jaučiausi vienišas/a	0	12	88
7.3.	Buvo sunku susikaupti	21	17	62
7.4.	Jaučiausi susierzinęs/usi	5	14	81

Tyrimo rezultatai taip pat parodė, kad 90 % dalyvių visi įspėjamieji ženklai buvo aiškūs ir suprantami. Vertinant studentų savijautą pratybų metu, 36 % nurodė, kad jautėsi iš dalies nervingi, 14 % – iš dalies susierzinę, 12 % – vieniši ir 21 % – buvo sunku susikaupti (1 lentelė).

2 lentelė

Studentų vertinimas apie pratybas ir savijautą

Eil. Nr.	Klausimas	Atsakymai (%)				
		1	2	3	4	5
1.	Pratybų vertinimas (1 – labai blogai, 2 – blogai, 3 – vidutiniškai, 4 – gerai, 5 – labai gerai)	0	0	5	45	50
2.	Kokia buvo Jūsų fizinė savijauta po pratybų? (1 – labai bloga, 2 – bloga, 3 – nei gera, nei bloga, 4 – gera, 5 – labai gera)	0	0	7	50	43
3.	Kokia buvo Jūsų emocinė savijauta po pratybų? (1 – labai bloga, 2 – bloga, 3 – nei gera, nei bloga, 4 – gera, 5 – labai gera)	0	5	12	40	43

50 % apklaustųjų šias pratybas įvertino labai gerai (2 lentelė). Pasiteiravus, kokia jų fizinė savijauta buvo po pratybų, 43 % nurodė, kad labai gera ir 50 %, kad gera. Emocinė savijauta 43 % studentų buvo labai gera, 40 % – gera, 12 % – nei gera, nei bloga bei 5 % – bloga.

Išvados

1. Dauguma studentų (59 %) pasirinko artimiausią evakuacijos kelią, ieškodami evakuacijos plano, gaisrinio čiaupo ir gesintuvo. Todėl galima teigti, kad teorinio mokymo metu gaunamos žinios įtakoja tinkamą sprendimų priėmimą.
2. Gaisro metu svarbus aspektas yra galimybė saugiai evakuotis. 35 % studentų evakuacijos planą surado labai greitai.
3. Sunkiausiai studentams sekėsi surasti gesintuvą. Net 17 % tyrime dalyvavusiųjų užtruko jo ieškodami ilgiau nei 1 min. Tačiau gaisrinį čiaupą, net 31 % studentų, surado iki 5 s.
4. 44 % tyrime dalyvavusių studentų atlikdami užduotį užtruko ilgiau nei 1 min.
5. 91 % apklaustųjų gauta informacija pratybų metu buvo naudinga ir 93 % studentų nurodė, kad tokio pobūdžio pratybos yra reikalingos.
6. Pratybų metu 36 % studentų jautėsi iš dalies nervingi, tačiau po pratybų emocinė būklė daugumai buvo labai gera arba gera.

Literatūra

1. Drury, J.; Cocking, C. 2007. The mass psychology of disasters and emergency evacuations: A research report and implications for practice. Brighton: University of Sussex, p. 40.
2. Emedicinehealth. Smoke Inhalation Overview. 2014. [Žiūrėta 2017-10-03]. Prieiga per internetą: http://www.emedicinehealth.com/smoke_inhalation/article_em.htm
3. Friberg, M.; Hjelm, M. 2014. Mass evacuation – human behavior and crowd dynamics. Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund 2014. 61 p.
4. Hofinger, G.; Zinke, R.; Künzer, L. 2014. Human factors in evacuation simulation, planning and guidance. Transportation Research Procedia 2, 603 – 611.
5. Huo, F. Z.; Song, W. G.; Liu, X. D.; Jiang, Z. G.; Liew, K. M. 2014. Investigation of human behavior in emergent evacuation from an underground retail store. International Conference on Performance-based Fire and Fire Protection Engineering, Wuhan. Procedia Engineering 71 (2014). 350 – 356.
6. Jelenewicz, Ch. P.E. 2008. Human Perceptions and Reactions to fire: Results from Society of Fire Protection Engineers' Annual Survey. Journal of architectural engineering: 1 – 3.
7. Karwowski, W. 2012. The discipline of human factors and ergonomics. In: Salvendy, G. (Ed.) Handbook of human factors and ergonomics (4th ed.), Wiley, Hoboken, p. 3 – 37.
8. Kuligowski, E. D.; Hoskins, B. L. 2010. Occupant Behavior in High-rise Office Building Fire, s.l.: National Institute of Standards and Technology, p. 25.
9. Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas. [interaktyvus], 2003-07-01 Nr. IX-1672, aktuali redakcija 2017-07-01. [žiūrėta 2017-10-03]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.95C79D036AA4/BxykvJXZtC>
10. Ma, J.; Song, W.G.; Tian, W.; Lo, S.M.; Liao, G. X. 2012. Experimental study on an ultra high-rise building evacuation in China. Safety Science 50, p. 1665.
11. Papinigis, V.; Geda, E.; Lukošius K. 2010. Design of People Evacuation from Rooms and Buildings. Journal of civil engineering and management, 16(1): 131 – 139.
12. Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymas „Dėl bendrųjų priešgaisrinės saugos taisyklių patvirtinimo ir kai kurių priešgaisrinės apsaugos departamento prie vidaus reikalų ministerijos ir priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie vidaus reikalų ministerijos direktoriaus įsakymų pripažinimo netekusiais galios“ [interaktyvus], 2005-02-18, Nr. 64. [žiūrėta 2017-10-03]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.C7BB0BCD6F81>
13. Tserng, H. P.; You J. Y.; Chang, C. Y.; Hsiung, K. H. 2011. The Hot Area Evacuation Model Application In Large Scale Gymnasiums. Journal of civil engineering and management, 17(2): 1 – 19.
14. Tubbs, J. S.; Meacham, B.; Kimball A. 2009. Evacuation Design Strategies and Considerations for Tall Buildings: Suggested Best Practices. Ashrae: 1 – 10.
15. Zhao, C. M.; Lo, M. S.; Zhang, S. P.; Liu M. 2007. A Post-fire Survey on the Pre-evacuation Human Behavior. Fire Technology, 45: 1 – 95.
16. Zinke, R.; Hofinger, G.; Künzer, L. 2014. Psychological aspects of human dynamics in underground evacuation: Field experiments. In Weidmann, U., Kirsch, U., Schreckenberg, M. (Hg), Proceedings of the 6th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics (PED), 6 – 8. Juni 2012 in Zürich. Springer, Heidelberg, p. 1149 – 1163.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION AFTER PRACTICAL FIRE SAFETY COURSE

Summary

The most common and most dangerous element confronting people is fire. Fire is uncontrolled combustion process, during which the spreading fire, smoke and high temperatures pose to people in the building, and leave the serious social and economic consequences. Particularly important becomes an automatic (psychomotor) response in case of emergency. To this purpose people must be trained how to act, how to behave safely in the event of fire and evacuate from the building. Even one dead is too many in a fire.

Key words: escape plan, fire, fire prevention, primary fire extinguishing, human factor.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Aušra Stankiuvienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: Technologijos mokslų daktarė.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybinių medžiagų ir gaisrinės saugos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Žmonių ir aplinkos sauga, ergonomika, gaisrinė sauga. **Telefonas ir el. pašto adresas:** (8 5) 274 5238, ausra.stankiuviene@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jurgita Šakėnaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: Technologijos mokslų daktarė.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybinių medžiagų ir gaisrinės saugos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Žmonių ir aplinkos sauga, ergonomika, gaisrinė sauga. **Telefonas ir el. pašto adresas:** (8 5) 274 5238, jurgita.sakenaite@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Aušra Stankiuvienė.

Science degree and name: Doctor of Technology Sciences, Associated Professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Associated Professor of Department of Building Materials and Fire Safety.

Author's research interests: Human's Safety and Environmental Protection, Ergonomics, Fire Safety.

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 5238, ausra.stankiuviene@vgtu.lt

Author name, surname: Jurgita Šakėnaitė.

Science degree and name: Doctor of Technology Sciences, Associated Professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Associated Professor of Department of Building Materials and Fire Safety.

Author's research interests: Human's Safety and Environmental Protection, Ergonomics, Fire Safety.

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 5238, jurgita.sakenaite@vgtu.lt

SPYRUOKLINĖ GAISRO GESINIMO SISTEMA

Vytenis Naginevičius, Esmeralda Štys, Arvydas Petras Bilius, Valdas Speičys
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Sprendžiant įvairius miestų ir ne tik miestų plėtros klausimus susiduriama su požeminių statinių įrengimu, kurio infrastruktūra dažnai išnaudojama įvairių tinklų įrengimui, tame tarpe ir vandentiekio. Straipsnyje nagrinėjama galimybė panaudoti vandentiekio tinklą automatinio gaisro požeminiuose statiniuose gesinimo funkcijai atlikti, apžvelgti požeminių statinių evakuaciniai ypatumai, atlikta sprinklerinės gaisrų gesinimo sistemos analizė, pateiktas automatinio režimo vamzdinės gesinimo sistemos konstrukcijos ir veikimo principo aprašas bei pateikti galimi gesinimo sistemos vamzdyno konstrukcijos formavimo sprendiniai.

Reikšminiai žodžiai: tunelis, spyruoklinis vamzdis, gaisro gesinimas.

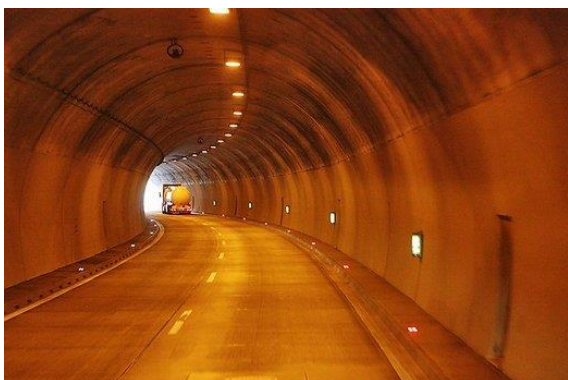
Įvadas

Vokietijos automobilių klubo ADAC saugaus eismo ekspertų vertinimu, Europos tuneliai tampa vis saugesni dėl gerėjančių eismo sąlygų, tačiau šie statiniai vis dar kelia didžiulį rūpestį, nes evakuacijos klausimas daugeliu atveju yra aklavietėje. Todėl vienintelė išeitis yra efektyvios gaisrų gesinimo sistemos.

Požeminiai statiniai statomi įvairiuose gyliuose nuo žemės paviršiaus ir skirstomi į: a) transporto tunelius; b) pėsčiųjų tunelius; c) autotransporto stovėjimo vietas, garažus ir aptarnavimo stotis.

Požeminiai statiniai pagal gylį nuo žemės paviršiaus skirstomi į: a) sekliuosius iki 10 m. gylio (pėsčiųjų tuneliai, automobilių stovėjimo vietas, garažai, kolektoriai, sandėliai); b) giliuosius, kurie įrengiami nuo 10 iki 40 m. gylyje. Kartais jie įrengiami ir giliau po užstatyta teritorija, kalnuotoje vietoje, po upėmis (automobilių ir geležinkelių ar metro linijų tuneliai).

Vieną iš mūsų tyrimo objektų sudaro uždengtoji dalis (1 pav.) ir du atviri prietuneliai (2 pav.). Prietunelinis – lovio formos gelžbetoninė vientisa konstrukcija – arba atvira iškasa, kurios šlaitai sutvirtinti atraminėmis sienomis (2 pav.). Šių statinių specifiška rodo, kad dėl kai kurių atvejais didelio ilgio gaisro atveju iškyla didelė evakuacijos problema.



1 pav. Tunelio uždengtoji dalis



2 pav. Prietunelis su atraminėmis sienomis

Vokietijos automobilių klubo ADAC saugaus eismo ekspertų vertinimu, Europos tuneliai tampa vis saugesni dėl gerėjančių eismo sąlygų (pvz. papildomų pralaidų atidarymo), tačiau šie statiniai vis dar kelia didžiulį rūpestį, nes evakuacijos klausimas daugeliu atveju yra aklavietėje.

Todėl vienintelė išeitis yra efektyvios gaisrų gesinimo sistemos, nes gaisro galimybės tikimybė, bet kuriuo atveju, vis tiek egzistuoja (lokalūs gaisrai transporto priemonėse, avarijos ir pan.).

Tyrimo objektas – vamzdinė gaisro gesinimo sistema požeminiame tunelyje.

Straipsnio tyrimo tikslas – ištirti vandentiekio tinklo vamzdyno panaudojimo galimybes gaisro gesinimui požeminiuose statiniuose.

Uždaviniai tikslui pasiekti:

1. Atlikti sprinklerinės gaisrų gesinimo sistemos, naudojamos požeminiuose statiniuose, konstrukcijos analizę.
2. Pateikti automatinio režimo vamzdinės spyruoklinės gaisro gesinimo sistemos konstrukcijos, panaudojant vandentiekio vamzdyną, ir veikimo principo aprašą.
3. Pateikti galimus gesinimo sistemos vamzdyno konstrukcijų formavimo sprendinius.

Vamzdinės sprinklerinės gaisro gesinimo sistemos konstrukcijos analizė

Skysčių išpurškimo įrenginių konstrukcijos ir jų veikimo principai yra nagrinėjami darbuose [1,2,3,4,5,6,7].

Egzistuoja daugybė automatinio gaisro gesinimo metodų ir būdų, kuriuos gamina daugelis firmų. Viena iš nepriekaištingomis techninėmis charakteristikomis pasižyminčių sistemų yra spyruoklinė automatinio gaisro gesinimo sistema, suprojektuota vokiečių firmos Minimax GmbH&Co.KG [8].

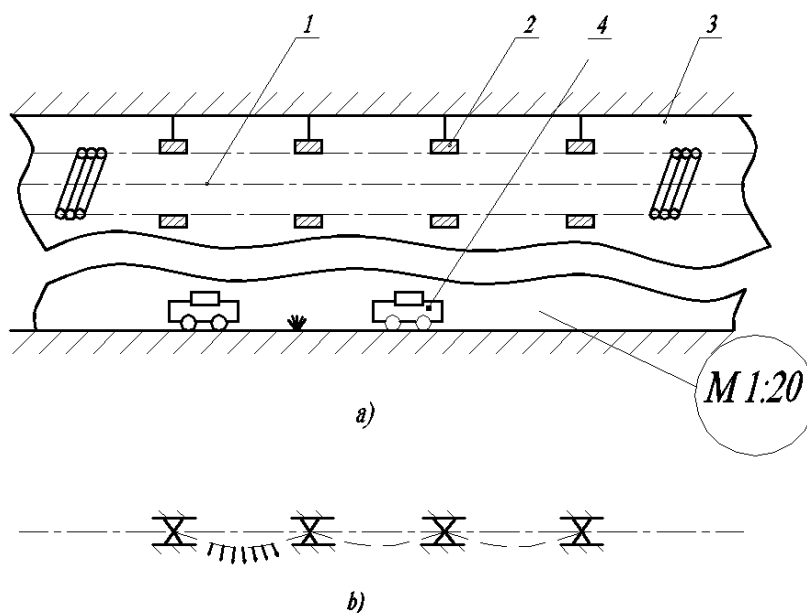
Sprinklerinę vandens gesinimo sistemą sudaro purkštuvai su specialiu temperatūriniu užraktu (sprinkleriai), vamzdžiai, jų tvirtinimo įtaisai, san techninė armatūra, signalinių vožtuvų mazgai, aliarmo signalizatoriai ir skambučiai, vandens tėkmės indikatoriai, vandens siurbliai, valdymo bei energijos tiekimo įrenginiai ir kt. Gesinimo sistema atlieka ir gaisrinės signalizacijos funkcijas. Sprinklerinės sistemos skirstomos į užpildytas vandeniu, kai vamzdynai montuojami patalpose, kuriose minimali oro temperatūra ne žemesnė kaip +5 0C ir užpildytas oru, kai vamzdynai rengiami neapšildomose patalpose. Įvykus užsidegimui ir aplinkos temperatūrai pasiekus nustatytą ribą (pvz. +68 0C), sprogsa sprinklerinio purkštuko ampulė ir vanduo purškiamas į gaisro židinį. Gesinimo stotyje atsidaro signalinis vožtuvas, kuris praleidžia vandenį link gaisro židinio ir tuo pačiu perduoda garsinius bei elektrinius signalus budinčiam personalui. Kritus slėgiui vamzdynuose žemiau nustatytos ribos, automatiškai įsijungia gaisriniai siurbliai, kurie užtikrina reikiamus gesinimo vandeniu parametrus. Po gaisro užgesinimo sistema išjunginama rankiniu būdu.

Sistema yra viena moderniausių, tačiau sudėtinga ir todėl ne šimtaprocentinio patikimumo ir dar priklausoma nuo tokių veiksnių kaip elektros energijos tiekimo patikimumas bei nuolatinė techninė priežiūra, kas dažnai tuneliuose be eismo stabdymo neįmanoma. Be to, gesinimo funkcijai realizuoti reikia daugybės purkštuvų. Tai didina eksploatacijos kaštus.

Šių trūkumų neturi mūsų siūloma automatinė gaisro gesinimo sistema.

Spyruoklinė gaisro gesinimo sistema

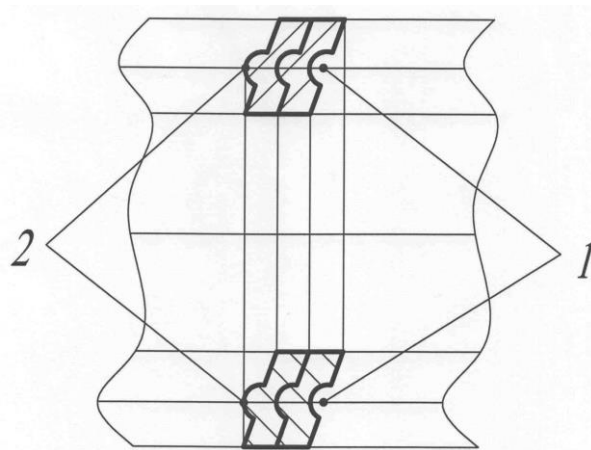
Originalios gesinimo sistemos konstrukcija tai iš specialios formos ir sandaros vielos į spyruoklę susuktas vamzdelis 1, kuriam ašine kryptimi suteikiama įvarža. Vamzdis 1 tvirtinamas atramose 2, kurios savo ruožtu tvirtinamos prie tunelio 3 lubose. Konstrukcijos schema pateikiama 3 paveiksle.



3 pav. Spyruoklinė gaisro gesinimo sistema: a) sistema neaktyvi, b) sistema aktyvi

Vamzdis 1 atlieka vandens magistralės funkciją, o sandarumas užtikrinamas vieloje suformuotos išilginius išpjovą 1 ir iškilimą 2 priešingose lygiagretainio skerspjūvio formos vielos sienelės pusėse ir ją susukant taip, kad iškilimas 2 patektų į išpjovą 1 (4 pav.). Vamzdeliui susukimo metu suteikiama ašinė įvarža.

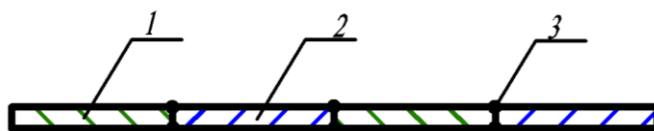
Kilus gaisrui tunelyje 3 (3 pav., b). ir kylant temperatūrai, vielos fragmentai dėl skirtingo plėtimosi koeficiento pailgėja skirtingai ir vamzdis 1 deformuojasi. To pasekoje, darant prielaidą, kad temperatūros gradientas išilgai vamzdžio tarp dviejų atramų 2 yra vienodas, tarp vamzdžio vijų atsiranda tarpeliai ir vanduo pro juos išteka ugnies šaltinio 4 link. Vyksta gesinimo procesas.



4 pav. Į vamzdelį susukta viela

Gesinimo sistemos vamzdžio konstrukcija

Jautresnei spyruoklės reakcijai į temperatūros pokyčius reikalingas spyruoklės vielos fragmentų 1 ir 2 sujungimas taškuose 3 (5 pav.).



5 pav. Spyruoklės viela

Kuo skirtingesnis fragmentų plėtimosi koeficientas α , tuo labiau spyruoklė bus linkusi deformuotis keičiantis temperatūrai. Oro temperatūra tunelio aplinkoje svyruoja ne itin ženkliai (apie 20° max), todėl fragmentų deformacijų poveikis spyruoklės geometrijai neženklaus ir vamzdžio sandarumas yra užtikrinamas, skirtingai nuo to atvejo, kai tunelyje kyla gaisras ir temperatūrų svyravimas gali siekti 1000° C ir daugiau.

Linijos plėtimosi koeficientas α yra dydis, parodantis medžiagos ilgio, ploto ar tūrio pokytį kintant temperatūrai ir lygus santykiniam kūno tūrio padidėjimui pakėlus vienu laipsniu:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} \quad (1)$$

čia l_0 – kūno ilgis 0° C temperatūroje, Δt – temperatūros skirtumas, Δl – kūno pailgėjimas.

Jeigu Δt yra nedidelis, tai kūno pailgėjimas Δl yra proporcingas Δt :

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta t \quad (2)$$

Vielos fragmentams parinkti buvo palyginti dažniausia ir mažiau įvairių metalų linijinio plėtimosi koeficientai: cinkas ($\alpha = 29,7 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), švinas ($\alpha = 28,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), magnis ($\alpha = 25,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), alavas ($\alpha = 23,4 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), aliuminis ($\alpha = 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), žalvaris ($\alpha = 18,7 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) ir anglinis plienas ($\alpha = 13,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), titanas ($\alpha = 8,6 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), vanadis ($\alpha = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), silicis ($\alpha = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), molibdenas ($\alpha = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), volframas ($\alpha = 4,3 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) [3]. Perkant metalus su kuo labiau besiskiriančiais linijinio plėtimosi koeficientais, įtakos turi ekonominis faktorius ir ypač metalų suvirinamumas, nes ne visi šią sąlygą atitinkantys metalai gerai susivirina. Galimai parinkti metalai yra aliuminis ir anglinis plienas.

Suvirinant šiuos metalus susiduriama su dideliu lydymosi temperatūrų skirtumu (Al $T_{\text{lyd}} = 660^{\circ}$ C; Fe $T_{\text{lyd}} = 1539^{\circ}$ C) [4] ir skirtingu metalų linijinio plėtimosi koeficientu. Be to, suvirinimo siūlyje susidaro trapūs tarpmetaliniai junginiai Fe_2Al_5 , FeAl_3 ir FeAl_2 ir sunkiai lydi Al_2O_3 plėvelė ($T_{\text{lyd}} = 2047^{\circ}$ C), kuri dar labiau pasunkina suvirinimą. Prieš suvirinant šalinama oksido plėvelė ir neleidžiama jai susidaryti suvirinimo procese. Aliuminio oksidas šalinamas trimis būdais: ištirpinant glaiste arba fliuose esančias medžiagas, sudarant elektros srovę arba mechaniškai. Paprasčiau yra suvirinti aliuminį su plienu, padengtu metalu, kuris gerai „dera“ su aliuminiu. Rekomenduojama plieną padengti cinku arba variu ir cinku, nes cinkas pagerina aliuminio sklidimą plieno paviršiumi. Aliuminis su cinku padengtu plienu lankiniu būdu (TIG) kintama srove, naudojant

specialius flusus sunkiai lydžios Al_2O_3 plėvelės panaikinimui bei šaltuoju slėginiu, difuziniu ar kontaktiniu būdais.

Darbe nepateikiami suvirinimo darbų kaštai, tačiau daroma prielaida, kad vamzdžio gamybos kaina yra žemesnė už sprinklerinių gesinimo sistemų įrengimą.

Išvados

1. Išanalizuota situacija požeminiuose statiniuose (transporto tuneliuose) gaisrų atveju. Evakuacijos galimybės minimalios.
2. Egzistuojančios gaisrų gesinimo sistemos yra priklausomos nuo saugumą mažinančių faktorių (elektros srovės tiekimo sutrikimai ir pan.) ir yra santykinai brangios dėl įrengimo ir priežiūros kaštų.
3. Pateiktas automatinės gesinimo sistemos konstrukcijos, išnaudojant skirtingų medžiagų su skirtingais šiluminio plėtimosi koeficientais efektą, veikimo principas.
4. Parinkti vamzdžiui gaminti vamzdžio vielą formuojantys aliuminio ir plieno fragmentai, pateikiant jų sujungimo (suvirinimo) technologiją.

Literatūra

1. Cho K J, Recinella D K. Pattern of dispersion from pulse-spray catheter for delivery of thrombolytic agents: Design, theory and results. *Journal of Academic Radiology*, 4(3). 1997.
2. Miller P, Ellis M. Effects of formulation on spray nozzle performance form applications from ground-based sprayers. *Journal of Crop Protection*. 19(8-10). 2000.
3. Huang Y, Hsu C. Dynamic behavior of tubes subjected to internal and external cross flows. *Journal of Shock and Vibration*. 4(2). 1997.
4. Caillaud S, Langre de E. The measurement of fluid elastic effects at low reduced velocities using piezoelectric actuators. *Journal of Pressure Vessel Technology – Transactions of the ASME*. 121(2). 1991.
5. Brodeur P. Motion of fluid-suspended fibres in a standing wave fields. *Journal of Ultrasonics*. 29. 1991.
6. Coakley W T, Zamani F. Cell manipulation in ultrasonic standing wave fields. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 44(1). 1989.
7. Riera-Franco de Sarabia, Gallego-Juarez. Ultrasonic agglomeration of micron aerosols under standing wave conditions. *Journal of Sound and Vibration*. 110. 1986.
8. Sprinkler systems.<https://minimax.com>.
9. Linijinio plėtimosi koeficientai. Prieiga per Internetą: http://temperatures.ru/pages/temperaturnyi_koefficient_lineinogo_rasshireniya
10. Kulikauskas L. Medžiagotyra. Konstrukcinės medžiagos.-Vilnius: Žara, 1997.

SPIRAL FIRE FIGHTING SYSTEM

Summary

Analizing urban and urban development it is often faced with the installation of underground structures which infrastructure is often used for the installation of various networks, including plumbing.

The paper examines the possibility of using the water supply network for automatic fire extinguishing in underground structures, reviewing the evacuation features of underground structures, the sprinkler fire extinguishing system analyzed, the design and operation principle of the automatic mode pipeline extinguishing system described, as well as possible solutions for the pipeline design of the extinguishing system.

Key words: tunnel, spring pipe, fire extinguishing

AUTORIAUS LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vytenis Naginevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninė inžinerija, hidraulika, švietimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Esmeralda Štyps

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninė inžinerija, švietimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 48810, Esmeralda.styps@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arvydas Petras Bilius

Mokslo laipsnis ir vardas: -

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: susisieikimo komunikacijų defektai ir pažaidos, būklės vertinimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 601 05688, arvydaspetras68@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Valdas Speičys

Mokslo laipsnis ir vardas:

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, švietimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 653 25543, valdas.speicys@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Vytenis Naginevičius

Science degree and name: doctor of technological sciences

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associated professor of Transport and mechanic engineering study field study program department

Author's research interests: mechanical engineering, education

Telephone and e-mail address: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Esmeralda Štyps

Science degree and name: doctor of technological sciences

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associated professor of Transport and mechanic engineering study field study program department

Author's research interests: mechanical engineering, education

Telephone and e-mail address: +370 610 48810, esmeralda.styps@edu.ktk.lt

Author name, surname: Arvydas Petras Bilius

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: Communications Defects and Damages, Condition Assessment.

Telephone and e-mail address: +370 601 05688, arvydaspetras68@gmail.com

Author name, surname: Valdas Speičys

Science degree and name:

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Transport and mechanic engineering study field study program department, lecturer

Author's research interests: manufacturing technologies, education.

Telephone and e-mail address: +370 653 25543, valdas.speicys@edu.ktk.lt

JUDUMO SKATINIMO PRIEMONĖS MIESTE, GEROJI PASAULIO PATIRTIS

Adomas Kriukovas, Jonas Matijošius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija. Judumas šiuolaikiniame pasaulyje yra vienas iš pagrindinių kriterijų užtikrinančių bendrą Europos laisvų politikos vystymąsi. Šiuolaikinis pasaulis be transporto tinklo mieste yra sunkiai įsivaizduojamas. Didėjantis gyventojų skaičius mieste dinamiškai vysto ir transporto priemonių skaičių, formuoja kamščius. Todėl yra labai svarbu išanalizuoti kitų šalių gerą patirtį judumo skatinimo klausimais. Straipsnyje pateikta įvairių pasaulio miestų judumo skatinimo pavyzdžiai

Reikšminiai žodžiai: Judumas mieste, gerovės kūrimas, eismo srautai, viešasis transportas, dalijimosi paslauga.

Įvadas

Europos Sąjunga (ES) investuodama į žmonių judumą mieste siekia padidinti socialinę – ekonominę žmonių gerovę. Socialinė nauda gali būti įvardijama kaip vaikų, moksleivių, studentų, senjorų bei žmonių su negalia lengvatinis judumo užtikrinimas. Taip pat transporto priemonės bei gatvių infrastruktūra pritaikyta žmonėms su negalia. Tuo tarpu ekonominę gerovę pajusime didmiesčiuose sumažinę transporto spūstis. Sklandžiai judantis miestas yra daug patrauklesnis verslininkams. Išvystyta ir sklandžiai veikianti viešojo transporto sistema miesto gyventojams leistų sutaupyti ir laiko ir pinigų, mažėtų gyventojų priklausomybė nuo asmeninio transporto.

Efektyvus ir veiksmingas miesto transportas gali žymiai prisidėti prie Europos Sąjungos užsibrėžtų tikslų įgyvendinimo. Šie tikslai yra susiję su transporto sistemos, žmonių socialinės – ekonominės gerovės, klimato kaitos bei šalių atsiribojimo nuo iškastinio kuro gerinimu. Europos komisija 2011 metais priėmė 40 konkrečių iniciatyvų ir suformavo transporto Baltąją knygą, kurioje išdėstytos šios iniciatyvos ir konkretus veiksmų planas kaip jas įgyvendinti. Vienas iš pagrindinių Baltosios knygos tikslų yra iki 2030 m. dvigubai sumažinti įprastiniu kuru varomų automobilių naudojimą miestuose, o iki 2050 m. pasiekti, kad miestuose jų nebeliktų.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti judumo skatinimo priemones miesto viešajame transporte gerą pasaulio praktiką. Tikslui pasiekti yra iškelti šie gerosios patirties uždaviniai:

1. Išanalizuoti judumo skatinimo priemones viešajame transporte.
2. Išanalizuoti dalijimosi (sharing) paslaugos praktiką pasaulyje.

Judumo skatinimo priemonės viešajame transporte, geroji pasaulio patirtis

Prioritetas viešajam transportui Krokovoje. Lenkijoje, Krokovo mieste, vietinė valdžia 2009 metais nusprendė suteikti aiškų prioritetą viešajam transportui. Buvo nuspręsta atskirti viešojo transporto (autobusų ir tramvajų) eismo juostas nuo bendro naudojimo eismo juostų, taip pat sureguliuoti miesto šviesoforų tinklą teikiant pirmenybę viešajam transportui. Buvo atlikti tyrimai pasirinktais maršrutais prieš atskiriant eismo juostas ir šviesoforams teikiant prioritetą viešajam transportui ir po to. Tyrimo rezultatai parodė, kad vakarinio piko metu, po eismo juostų atskyrimo ir prioriteto suteikimo, to paties maršruto:

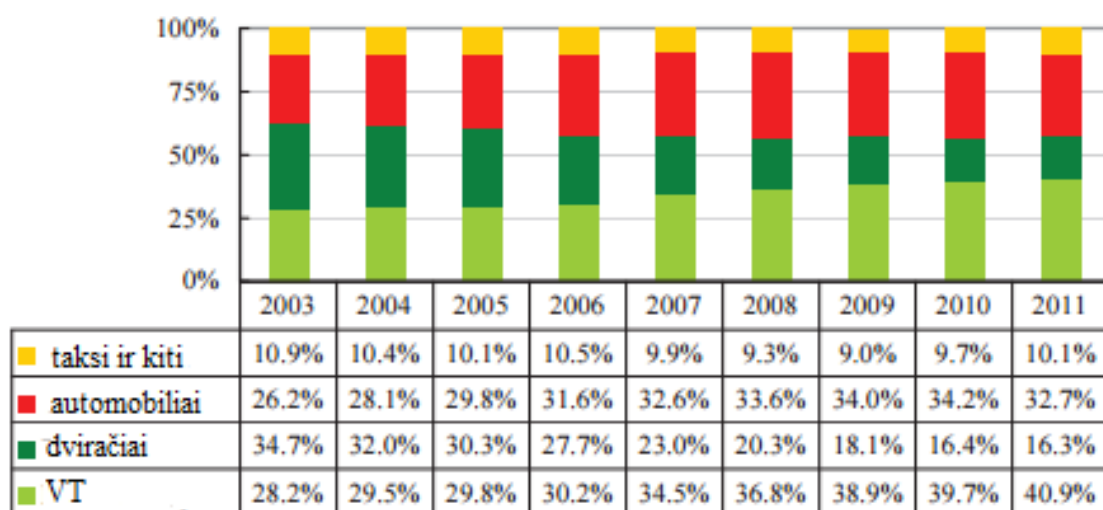
- vidutinis kelionės laikas autobusais sumažėjo 25 %, tramvajais sumažėjo 9 %;
- vidutinė deviacija nuo autobusų tvarkaraščio sumažėjo 29 %, nuo tramvajų tvarkaraščio sumažėjo 18 %;
- keleivių skaičius autobusuose padidėjo 3 %, tramvajuose padidėjo 7 % (M. Bauer).

Viešojo transporto prioritetinių eismo juostų plėtra Pekine

Kinijos sostinėje Pekine 2004 metais buvo sukurtas Pekino transporto plėtros planas (2004-2020), kuriame buvo nurodyta viešajam transportui suteikti prioritetą ir skirti daug investicijų, kad viešasis transportas taptų populiariausiu judumo mieste būdu. Pekine nuo 2004 metų iki 2010 metų prioritetinių autobusų juostų tinklas išaugo nuo 165 iki 450 kilometrų. Taip pat buvo numatyta ženkliai padidinti miesto traukinių ir tramvajų geležinkelio bėgių tinklą. Plėtros plane nurodyta, kad 2010 m. Pekino geležinkelio bėgių tinklas turi būti 300 km., 2012 m. 420 km., 2015 m. 561 km.

Tiriant Pekino plėtros plano efektyvumą 2012 m. buvo atliktas tyrimas, kuriame nustatyta, kad:

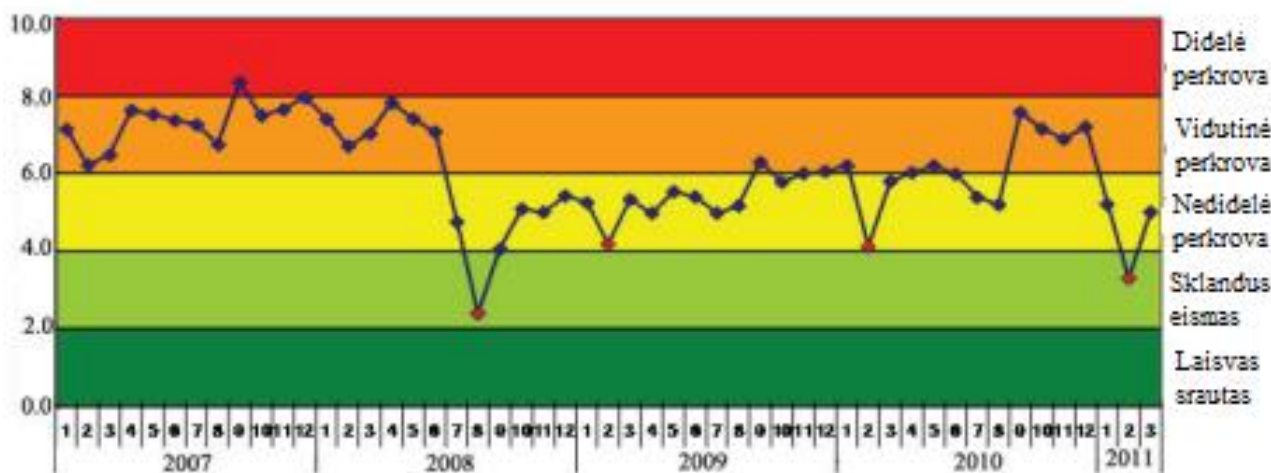
- Viešojo transporto (VT) (autobusų ir geležinkelio transporto) populiarumas ženkliai didėja (1 pav.);



1 pav. Judumo būdai Pekine 2003-2011 m.

Kaip matome 1 pav. viešąjį transportą 2003 m. rikosi 28,2 % Pekino gyventojų, o 2011 m. net 40,9 %.

- Pastebimai sumažėjo eismo perkrova.(2 pav.);

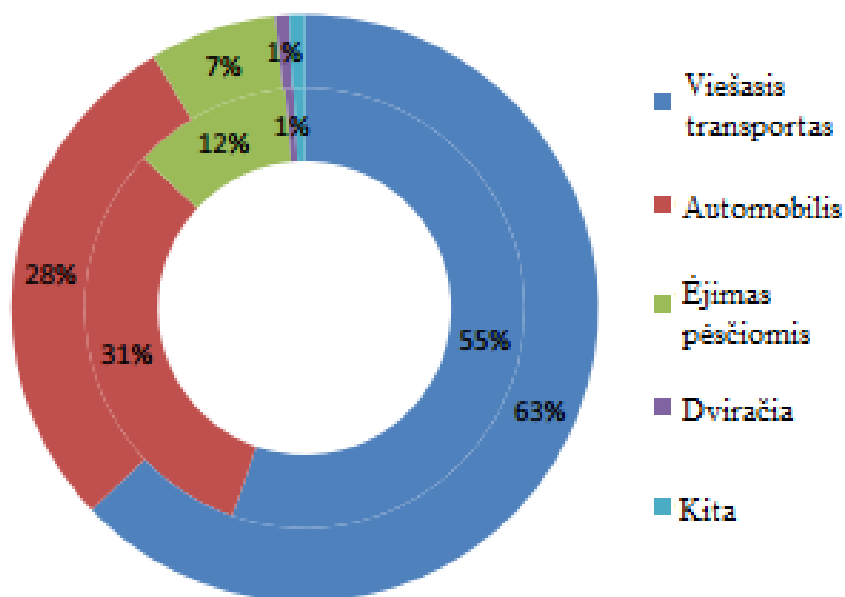


2 pav. Eismo perkrovos indeksas Pekine 2007-2011 m.

Kairėje 2 pav. pusėje nurodytas eismo perkrovos indeksas, linijinis grafikas sudarytas iš duomenų gautų darbo dienomis piko metu. Galima pastebėti, kad Pekino eismo perkrovos indeksas kasmet mažėja. Pirmajame 2011 metų ketvirtyje vidutinis eismo perkrovos indeksas buvo 4.48, palyginus su 2010 metų pirmuoju ketvirčiu jis sumažėjo 16,6 %. 2007 metais per parą buvo suskaičiuojama iki 165 minučių didelės eismo perkrovos, o 2011 m. šis skaičius sumažėjo iki 20 minučių (M. Liu ir kiti).

Nemokamas viešasis transportas Taline. Siekiant pagerinti žmonių judrumą ir sumažinti transporto spūstis miesto centre 2013 m. Taline buvo įdiegta nemokamo viešojo transporto sistema. Nemokamai viešuoju transportu galėjo naudotis visi žmonės oficialiai deklaravę savo gyvenamąją vietą Taline. Praėjus vos metams po nemokamo viešojo transporto įdiegimo jau buvo pastebimi teigiami rezultatai (3 pav).

Kaip matyti 3 pav. vos per vienerius metus žmonių keliaujančių viešuoju transportu skaičius išaugo nuo 55 % iki 63 %. Žmonių pasirinkusių keliauti automobiliu sumažėjo 3 %. Tyrimo rezultatai taip pat parodė, kad Talino gyventojų kelionių skaičius kuriose buvo naudojamas viešuoju transportu padidėjo net 14 %. Šie rezultatai aiškiai skiriasi nuo visos Estijos žmonių judrumo būdo pasirinkimo, nes 2013 m. lyginant su 2012 m. žmonių keliaujančių viešuoju transportu skaičius sumažėjo nuo 23,1 % iki 22,9 % (O. Cats ir kiti).



3 pav. Žmonių judrumo būdai Taline (vidinis žiedas 2012m., išorinis 2013 m.).

Geteborgo (Švedija) transporto sistema – prieina visiems

Geteborgo mieste, Švedijoje, 2004 m. buvo nuspręsta išstobulinti viešojo transporto sistemą taip, kad ją galėtų naudotis visi miesto gyventojai. Šis projektas vadinamas „Kolla“ ir jis prasidėjo po to, kai buvo atlikti tyrimai, kaip šiame mieste palengvinti žmonių su specialiais poreikiais judrumą.

2003 m. vietinės valdžios inicijuota grupė atliko tyrimus, kaip vietinė transporto sistema galėtų tapti prieinamesnė ir pigesnė žmonėms su negalia. Po atlikto tyrimo, 2004 m. buvo išplatintos rekomendacijos, kuriomis vadovaujantis buvo pradėtas įgyvendinti „Kolla“ projektas. Pagrindiniai šio projekto prioritetai:

- Padidinti gatvių, viešojo transporto stotelių ir stočių, transporto priemonių prieinamumą žmonėms su negalia;
- Padidinti žmonių su negalia komfortą, įdiegus išmaniasias technologijas stotelėse sukurti pagalbos skambučių sistemą;

- Stiprinti bendradarbiavimą ir dialogą tarp suinteresuotųjų šalių.

Iki 2010 m. užsibrėžti šie tikslai:

- Daugiau viešojo transporto priemonių turi būti prieinama kiekvienam gyventojui;
- Viešasis transportas turi būti pasiekiamas 98 % Geteborgo miesto gyventojų;
- Neturi likti skirtumo tarp specialaus transporto paslaugų ir įprasto viešojo transporto.

Nuo 2005 iki 2010 m. projekto „Kolla“ pasiekti rezultatai (Eltis):

- 23 % sumažėjo žmonių su negalia kelionių ne viešoju transportu (taksi, privatūs vairuotojai..);
- Tramvajaus stotelių pasiekiamų žmonėms su negalia skaičius išaugo 50 %, kitų viešojo transporto stotelių net 90 %;
- Tramvajų pritaikytų įsilaipinti žmonėms su negalia skaičius išaugo 12 %, visi autobusai pritaikyti įsilaipinti žmonėms su negalia;
- Viešojo transporto su automatiniais garsiniais pranešimais skaičius išaugo 40 %.

Galime pastebėti, kad vos per penkerius metus miesto viešasis transportas tapo žymiai prieinamesnis žmonėms su negalia. Tai smarkiai pagerino žmonių su negalia judrumą Geteborgo mieste..

Geroji dalijimosi (sharing) paslaugos praktika pasaulyje siekiant pagerinti žmonių judrumą mieste

Dalijimosi funkcija kovojant su užkimštomis miesto gatvėmis Bremene (Vokietija). Bremeno miestas 2014 m. buvo apdovanotas CIVITAS apdovanojimu už geriausią darnaus judumo mieste planą. Prie šio apdovanojimo smarkiai prisidėjo miesto iniciatyva skatinti dalijimosi automobiliu ir dviračiais funkciją. Ši funkcija buvo pasitelkta siekiant sumažinti miesto gyventojų priklausomybę nuo asmeninio automobilio. 2009 m. sudarytame dalijimosi automobiliu veiksmų plane buvo užsibrėžtas tikslas iki 2020 m. pasiekti 20,000 automobilių dalijimosi paslaugos vartotojų ir taip sumažinti privačių automobilių Bremeno mieste skaičių net

6,000. Kasmetinė vartotojų apklausa Bremene atskleidė, kad kiekvienas dalijimosi paslaugoje „dirbantis“ automobilis iš miesto gatvių pašalina maždaug 15 privačių automobilių.

Automobilių dalijimosi paslauga ištis veiksminga. Tai aiškiai parodo 2016 m. atlikti skaičiavimai, kurie atskleidė, kad tais metais jau buvo užregistruota daugiau nei 11,000 šios paslaugos vartotojų ir iš miesto gatvių pašalinta daugiau nei 3,700 automobilių, kurių bendras ilgis gatvėje sudarytų apie 20 kilometrų (M. Glotz-Richter).

Geroji dalijimosi miesto dviračiais patirtis Monrealyje. Monrealyje 2009 m. startavo nauja miesto dviračių dalijimosi sistema „BIXI“. Jau pirmaisiais veikimo metais sistemoje dalyvavo 5,000 naujų dviračių ir buvo sukurta 450 naujų miesto dviračių punktų. Visi miesto gyventojai nuo 14 metų gali naudotis viešaisiais dviračiais įsigiję dienos bilietą už 5 dolerius, mėnesio 28 už ir sezono už 78 dolerius. Įsigiję bilietą jo galiojimo metu vartotojai gali naudotis viešaisiais dviračiais kiek nori kartų, tačiau ne ilgiau nei 30 minučių. Viršijus pusę valandos už kiekvieną papildomą pusvalandį reikia sumokėti 1,5 dolerio.

Praėjus metams po šios sistemos pradžios buvo atliktas tyrimas, kokie žmonės dažniausiai naudoja šią paslaugą. Buvo apklausta 2502 respondentai, kurių vidutinis amžius buvo 47,4 m., iš jų 61 % buvo moterys. Net 8,2 % visų apklaustųjų bent kartą per pastaruosius metus naudojo viešą miesto dviračių dalijimosi sistemą. Didžioji dalis apklaustųjų nurodė gyvenantys vos 250 m. spinduliu nuo dviračių nuomos punkto (D. Fuller ir kiti.).

Išnagrinėjus Monrealio gyventojų judrumo į darbą ir iš jo prioritetus paaiškėjo, kad net 20 % teigė, kad važiuoja dviračiu, 22 % eina pėsčiomis, 10 % važiuoja automobiliu, 19 % naudoja viešuoju transportu ir 29 % keliauja kitais būdais.

Sumaniųjų transporto sistemų (ITS) taikymas gerinant judrumą miestuose. Per pastarąjį dešimtmetį Europoje buvo skiriamas itin didelis dėmesys ir investicijos tyrimams susijusiems su tvaraus judumo miestuose gerinimu ir naujų tvaraus judumo formų sukurimu. Visos šios investicijos buvo skirtos tam, kad pasitelkus naujas darnaus judumo mieste formas ir strategijas žmonės atsikauptų individualaus transporto. Iš daugelio sukurto planų Europos Komisija išskiria miestų tvaraus judumo planą PUMS (Urban Plan of Sustainable Mobility) ir šiame plane numatytas sumanias transporto sistemas ITS (Intelligent Transport Systems). Pasitelkus sumaniasias transporto sistemas norima sukurti pilnai integruotą transporto tinklą. Pritaikius pažangias navigacijos sistemas ir palydovinį sekimą veikiančią ant europietiško platformų „Galileo“ ir „Egnos“ būtų įmanoma (C. Zavaglia):

- Gauti multimodalinę informaciją realiu laiku;
- Stebėti saugumo situaciją keliuose;
- Gauti skubios pagalbos keliuose informaciją iš eCall ir SoL (Safety of Life Service) tarnybų;
- Stebėti laisvas parkavimo vietas ir jas rezervuoti;
- Atsiskaityti už su transportu susijusias mokamas paslaugas;
- Stebėti viešąjį transportą;
- Galintis informacija principu automobilis – automobiliui ir automobilis – infrastruktūra;
- Stebėti pavojingų krovinių gabenimo informaciją;
- Susekti prarastą ar pavogtą turtą.

Atlikus įvairių sumaniųjų transporto sistemų bandymus miesto ir užmiesčio vietovėse Europoje ir Jungtinėse Amerikos Valstijose buvo pasiekti tokie rezultatai:

- 20 % sumažėjęs kelionės laikas;
- Transporto tinklo pajėgumas padidėjo 5-10 %;
- Eismo įvykių skaičius sumažėjo 5-10 %;
- Transporto spūstys sumažėjo 10-15 %;
- Sumažėjo transporto išmetamųjų teršalų 10-15 %;
- Energijos suvartojimas sumažėjo 12 %.

Šie rodikliai pasiekti pritaikius ITS, kurias įdiegti kainuoja kur kas mažiau nei miestuose sukurti naują infrastruktūrą.

Eismo juostos skirtos tik viešajam transportui ir nutrūkstančios viešojo transporto juostos. H.B. Zhu (Ningbo Universitetas, Kinija) atliko trijų viešojo transporto prioritetų modelių tyrimą, kuriame buvo lyginami trys modeliai:

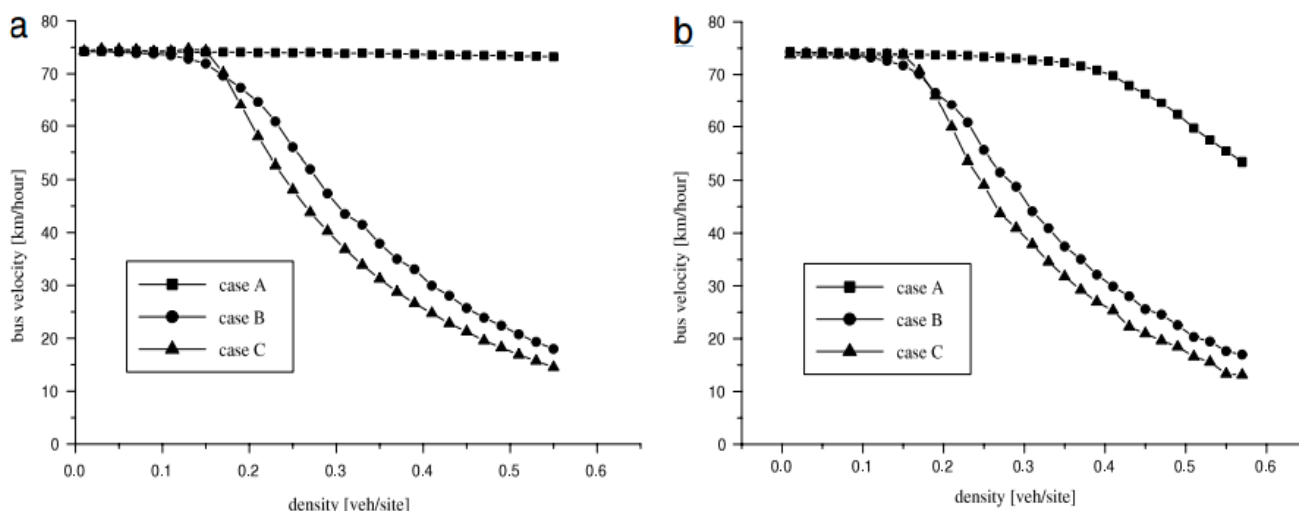
a) Prioritetinės viešojo transporto eismo juostos skirtos tik viešajam transportui (DBL – dedicated bus lane). Dešinioji eismo juosta skirta tik viešajam transportui.;

b) Prioritetinės viešojo transporto eismo juostos su nutrūkimais (IBL – intermittent bus lane). Dešinioji eismo juosta skirta tik viešajam transportui tik tam tikrose atkarpose (kur dažniausiai susidaro spūstys), kitose vietose ją gali naudoti visi eismo dalyviai;

c) Jokio prioriteto – viešasis transportas dalyvauja bendram transporto priemonių sraute.

Tyrimui buvo pasirinktas dviejų eismo juostų kelias. Atliekant tyrimą buvo keičiamos pagrindinės transporto srautą įtakančios funkcijos ir jų parametrai: greitis, srauto pasiskirstymas, transporto priemonių skaičius sraute ir pan. Atlikęs šių modelių simuliacijas H. B. Zhu nustatė, kad DBL modelis turi aiškų pranašumą dėl to, kad viešasis transportas yra visiškai atskirtas nuo bendro automobilių srauto ir taip nėra jokių faktorių varžančių viešojo transporto greitį ar reguliarumą.

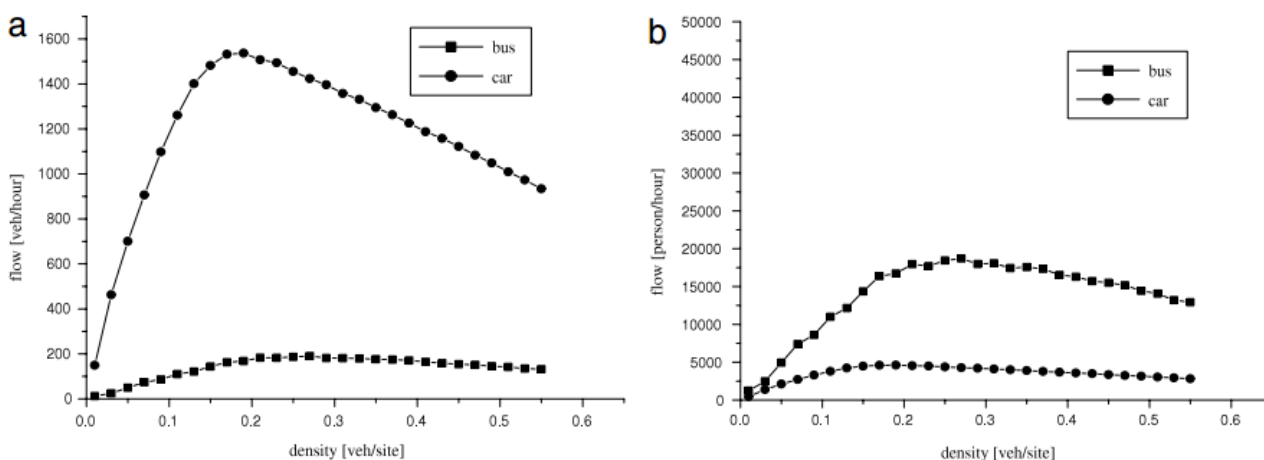
Pagal tyrimo rezultatus buvo sudaryti grafikai, kuriuose matoma viešojo transporto greičio priklausomybė nuo gatvės užimtumo visais trim atvejais (4 pav.). Nustatyta, kad kai gatvių užimtumas mažas – greitis visais trim atvejais yra toks pats ir viešasis transportas gali judėti reikiamu greičiu, nes tam nėra jokių kliūčių.



4 pav. Greičio priklausomybė nuo gatvės užimtumo (a) $R=0,1$, (b) $R=0,2$

Didėjant gatvių užimtumui, greičiai B ir C atvejais pradeda mažėti, o A atveju greitis išlieka toks pats (išryškėja DBL sistemos pranašumas). Tačiau taip pat pastebima, kad padidėjus santykiui R (tai santykis tarp viešojo transporto skaičiaus ir viso transporto priemonių skaičiaus sraute) A atveju greitis padidėjus gatvės užimtumui pradeda mažėti, o B ir C atvejais santykis R įtakos beveik neturi. Tai reiškia, kad A atveju viešojo transporto greičiui įtaką daro tik pačio viešojo transporto skaičius, o B ir C atvejais greičiui įtaką tik bendras gatvės užimtumas.

Tyrimo metu taip pat buvo skaičiuojama kiek keleivių per valandą gali būti gabenama automobiliais ir viešuoju transportu. Buvo pasirinkta, kad lengvaisiais automobiliais keliauja 3 žmonės, o viešuoju transportu 100 žmonių (pav. 5).



5 pav. Transporto priemonių srautas per valandą (a) ir pervežamų žmonių skaičius IBL sistemoje ($R=0,1$) (b) lengvaisiais automobiliais ir viešuoju transportu

Galime pastebėti, kad automobilių srautas visuomet yra žymiai didesnis nei viešojo transporto, tačiau viešuoju transportu vežama žymiai daugiau keleivių. Galima daryti išvadą, kad viešojo transporto skatinimas yra efektyvi miesto gyventojų judumo skatinimo priemonė.

Atlikus tyrimą buvo pasiūlyta miestuose diegti IBL modelį nes tai yra labai veiksmingas būdas pagerinti viešojo transporto darbą. Šis metodas nereikalauja didelių investicijų ir gali būti pritaikytas beveik prie kiekvieno miesto infrastruktūros. Taip pat prioritetinės viešojo transporto eismo juostos su nutūkėjimais daro žymiai mažesnę įtaką bendram automobilių srautui nei prioritetinės viešojo transporto eismo juostos skirtos tik viešajam transportui.

Išvados

1. Prioritetinių eismo juostų išskyrimas ir šviesoforų tinklo pritaikymas teikiant pirmenybę viešajam transportui (VT) yra labai veiksmingas sprendimas trumpinantis VT maršruto trukmę, mažinantis deviaciją nuo tvarkaraščio ir pritraukiantis daugiau miesto gyventojų naudotis VT.
2. Plėtojant viešojo transporto infrastruktūrą galima smarkiai sumažinti transporto spūstis miesto centre.
3. Lengvatinis arba nemokamas viešasis transportas skatina žmones atsisakyti asmeninio automobilio ir keliauti viešuoju transportu.
4. Vos per penkis metus galima pritaikyti miesto viešojo transporto sistemą žmonėms su negalia, taip pagerinant šių žmonių judrumą mieste.
5. Dalijimosi automobiliu funkcija yra labai populiari paslauga miestuose, leidžianti žmonėms atsisakyti asmeninio automobilio ir taip atlaisvinti miesto gatves.
6. Dalijimosi viešaisiais miesto dviračiais funkcija yra populiarius ir sveikas būdas judėti mieste, taip prisidedant prie eismo spūščių ir užterštumo mažinimo.
7. Sumaniosios transporto sistemos diegimas į miesto infrastruktūrą leidžia efektyviai kovoti su transporto spūstimis, avaringumu ir efektyviai sumažina miesto gyventojų kelionės laiką.

Literatūra

1. Bauer, M. Public transport priority system in Krakow/Poland 2014 By News Editor, 2, 24-29.
2. Liu, M., Jiang, Y., Yang, L., Zhang, Z. An Elastic Analysis on Urban Public Transport Priority 2012. 8th International Conference on Traffic and Transportation Studies Changsha, China, August 1–3, 2012. 8-12.
3. Cats, O., Susilo, Y., O., Reimal, T. The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn. 2016. Transportation, 3, 45-52.
4. Aeneas, R. Göteborg's transport system: accessible for all (Sweden) 2015 By News Editor, 1, 35-41.
5. Glotz, M. Reclaim street space! – exploit the European potential of car sharing 2016. 6th Transport Research Arena April 18-21, 2016. Transportation Research Procedia.14, 1296 – 1304.
6. Fuller, D., Gauvin, L., Kestens, Y., Daniel, M., Fournier, M., Morency, P., Drouin, L. Use of a New Public Bicycle Share Program in Montreal, Canada. 2011. American Journal of Preventive Medicine, 41(1):80–83
7. Zavaglia, C. European Union instruments and strategies for sustainable urban mobility: Exploiting PUMS and ITS to develop an efficient car sharing proposal 2016. 2nd International Symposium "NEW METROPOLITAN PERSPECTIVES" - Strategic planning, spatial planning, economic programs and decision support tools, through the implementation of Horizon/Europe2020. ISTH2020, Reggio Calabria (Italy), 18-20 May 2016. Procedia - Social and Behavioral Sciences 223, 542 – 548.
8. Zhu, H. B. Numerical study of urban traffic flow with dedicated bus lane and intermittent bus lane. 2010. China Physica A 389, 3134–3139a.

PROMOTING MOBILITY IN CITIES, GOOD WORLD EXPERIENCE

Summary

Mobility in the modern world is one of the main criteria for establishing a common European freedom policy. The modern world without a city transport network is hardly imaginable. The increasing population of the city dynamically expands the number of vehicles, forms traffic jams. Therefore, it is very important to consider other countries' good mobility experience. The article presents the motto of promoting the mobility of cities around the world.

Key word: Mobility in the city, wealth creation, traffic flow, public transport, sharing service.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Adomas Kriukovas.

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: Transporto aplinkosauga, miesto ekologiniai rodikliai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 662 61502, adomas.kriukovas@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Adomas Kriukovas.

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: Transport environmental, ecological characteristics of the city.

Telephone and e-mail address: 8 662 61502, adomas.kriukovas@gmail.com

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

TRANSPORTO TINKLO PROBLEMOS ĮTAKOJANČIOS LIETUVOS VERSLO ĮMONIŲ TIEKIMO GRANDINĖS

Aidas Vasilis Vasiliauskas, Donatas Janavičius, Jonas Matijošius
Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija. Nuo XX amžiaus antrosios pusės mokslininkai ir praktikai pradėjo domėtis procesų, reikalingų sujungti gamybos ir vartojimo vietas, integracija taip teorijoje ir praktikoje suformuodami tiekimo grandinės valdymo koncepciją. Šios koncepcijos taikymas yra itin aktualus šiandien, kuomet sparčiai kintant verslo sąlygoms yra būtinybė užtikrinti ilgalaikį įmonės konkurencinį pranašumą. Tačiau norint sukurti tinkamą tiekimo grandinę būtina nustatyti tinkamą jos reakcingumo ir efektyvumo santykį, kuris priklauso nuo daugelio tiekimo grandinę formuojančių komponentų tinkamo suderinimo. Vienas iš tokių komponentų yra transportiniai sprendimai labai priklausantys nuo transporto tinklo ypatumų. Šio straipsnio tikslas – pateikti apibendrintus tyrimo, kuris buvo skirtas įvertinti Lietuvos transporto tinklo būklę bei jo įtaką įmonių tiekimo grandinių reakcingumui ir efektyvumui, rezultatus.

Reikšminiai žodžiai: Tiekimo grandinės valdymas, tiekimo grandinės reakcingumas ir efektyvumas, transporto tinklas.

Įvadas

Nuo XX amžiaus antrosios pusės mokslininkai ir praktikai tiekimo grandinės valdymą suprato kaip orientuotą į vartotoją, jo poreikius, tiekėjų ir vartotojų abipusį bendradarbiavimą, informacinių, finansinių srautų darnų ir greitą judėjimą bei verslo procesų plėtojimą. Kita vertus, mokslinių darbų, kurie akcentuotų tiekimo grandinės problematiką plačiąja prasme, tuo laikotarpiu buvo nedaug, - vyravo esminiai įmonės vidaus procesų tobulinimo bei ryšių su kitais tiekimo grandinės dalyviais gerinimo klausimai.

Vėliau, nuo XX amžiaus pabaigos, buvo pradėta žvelgti į įmonės išteklių planavimą, tikslaus srauto paskirstymo poreikį, atsirado elektroninė prekyba, prasidėjo išsami produktų valdymo ir informacijos sklaida ir visa tai lėmė būtinybę padaryti tiekimo grandinę efektyvenę, kad būtų galima veiksmingai paskirstyti resursus su mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis ir tuo pačiu pasiekti maksimalių rezultatų. Taip pat pradėjo greičiau kisti vartotojų poreikiai, todėl buvo būtinybė į tai labai greitai reaguoti, nes konkurencija rinkoje yra pernelyg didelė ir išlaikyti turimus klientus darėsi vis sunkiau. O norint išlikti konkurencingam ilgą laiką, būtina užtikrinti tinkamą tiekimo grandinės efektyvumo ir reakcingumo santykį. Tai padaryti yra stengiamasi įvairiomis veiklomis: tobulinant infrastruktūrą, optimizuojant atsargų kiekį, greitinant informacijos perdavimą, pasirenkant, kas, kada ir kaip atliks atitinkamas veiklas bei nustatant tinkamą kainodaros politiką. Išvardyti komponentai yra grupė veiksnių, kurių derinimas leidžia pasiekti tinkamą tiekimo grandinės reakcingumą bei efektyvumą. Kitaip tariant, problemos atsiranda ten, kur nėra tinkamų tiekimo tinklų vietų, kuriose produktai gaminami arba saugomi, taip pat, kai nėra pasirenkamas optimalus atsargų lygis, transportavimo sprendimai yra netinkami turimai tiekimo grandinei įgyvendinti, informacijos mainai neleidžia užtikrinti tinkamų vadybos sprendimų, nėra aišku, kas, kaip ir kokias veiklas atlikti tiekimo grandinėje turi bei produktų ir paslaugų kainų nustatymas yra neadekvatus.

Įmonės, siekdamos su mažesnėmis sąnaudomis ir greičiau patenkinti vartotojų poreikius privalo priimti tinkamus sprendimus transportinio aptarnavimo srityje. Pagrindiniai sprendimai šiuo atveju yra susiję su transporto tinklo struktūra bei transporto rūšies parinkimu, kadangi pastarieji gali turėti įtakos tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui.

Šio straipsnio tikslas – pateikti apibendrintus tyrimo, kuris buvo skirtas nustatyti Lietuvos transporto tinklo būklę bei jo įtaką įmonių tiekimo grandinių reakcingumui ir efektyvumui, rezultatus. Siekiant įvardinti tikslo straipsnyje visų pirma apibrėžta teorinė tiekimo grandinės ir tiekimo grandinės valdymo samprata. Toliau yra identifikuoti tiekimo grandinės struktūrą ir tiekimo grandinės efektyvumą bei reakcingumą lemiantys veiksniai. Galiausiai, nustačius, kad vienas iš pagrindinių veiksnių yra transporto tinklas, pateikiami tyrimo, skirto įvertinti šalies transporto tinklo būklę bei jos įtakos įmonių tiekimo grandinių reakcingumui ir efektyvumui, rezultatai. Straipsnis baigiamas išvadomis ir pasiūlymais dėl būtinų taikyti priemonių, kurios galėtų pagerinti šalies transporto tinklo būklę ir prisidėti prie įmonių pageidaujamo tiekimo grandinių reakcingumo ir efektyvumo lygio užtikrinimo.

Tiekimo grandinės ir tiekimo grandinės valdymo samprata

G. Gundlach et al (2006) tiekimo grandinę įvardija kaip įmonių tinkle arba nepriklausomus verslo vienetus nuo tiekėjų iki galutinių vartotojų. Tame tinkle yra integruotas pasiūlos ir paklausos koordinavimas. G. Kovacs (2004) apibūdindamas tiekimo grandinę teigia, kad joje yra susipynę dalyviai, jų funkcijos ir ištekliai. Tiekimo grandinė, kaip teigia R. B. Handfield ir E. L. Nichols (2002), apima visą organizaciją ir jos

veiklas, susijusias su srautu, kuris vyksta žaliavą paverčiant galutiniam vartotojui tinkama naudoti produkcija bei srautus, susijusius su informacija ir finansais.

Pasak J. Utovkaitės-Ventienės (2012), tiekimo grandinė apima labai plačias veikimo sritis nuo pačių pirmųjų organizacijos veiklos žingsnių iki galutinio produkto pateikimo vartotojui, nors ir daugelis organizacijų save įsivaizduoja kaip nepriklausomus vienus nuo kitų objektus, kurie norėdami išgyventi turi konkuruoti, tačiau vis tiek yra sujungti tiekimo grandinės integracija. Visi tiekimo grandinės apibrėžimai yra tarpusavyje susiję, juos jungia ryšys tarp tiekėjų ir galutinių vartotojų, todėl pateikiamas vienas iš tiekimo grandinės apibrėžimų. Tiekimo grandinė t. y. organizacijų, turinčių savo vietą įeinančiuose ryšiuose, tinklas, sujungiantis skirtingus procesus ir veiklas, sukuriančias vertę galutiniam vartotojui gaminio ar paslaugos forma (Christopher 2007).

M. Christopher (2007) tiekimo grandinės valdymą apibrėžia kaip ryšių su tiekėjais ir klientais valdymą abiem kryptimis, sukuriant didesnę vertę, esant mažesnėms visos tiekimo grandinės sąnaudoms. Kadangi, pasak autoriaus, tiekimo grandinę valdo rinkla, o ne klientas, todėl terminą tiekimo grandinės valdymas reikėtų pakeisti į paklausos grandinės valdymas, kadangi tokiu būdu galima suprasti, kad grandinę valdo rinkla, o ne tiekėjai. O kadangi visą tiekimo grandinės sistemą sudaro ne vienas tiekėjas ir klientas, tai grandinės pavadinimą galima pakeisti terminu tinklas. Autorius tiekimo grandinės valdymą apibrėžė kaip pagrindinį verslo procesą ir atkreipė dėmesį į įėjimo, išėjimo ir vidinę logistikos svarbą įmonėse. Tiekimo grandinės valdymas apibūdinamas kaip sisteminis, strateginis tradicinių verslo funkcijų koordinavimas per konkrečios įmonės verslo funkcijas ir per visą komercinę veiklą tiekimo grandinėje, siekiant pagerinti tiek individualių bendrovių darbą, tiek visos tiekimo grandinės darbą. Autorius pabrėžia tokią valdymo filosofiją, kuri apžvelgia visą tiekimo grandinę, o ne pavienes funkcijas ar atskirus logistikos elementus. Galima pateikti apibendrinantį tiekimo grandinės valdymo apibūdinimą: tiekimo grandinės valdymas – tai organizacijų, užsiimančių verslo plėtra, tinklo valdymas. Teigtina, kad tiekimo grandinės valdymas apima integraciją, koordinaciją ir bendradarbiavimą ne tik tarp organizacijų, bet ir visoje tiekimo grandinėje. Tai reiškia, kad tiekimo grandinės valdymas reikalauja vidinės ir išorinės integracijos.

Apibendrinant galima teigti, kad tiekimo grandinė apima visas veiklas nuo žaliavų suradimo iki galutinio produkto pristatymo klientui, įskaitant pirmines žaliavas ir atsarginių dalių paiešką, gamybą ir surinkimą, sandėliavimą, atsargų apskaitą, užsakymų valdymą ir paskirstymą, pristatymą klientams ir informacines sistemas, skirtas šiems procesams koordinuoti. Tiekimo grandinės valdymas sujungia visus partnerius tiekimo grandinėje, įskaitant pačios įmonės padalinius ir išorinius partnerius, t. y. tiekėjus, vežėjus, trečiąsias įmones ir informacinių sistemų tiekėjus.

Tiekimo grandinės struktūrą lemiantys veiksniai

V. Zinkevičiūtė ir A. Vasilis Vasiliauskas (2013) teigia, kad tiekimo grandinės struktūra priklauso nuo užsakovo poreikio bei kiekvienos stadijos (subjekto) veiksmų. Taip pat klaidinga manyti, kad tik vienas subjektas atsakingas už atskirą tiekimo grandinės stadiją. Gamintojas gali gauti medžiagų iš kelių tiekėjų, o savo produktą pateikti keliems tarpininkams ir t. t. Todėl tiekimo grandinė turėtų būti traktuojama kaip tinklas (kai kalbama apie tiekimo grandinės struktūrą, tikslinga vartoti tiekimo tinklų terminą).

Autorių yra išskiriami šie veiksniai lemiantys tiekimo grandinės struktūrą:

- Globalaus verslo atsiradimas. Įmonės dirba tarptautinėje rinkoje ir turi koordinuoti savo veiksmus. Klientai, tiekėjai ir gamintojai taip pat yra pasklidę po visą pasaulį.
- Vartotojų elgsenos kitimas. Šiais laikais vartotojas turi žymiai daugiau informacijos, bei gali rinktis iš daugiau variantų nei kada nors anksčiau. Vartotojus domina ne tik kaina, bet ir kokybė, unikalumas bei paslaugos.
- Auganti konkurencija. Nauji produktai ir verslo modeliai turi būti pristatomi rinkai per labai trumpą laiką. Greta plano, kaip įeiti į rinką, reikia turėti ir pasitraukimo planą. Pelnas dažniausiai priklauso nuo verslo organizavimo efektyvumo.
- Greitėjanti informacijos sklaida ir procesai. Sprendimai turi būti priimami greičiau. Nebeliko ilgalaikio planavimo. Veiklos stebėjimas realiu laiku teikia daugiau naudos nei periodinės ataskaitos, kurios nebėra informatyvios.
- Įmonių požiūrio kitimas. Darbuotojai linkę dažniau keisti darbo vietas. Vis sudėtingiau rasti kvalifikuotų darbuotojų. Informacijos apsikeitimo sparta dėl žmogiškojo faktoriaus jau nebeatitinka šiuolaikinio verslo reikalavimų.
- Sustiprėjusi rinkla. Įmonių susivienijimai ir įsigijimai kasdien keičia rinką, paveikdami tiek vartotojus, tiek konkurentus.

Įvairių autorių nuomonių apie tiekimo grandinės efektyvumą ir reakcingumą palyginimas yra pateikiamas 1 lentelėje.

Autorių nuomonių apie tiekimo grandinės reakcingumą ir efektyvumą palyginimas

Autoriai	Reakcingumo apibūdinimas	Efektyvumo apibūdinimas
D. Minnich (2012)	Gebėjimas kryptingai reaguoti į susidariusias situacijas ir per atitinkamą laikotarpį sureaguoti į klientų poreikius ir rinkos pakitimus.	Efektyvioje tiekimo grandinėje tiekėjų, gamintojų bei mažmenininkų valdymas yra netiesioginis per nepriklausomai tvarkomus procesus tarp pakopų arba per aiškius įvairių tiekimo grandinės užsakymų koordinavimo elementų sprendimus – jų veiklą, siekiant patenkinti numatomą paklausą mažiausiomis sąnaudomis.
H. L. Lee (2004)	Nepertraukiamas bendradarbiavimas su partneriais, tiekėjais bei klientais, produktų kūrimas, atskiriant juos į dvi dalis ir po to surenkant gamybos proceso pabaigoje, optimaliai laikant atsargas, atrenkant logistikos sistemą, kuri turi gebėti pergrupuoti organizaciją ir prisitaikyti prie neprogozuotų poreikių bei suformuoti komandą, kuri būtų pakankamai kvalifikuota reaguoti į nenumatytas situacijas.	-
R. Vainienė (2005)	-	Išteklių panaudojimo veiksmingumas, kai norimas rezultatas pasiekiamas mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis arba naudojant turimus išteklius, pasiekiamas maksimalus įmanomas rezultatas.
A. Sarulienė ir M. Vilkas (2010–2011)	Reakcinga tiekimo grandinė yra jautri pokyčiams rinkoje, t. y. greitai reaguojanti į vartotojų poreikių ir tiekimo pokyčius tiekimo grandinė, kurios veikimas yra pagrįstas informacijos srautais, veikia procesų principais, visų šios grandinės partnerių tikslas yra bendras.	Proceso efektyvumas apibrėžiamas, kaip pasiekto rezultato ir panaudotų išteklių santykis. Kuo organizacija sunaudoja mažiau išteklių proceso tikslui pasiekti, tuo didesnis yra proceso efektyvumas.

D. M. Lambert ir M. C. Cooper (2000) teigia, kad tiekimo grandinės struktūrą lemia šie komponentai:

- Planavimas ir kontrolė. Šie komponentai svarbūs tuo, kad yra pirminiai ir nuo jų labai priklauso tiekimo grandinės sėkmė. Kiekviena įmonė turi strategiją, kaip valdyti išteklius, kad klientai gautų savo produktus ir paslaugas reikiamu metu ir reikiamoje vietoje. Tiekimo grandinės valdymas privalo turėti kontrolės ir monitoringo funkcijas įmonės tiekimo grandinės stebėjimui ir kontroliavimui, kad galėtų klientams suteikti aukštą kokybę.
- Žaliavų / produktų kilmė. Norint kurti savo produktus, įmonės turi būti labai atsargios, nes būtina įvertinti tiekėjo žaliavų kokybę. Įmonė turi sukurti tiekimo grandinėje nustatytą kainų nustatymo ir pristatymo sistemą ir tiekti produktus atitinkančius vartotojų poreikius.
- Gamyba. Kuriant produktus tiekimo grandinės valdytojas visada turėtų planuoti veiklą, reikalingą gamybai, pakavimui, bandymui ir paruošimui bei pristatymui. Taip pat pati gamyba turi būti ne tik kokybiška, bet ir greita, kad vartotojas bet kada gautų jam reikiamus produktus.

- Pristatymas. Tiekimo grandinėje logistika užima labai svarbų vaidmenį. Įmonės paprastai koordinuoja logistinę veiklą, renka vežėjus, tikrina jų kainas ir kokybės santykį, kad gautų produktus klientams laiku ir vietoje.

- Gražinimas. Daugelyje įmonių tai, paprastai, yra problema, kuri vyrauja tarp vartotojo ir tiekėjo / gamintojo. Privaloma kurti reversinę tiekimo grandinę spręsti gražinimo klausimams. Tiekimo grandinės dalyviai turėtų sukurti lankstesnį ir atsakingesnį tinklą, riuo būtų galima spręsti trūkumų ir pertekliaus klausimą.

Visi išvardinti komponentai ir veiksniai nulemia tiekimo grandinės struktūrą. Atitinkami komponentai ir veiksniai paveikti gali kiekvieną iš struktūros elementų ir dėl to tiekimo grandinė gali atitinkamai reaguoti ir tampa individuali. Skirtingi tiekimo grandinės struktūrą lemiantys komponentai ir veiksniai formuoja unikalią tiekimo grandinę pasižyminčią skirtingu efektyvumu ir reakcingumu. Pastarieji požymiai yra dvi svarbios tiekimo grandinės savybės.

Pasak D. Minnich (2012), reakcingumas yra apibrėžiamas, kaip gebėjimas kryptingai reaguoti į susidariusias situacijas ir per atitinkamą laikotarpį sureaguoti į klientų poreikius ir rinkos pakitimus.

A. Sarulienė ir M. Vilkas (2010) teigia, jog reakcinga tiekimo grandinė yra jautri pokyčiams rinkoje, t. y. greitai reaguojanti į vartotojų poreikius ir tiekimo pokyčius.

Pasak Lee (2004) tiekimo grandinės reakcingumas suprantamas, kaip grandinės gebėjimas:

- nepertraukiamai pateikti duomenis partneriams apie tiekimo ir paklausos pokyčius; plėtoti bendradarbiavimą su klientais ir tiekėjais visoje tiekimo grandinėje;

- produktus sukurti taip, kad juos būtų galima suskaidyti į atskiras dalis ir šios dalys būtų surenkamos tik gamybos proceso pabaigoje.;

- dalį smulkių, nebrangių, tačiau pagrindinių atsargų laikyti tiekimo grandinės vamzdžio viduje;

- sutvarkyti logistikos sistemą taip, kad ji gebėtų pergrupuoti organizaciją ir prisitaikyti prie neprognozuotų poreikių;

- suformuoti komandą, kuri būtų pakankamai kvalifikuota reaguoti į nenumatytas situacijas.

R. Vainienės (2005) teigimu, efektyvumas yra apibrėžiamas kaip išteklių panaudojimo veiksmingumas, kai norimas rezultatas pasiekiamas mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis arba naudojant turimus išteklius pasiekiamas maksimalus įmanomas rezultatas. Taip pat labai svarbu pašalinti veiklas, kurios nekuria jokios pridėtinės vertės ir neleidžia pasiekti norimo rezultato. A. Sarulienė ir M. Vilkas (2010) teigia, kad proceso efektyvumas apibrėžiamas, kaip pasiekto rezultato ir panaudotų išteklių santykis. Kuo organizacija sunaudoja mažiau išteklių proceso tikslui pasiekti, tuo didesnis yra proceso efektyvumas.

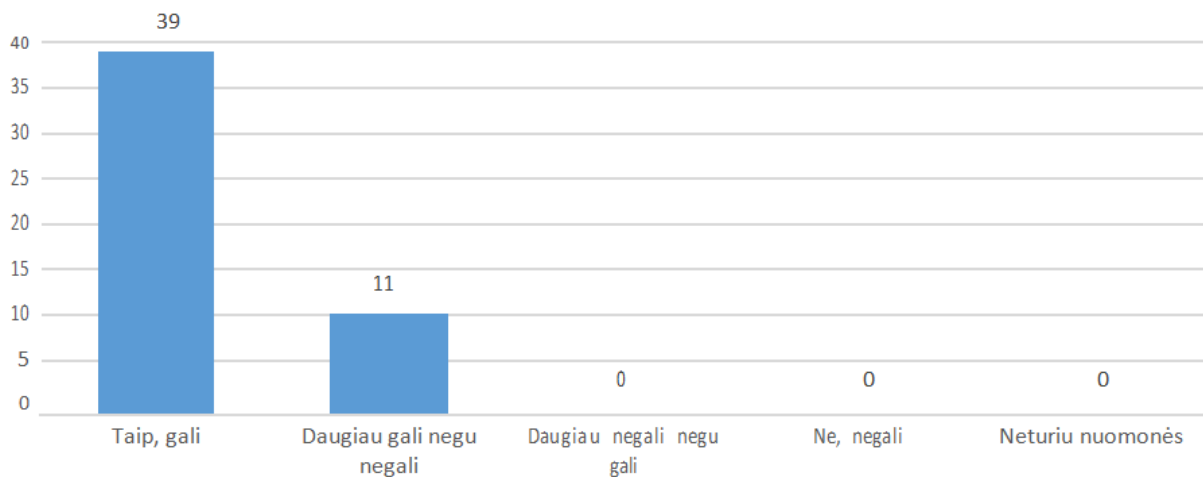
LR transporto tinklo būklės ir jo įtakos įmonių tiekimo grandinėms tyrimo rezultatai

Apžvelgus respondentų, kurie specializuojasi transporto srityje, atsakymus į apklausoje pateiktus klausimus galima teigti, kad transporto tinklas Lietuvoje vertinamas kaip vidutiniškas (43 apklausos dalyviai teigia, kad transporto tinklas vidutiniškas, o 7 atsakiusieji mano, kad jis yra blogas). Visi respondentai teigia, kad transporto tinklas stipriai veikia šalies ekonominę plėtrą. Respondentai vieni kitiems antrina, jog Lietuvos transporto infrastruktūra yra išplėta neblogai, tačiau reikia įdėti labai daug pastangų bei lėšų norint pasivyti stipriausias Europos Sąjungos valstybes.

Respondentai vienbalsiai teigia, kad transporto tinklas turi įtakos tiekimo grandinei, tačiau atsakydami į klausimą, ar transporto tinklas turi įtakos tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui, daugiau nei trys ketvirtadaliai atsakiusiųjų mano, jog turi įtakos visu 100 %, o likusi dalis apklausos dalyvių vis dėlto pasilieka prie nuomonės, kad transporto tinklas daugiau turi negu neturi įtakos tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui (1 pav.).

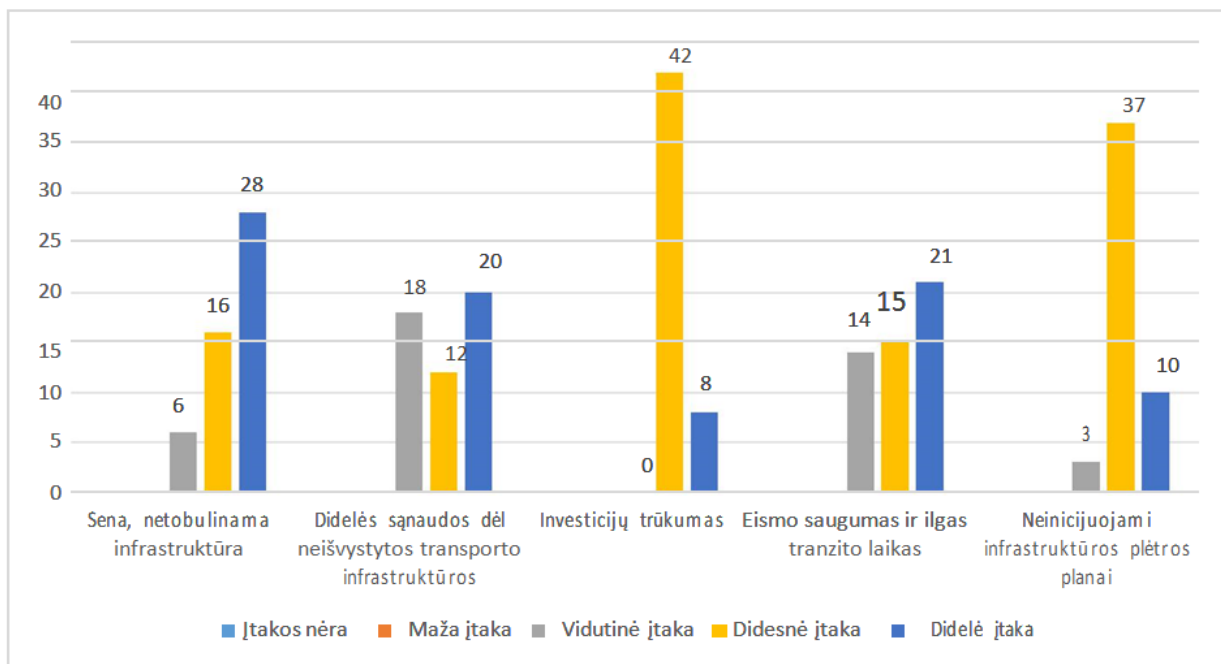
Visi apklausos dalyviai mano, kad transporto tinklas turi didelės įtakos, stengiantis sutaupyti sąnaudas, iš dalies leidžia supaprastinti operacijas ir visiems tiekimo grandinės dalyviams palengvina procesus. Taip pat įtaka pasireiškia ir per greitį laiku patenkinant vartotojų poreikius ir pagreitinant tiekimo grandinės procesus.

Vis dėlto klausimas, ar infrastruktūros problemos Lietuvoje neleidžia pasiekti tiekimo grandinės reakcingumo ir efektyvumo, sukėlė daugiausiai diskusijų ir įvairių nuomonių. Bent 14 procentų respondentų nemano, jog infrastruktūros problemos Lietuvoje neleidžia pasiekti tiekimo grandinės reakcingumo ir efektyvumo. Didžioji dalis – 58 % apklausos dalyvių mano, kad tik iš dalies infrastruktūros problemos neleidžia pasiekti tiekimo grandinės reakcingumo ir efektyvumo. Galiausiai 28 % respondentų vis dėlto mano, kad infrastruktūros problemos išties kenkia įmonių tiekimo grandinėms ir būtent kenkia reakcijai ir efektyvumui.



1pav. Ar transporto tinklas gali daryti įtaką tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui

Pabandžius identifikuoti, kokios transporto tinklo problemos yra svarbiausios ir didžiausią reikšmę turinčios, respondentai patikino, kad tiek sena, netobulinama ir visų pamiršta transporto infrastruktūra, tiek didelės sąnaudos dėl neišplėtos transporto infrastruktūros, tiek investicijų trūkumas transporto tinklo plėtrai, ilgas tranzito laikas bei neinicijuojami infrastruktūros plėtros planai turi įtakos tiekimo grandinės reakcijai ir efektyvumui.



2 pav. Transporto infrastruktūros problemos įtaką tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui

Atlikus tyrimą, aiškiai matoma, jog transporto tinklas turi įtakos tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui. Galima teigti, jog tinkamai neišplėtotas transporto tinklas neigiamai veikia tiekimo grandinę, dėl kurios įmonės gali prarasti pardavimus, klientus ir tuo pačiu nepatenkina vartotojų poreikių. Galima teigti, kad neišplėtotas transporto tinklas, taip pat tampa kenksmingas ekonomiškai, nes neefektyvi tiekimo grandinė gali branginti prekes ar paslaugas. Transporto sąnaudos paprastai įskaičiuojamos į prekes ar paslaugos savikainą, dėl ko brangsta pati prekė ar paslauga. Kadangi šiuo metu perkamoji galia kritusi, infliacija auga, todėl labai opi problema tampa prekės ar paslaugos kaina. Sutvarkius transporto tinklą tikėtina, kad galima sumažinti transportavimo sąnaudas ir taip sumažinti pačios prekės ar paslaugos kainą vartotojui. Tuo pačiu patobulinus transporto tinklą įmonės tiekimo grandinės procesai taptų paprastesni ir efektyvesni, kainos sumažėtų ir taip galima būtų didinti įmonių konkurencingumą.

Išvados

1. Tiekimo grandinė apima visas veiklas – nuo žaliavų suradimo iki galutinio produkto pristatymo klientui, įskaitant pirmines žaliavas ir atsarginių dalių paiešką, gamybą ir surinkimą, sandėliavimą, atsargų apskaitą, užsakymų valdymą ir paskirstymą, pristatymą klientams ir informacines sistemas, skirtas šiems procesams koordinuoti.
2. Tinkamas kiekvienos tiekimo grandinės reakcingumas ir efektyvumas yra svarbus, nes ne tik padeda sumažinti pristatymo laiką, bet ir taupo veiklos sąnaudas. Tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui įtaką daro infrastruktūra, atsargos, transportavimas, kainodara, informacija, veiklos perleidimas.
3. Tinkamai neišplėtotas transporto tinklas neigiamai veikia tiekimo grandinės, dėl kurių įmonės gali prarasti pardavimus, klientus ir tuo pačiu nepatenkina vartotojų poreikių.
4. Transporto tinklo svarba tiekimo grandinės reakcingumui ir efektyvumui yra didelė, nes patobulinta ir atnaujinta infrastruktūra leistų įmonėms pasinaudoti naujais pajėgumais, koreguojant savo logistikos procesus ir tiekimo grandinę, siekiant pagreitinoti krovinių vežimus, patobulinti klientų aptarnavimą ir sumažinti veiklos sąnaudas.

Literatūra

1. Christopher, M. 2007. *Logistika ir tiekimo grandinės valdymas : pridėtinės vertės tinklų kūrimas* [iš anglų kalbos vertė Balys Stulpinas]. Vilnius: Eugrimas.
2. Chopra, S.; Meindl, P. 2001. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Prentice Hall.
3. Gundlach, G.; Bolumole, Y.; Eltantawy, R.; Frankel, R. 2006. *The changing landscape of supply chain management, marketing channels of distribution, logistics and purchasing*. Journal of Business & Industrial Marketing.
4. Handfield, R. B., Nichols, E. L. 2002. *Supply Chain Redesign: Transforming Supply Chains Into Integrated Value Systems*. Prentice Hall.
5. Jacoby, D.; Hodge, D. 2008. *Infrastructure investment: The supply chain connection*.
6. Kovacs, G. 2004. *The Journal of Enterprise Information Management*. Emerald Group Publishing Limited.
7. Lambert, M. D.; Cooper, C. M. 2000. *Issues in Supply Chain Management*. Elsevier Science Inc.
8. Lee, H. 2004. *The Triple-A Supply Chain*. Harvard Business Review.
9. Minnich, D. 2007. *Efficiency and Responsiveness of Supply Chains in the High-Tech Electronics Industry*. Mannheim: University of Mannheim.
10. Minnich, D.; Maier, F. H. 2005. *Supply Chain Responsiveness and Efficiency – Complementing or Contradicting Each Other?* Bruchsal: International University in Germany.
11. Rodrigue, J. P.; Ducruet, C. 2017. *The Geography of Transport Systems. Fourth Edition*. Routledge.
12. Sarulienė, A.; Vilkas, M. 2010. *Judrios tiekimo grandinės kūrimo principai*. Kaunas: Kauno technologijos universitetas.
13. Utovkaitė-Ventienė, J. 2012. *Rizikos valdymo tiekimo grandinėje principai*. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
14. Vainienė, R. 2008. *Ekonomikos terminų žodynas*. Vilnius: Tyto alba.
15. Vasilis Vasiliauskas, A.; Zinkevičiūtė, V. 2013. *Gamybos logistika. Gamybos vadyba*. Klaipėda: Socialinių mokslų kolegija.

TRANSPORT NETWORK PROBLEMS AFFECTING LITHUANIAN BUSINESS ENTERPRISES SUPPLY CHAINS

Summary

From the second half of XXth century scientists and practitioners started showing interest in the integration of processes, which are necessary to link production and consumption places. That's how the concept of supply chain management arose. Application of this concept is of great importance today, since due to rapid change in business environment, necessity to assure long-term competitiveness of enterprise evolves. However, in order to set appropriate supply chain structure, a balance between its efficiency and responsiveness has to be found, which, in turn, means finding necessary compromises between different components forming this supply chain. One of such component is transportation decisions, which are highly dependent on the conditions of transport network. The main goal of this article is to present generalized results of the study, which was aiming at evaluation of the state of Lithuanian transport network and its impact on the efficiency and responsiveness of supply chains.

Key word: Supply chain management, efficiency of supply chain, responsiveness of supply chain, transport network.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Aidas Vasilis Vasiliauskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

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

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 612 53527, aidas.vasilis-vasiliauskas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

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

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Donatas Janavičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas

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

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 654 98235, donatas.janavicius@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Aidas Vasilis Vasiliauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor.

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

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

Telephone and e-mail address: 8 612 53527, aidas.vasilis-vasiliauskas@vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

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

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

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Donatas Janavičius.

Science degree and name: master student.

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

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

Telephone and e-mail address: 8 654 98235, donatas.janavicius@gmail.com

VŠĮ „VGMPS“ TRANSPORTO PARKO ATNAUJINIMO GALIMYBIŲ VERTINIMAS

Jonas Matijošius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra

Anotacija. Kiekvienai specifine veikla užsiimančiai įmonei yra labai svarbu teikti kokybiškas paslaugas ir eliminuoti veiksnius galinčius pabloginti įmonės veiklos rodiklius. VŠĮ „VGMPS“ savivaldybės valdoma įmonė, kurios veikla yra labai svarbi visuomenei ir tik nuo jos transporto parko priklauso ar bus suteikta reikalinga pagalba pagrindiniam vartotojui - pacientui. Straipsnyje apžvelgtos transporto parko atnaujinimo priežastys ir galimybės. Išnagrinėtos ir atnaujinimo finansinės galimybės, atlikti skaičiavimai reikalingi pagrįsti pasirinktą finansavimo būdą.

Reikšminiai žodžiai: Transporto parkas, VŠĮ „VGMPS“, atnaujinimas, finansavimo būdas.

Įvadas

Europos Komisija pagal ES teisės aktus siekia, kad pervežimui būtų pradedamas naudoti ekologiškas transportas, kuris sumažintų bendrą nelaimingų atsitikimų skaičių, grūstis, triukšmą, vietos taršą toksinėmis ir netoksinėmis medžiagomis, išmetamų CO₂ dujų kiekį. Todėl siekiama visų transporto rūšių ekologiškumo, kad galimas poveikis aplinkai, visų pirma vadinamuosiuose žaliuosiuose koridoriuose, būtų sumažintas iki minimumo.

VŠĮ „VGMPS“ naudoja transporto priemones, atitinkančias Euro 3-5 standarto reikalavimus. Taip pat transporto priemonėse yra įrengiamos palydovinės navigacinės sistemos.

Automobilis turi sudaryti galimybę atlikti paslaugą minimaliomis sąnaudomis, didinti darbo našumą. Transportui, atliekančiam pacientų pervežimus, labai svarbu, kad jis neturėtų prastovų dėl gedimų ir kitų su jais susijusių priežasčių, nes dėl to susidaro dideli nuostoliai. Šiuos reikalavimus atitikti gali tik naujos, modernios transporto priemonės (Andrijauskienė 2008). Transporto priemonių gamintojai sparčiai diegia naujas technologijas, kurios žymiai sumažina degalų ir kitų eksploatacinių medžiagų sąnaudas, prailgina periodus tarp automobilių planinių techninių aptarnavimų.

Nauji automobiliai nesudaro keblumų praeinant technines apžiūras, sertifikuojant komercinį transportą, norint gauti licenziją atlikti pacientų pervežimus (Buklytė ir Ručevičius 2010). Naujiems automobiliams gamintojai suteikia nemažas garantijas, jų periodas siekia net 3 metus. Įmonė gali ilgą laiką neturėti išlaidų, susijusių su automobilių techninių gedimų šalinimu.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti tinkamiausius VŠĮ „VGMPS“ transporto parko atnaujinimo finansinius būdus pagrindžiant pačio atnaujinimo būtinybę. Tikslui pasiekti išsikeliami šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti VŠĮ „VGMPS“ transporto parko atnaujinimo priežastis ir galimybes.
2. Parinkti VŠĮ „VGMPS“ transporto parko finansinius būdus ir juos pagrįsti.

Transporto parko atnaujinimo priežastys

Dabartinis VŠĮ „VGMPS“ transporto parkas yra nelabai senas. Transporto priemonės yra nesenesnės nei 10 metų. Tačiau tokiam transportui, kuris veža pacientus specifinėmis sąlygomis, kur keliama dideli reikalavimai transportui, tai solidus amžius.

Norint įgyvendinti konkrečias priemones rezultatui pasiekti, vertinama priimtinausia transporto priemonių atnaujinimo finansavimo galimybė (Daft 2009). Vertinimas atliekamas pagal turimus įmonės transporto priemonių parko ir finansinius duomenis. Vėliau pateikiami galimi transporto priemonių atnaujinimo variantai, panaudojant banko paskolą.

Transportavimas užima svarbią vietą VŠĮ „VGMPS“ veikloje, galima sakyti, kad transportavimas yra vienas iš pagrindinių įmonės veiklos elementų, bet tuo pačiu transportavimą galima laikyti vienu iš pagrindinių įmonės veiklos išlaidų elementu (Lukošiavičius *et al.* 2005). Transporto parko išlaidas galima suskirstyti į transportavimo išlaidas ir eksploatavimo išlaidas. Pagal paskirstymo išlaidų struktūrą transportavimui tenka 74%, administracinėms valdymo išlaidoms - 24%, iš čia matyti, kad transportavimo išlaidos sudaro didžiausią dalį paskirstymo išlaidų. Transporto priemonių eksploatavimo išlaidas sudaro :

- remonto išlaidos;
- degalų išlaidos;
- priežiūros išlaidos.

Transportavimo ir transporto eksploatavimo išlaidų dydis yra tiesiogiai susijęs su įmonės pelningumu. Transportavimas daro didelę įtaką ne tik įmonės veiklos pelningumui, bet ir įmonės veiklos organizavimui, nes nuo teisingo transporto parko parinkimo priklauso atsargų kiekis, kliento aptarnavimo politika, o tuo pačiu ir visa įmonės veikla. Čia norėčiau atkreipti dėmesį į tai, kad transporto parko parinkimo ir darbo efektyvumas priklauso būtent nuo logistikos veiksmų, o tai dar kartą įrodo logistikos svarbumą įmonės veikloje.

Automobilių atnaujinimo galimybės

Išnagrinėjus transportavimo vietą įmonės veikloje nekyla abejonių, kad įmonės vadovybė turi daug dėmesio skirti šiam veiklos elementui (Wonnacott ir Wonnacott 1996). Yra pateikta esamo autotransporto parko sudėtis. Iš jos matom, kad įmonės autotransportas nėra naujas. Galima sakyti, kad transporto priemonės yra pakankamai senos, ypač atsižvelgus į jų vidutinę ridą per dieną. Puikiai žinom, kiek kainuoja padėvėtų transporto priemonių eksploatacija ir kiekvienais metais ji didėja, todėl dabar, kaip įmonės veikla yra pakankamai susiformavusi ir duoda pelno, būtų tikslinga dalį pelno panaudoti naujų autotransporto priemonių įsigijimui.

Dabar egzistuoja įvairūs prekių įsigijimo variantai: galimybė paimti kreditą iš bankų, pirkimas lizingo būdu, tiesioginis pirkimas, pirkimas išsimokėtinai. Kiekvienas iš šių variantų turi savo plusų ir minusų, kurios prieš pirkimą reikia įvertinti ir išsirinkti tai, kas bus naudingiausia. Autotransporto pirkimui dažniausiai naudojamas lizingas, tai yra pakankamai patogus brangių transporto priemonių pirkimo variantas.

Kokį variantą gali pasirinkti VŠĮ „VGMPS“, priklauso nuo daug faktorių. Pirmiausia, turi būti nustatyta, kiek naujų automobilių reikia įsigyti, tada būtina nustatyti reikiamų automobilių parametrus ir markes iš čia bus galima nustatyti apytikslių sumą, kuri bus reikalinga automobilių įsigijimui. Atlikus šiuos skaičiavimus lieka surinkti informaciją apie pardavimo sąlygas ir galutinai apsispręsti, koks pirkimo būdas įmonei bus efektyviausias. Įsigijus naujas autotransporto priemones iškyla klausimas, ką daryti su senom mašinomis? Čia taip pat egzistuoja keli variantai, vienas iš jų tolesnė automobilių eksploatacija, kas, mano nuomone, yra neefektyvu, kitas variantas - parduoti senus automobilius. Šis variantas, mano nuomone, būtų įmonei naudingiausias.

Svarbiausia, kad pasirinkti tinkamą problemos sprendimo būdą, reikia viską kruopščiai apskaičiuoti ir išanalizuoti, tik tada imtis veiklos. Automobilių parko padidinimas įpareigos personalą prisiimti papildomų pareigų, tokių kaip parko priežiūra, apsauga ir kt., arba papildys jau esamą personalą naujais darbuotojais.

Transporto priemonių atnaujinimo finansavimo būdo parinkimas

Įmonės finansiniai rodikliai rodo, kad įmonės veikla kiekvienais metais gerėja, nes pardavimai kiekvienais metais didėjo. Todėl darau išvadą, kad įmonės pelningumas yra geras, vadovas dirba efektyviai, visapusiškai išnaudoja visą įmonės turimą turtą. Tačiau ilgalaikio ir trumpalaikio turto lėtas didėjimas neleidžia įmonei iš savo vidinių lėšų finansuoti turto augimo. Tam reikalingos papildomos investicijos.

Šiuo metu kylanti infliacija ir sumažėjęs vartojimas daro įtaką ir transporto sektoriaus augimui. Dauguma keleivių gabenimu užsiimančių bendrovių priverstos apkarpyti savo išlaidas. VŠĮ „VGMPS“ taip pat kol kas neketina išparduoti turimų transporto priemonių, tik susilaikys nuo naujų pirkimo. Tačiau ateityje, susiregulavus rinkai, VŠĮ „VGMPS“ galės siekti savo užsibrėžtų tikslų. Papildomo finansavimo poreikio nustatymas yra tik pirmas žingsnis. Antrasis, ir labai svarbus žingsnis, yra finansavimo būdo pasirinkimas. Labai svarbu pasirinkti tinkamą finansavimo šaltinį naujų automobilių įsigijimui. Bankai siūlo šias kreditavimo paslaugas, perkant naujus automobilius:

- Finansinis lizingas;
- Veiklos nuoma;
- Faktoringas.

Finansinis lizingas – tai tokia lizingo rūšis, kai klientas per nuomos laikotarpį sumoka visą turto įsigijimo kainą, palūkanas bei PVM ir pasibaigus lizingo sutarties laikotarpiui tampa turto savininku. Dažniausiai finansinis lizingas yra ilgalaikis sandoris. Lizinguojamas turtas įtraukiamas į kliento balansą ir klientas skaičiuoja jo nusidėvėjimą, o palūkanos įtraukiamos į įmonės sąnaudas.

Veiklos nuoma – tai nuomos sandoris, kai lizingo bendrovė įsigyja kliento pageidaujamą turtą ir perduoda jį klientui naudotis iki nustatyto termino. Pasibaigus sutarčiai, klientas gali pasirinkti: grąžinti turtą lizingo bendrovei, pratęsti nuomos sutartį ar sudaryti sutartį dėl naujo turto. Nuomos įmokos įtraukiamos į įmonės sąnaudas.

Faktoringas – tai paslaugų visuma, pagrįsta piniginio reikalavimo (debitorinio įsiskolinimo) perdavimu faktoringo bendrovei ir apimanti:

- finansavimą;
- sąskaitų administravimą ir klientų įsiskolinimų apskaitą;
- rizikos, susijusios su abejotinomis skolomis, sumažinimą.

Tačiau faktoringas Lietuvoje dar nelabai populiarus ir tik nedaugelis įmonių tuo naudojasi. Todėl VŠĮ „VGMPS“ sudarys sutartį su lizingo bendrove, kad galėtų savo klientams siūlyti kokybiškesnes keleivių vežimo sąlygas (Vasilis-Vasiliauskas 2014).

Transporto priemonių parko atnaujinimas

Išanalizavus įmonės konkurentus, vežimų apimtis Lietuvoje, Europos Sąjungos keliamus reikalavimus naudojamiems krovininiams automobiliams galima teigti, kad automobilių parko atnaujinimas vertas dėmesio.

VŠĮ „VGMPs“ numato atnaujinti transporto priemonių parką naujais žymių transporto priemonių gamintojų automobiliais, tokių kaip Mercedes Benz, Renault, Volkswagen ir kt. Šių gamintojų produkcija yra populiari Lietuvoje, ji vertinama ir ji išsiskiria savo patikimumu, patogumu, kas yra labai aktualu tiek vežėjams, tiek ir jų klientams.

VŠĮ „VGMPs“ transporto parką sudaro 39 specialios paskirties automobiliai: iš jų 26 % šių metų laidos, po 21 % pernai ir užpernai metų laidos, 18% 2011 metų laidos ir 14 % 2008 metų laidos (www.vgmps.lt 2017).

Kadangi transporto priemonių atnaujinimas reikalauja didelių investicijų, tai priimtinausia transporto priemonių atnaujinimą vykdyti etapais – kas 3 metai. Įvykūžius pirmąjį etapą vidutinis automobilio amžius būtų 2,08 metai, o po antrojo etapo – 1,29 metai.

VŠĮ „VGMPs“ sudarys sutartį su AB SEB lizingo bendrove naujų transporto priemonių pirkimui, kad galėtų savo klientams pasiūlyti kokybiškas pervežimų paslaugas. AB SEB bankas suteiktų VŠĮ „VGMPs“ komercinio transporto lizingo paslaugas esant tokioms sąlygoms:

- Įmonės stabili ūkinė veikla ir mokumas;
- Pakankamos pajamos lizingo įmokoms mokėti;
- Sutarties laikotarpis nuo 6 mėnesių iki 7 metų;
- Pirmoji įmoka turi būti 10-30 proc. įgyjamos turto vertės;
- Turto eksploatavimo laikotarpis ilgesnis už lizingo sutarties laiką;
- Sutarties mokesčio dydis – nuo 2 % turto kainos;
- Metinė palūkanų norma 7,8 %.

Įmokų grafikas sudaromas linijiniu būdu, kai turto išpirkimas visą sutarties terminą yra vienodas (palūkanos ir pagrindinė paskolos dalis kinta). Užstatome tą pačią perkamąją transporto priemonę.

Norint pagerinti ir padidinti apimtį pervežimus, sumažinti vežimo savikainą, bendrovė numato įsigyti 6 naujus VW Krafte automobilius, kurie tenkina įmonę savo techninėmis charakteristikomis.

Perkant automobilį VW Krafte, kurio kaina 32 000 eurų ir įnešant pradinį 20 % įnašą, t.y. 6400 Eurų. Analizuojami du variantai imant finansinio lizingo paskolą 3 ir 4 metų laikotarpiams.

1 lentelėje pateikta 36 mėnesių lizingo mokėjimo grafiko analizė vienam VW Krafte automobiliui mokant 7,8 % metinę palūkanų normą. 2 lentelėje – 48 mėnesių lizingo mokėjimo grafiko analizė vienam VW Krafte automobiliui mokant 7,8 % metinę palūkanų normą.

1 lentelė

36 mėnesių lizingo mokėjimo grafiko analizė vienam VW Krafte automobiliui, Eurų

Data	Neišpirkta turto vertė, Eurų	Turto išpirkimo įmokos, Eurų	Palūkanų įmokos, Palūkanos, Eurų	Iš viso, Eurų
	32000	6400	0,00	6400
Viso per 2018 m.		14933	1165	16098
Viso per 2019 m.		8533	666	9199
Viso per 2020m.		2134	167	2301
Viso:		32000	1998	33998
		Administravimo (sutarties) mokestis:		680 Eurų
		Suma iš viso:		34678 Eurų

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

Pasirenkamas 3 metų laikotarpio lizingo mokėjimo grafikas. Kiekvieną mėnesį mokama suma yra 533,33 Eurų, bendrai sutaupoma 524 Eurai vienai transporto priemonei. O šešioms transporto priemonėms – 3144 Eurų.

Transporto priemonių atnaujinimą reikia vykdyti dviem etapais. Pirmame etape, kurio metu pakeisti 6 transporto priemonės, kuriems 7 metai, į naujus. Antrame etape – 7 transporto priemonės, kuriems daugiau nei 4-5 metai (3 lentelė).

2 lentelė

48 mėnesių lizingo mokėjimo grafiko analizė vienam VW Krafte automobiliui, Eurų

Data	Neišpirkta turto vertė, Eurų	Turto išpirkimo įmokos, Eurų	Palūkanų įmokos, Eurų	Iš viso, Eurų
	32000	6400	0	6400
Viso per 2018 m.		12800	9984	22784
Viso per 2019 m.		6400	500	6900
Viso per 2020 m.		6400	500	6900

Data	Neišpirkta turto vertė, Eurų	Turto išpirkimo įmokos, Eurų	Palūkanų įmokos, Eurų	Iš viso, Eurų
Viso per 2021 m.		6400	500	6900
Viso:		32000	11484	33484
		Administravimo (sutarties) mokestis:		670 Eurų
		Suma iš viso:		34154 Eurų

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

3 lentelė

Piniginės lėšos, reikalingos transporto priemonių pirkimui

Transporto priemonė pavadinimas	Kiekis, vnt.	Pagaminimo metai	Kaina su PVM, Eurų/vnt.	Suma su PVM, Eurų
I etapas				
VW Krafter	6 transporto priemonės	2017 m.	32000	192000
II etapas				
VW Krafter	7 transporto priemonės	2018 m.	32000	224000

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

Pirmajam etapui, perkant 6 naujas transporto priemones, įmonei reikės 192000 Eurų. Mėnesinė įmoka bankui už 6 transporto priemones būtų 16000 Eurų, o palūkanų suma už 36 mėn. sudarytų 11484 Eurų. Bendra paskolos suma 6 transporto priemonėms būtų 136800 Eurų.

Antrajam etapui perkant 6 naujas transporto priemones, įmonei taip pat reikės 192000 Eurų. Mėnesinė įmoka bankui už 6 transporto priemones būtų 16000 Eurų, o palūkanų suma už 36 mėn. sudarytų 33484 Eurų. Bendra paskolos suma 6 transporto priemonėms būtų 204924 Eurų.

Senuosius automobilius naudingiausia būtų parduoti ir taip gauti pajamas, kurios sumažins patirtas sąnaudas, perkant naujas transporto priemones. Sumažėtų mokėjimo ir palūkanų normos suma.

VŠĮ „VGMPs“ nusipirkusi naujuosius 6 transporto priemones, seniausias, esančias automobilių parke, parduos. Gautinos sumos rinkos kainomis pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė

Gautinos sumos, pardavus senas transporto priemones, analizė

Transporto priemonė pavadinimas	Kiekis, vnt.	Pagaminimo metai	Kaina su PVM, Eurų/vnt.	Suma su PVM, Eurų
I etapas				
VW Transporter	6	2008	8000	48000
				48000
II etapas				
Renault Master	4	2011	10000	40000
VW Krafter	3	2011	13000	39000
				79000

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

I etape grąžinus bankui parduotų transporto priemonių sumą 48000 Eurų ir bankui perskaičius palūkanų normą, mėnesio įmoka sumažėtų iki 1123 Eurų iš 1998 Eurų, t.y. sumažėtų 875 Eurų. Visa palūkanų norma būtų 5230 Eurų. O perskaičius visa paskolos sumą ji būtų 154818 Eurų, t.y. sumažėtų 53250 Eurų (5 lentelė).

5 lentelė

Perskaičiuotos sumos, pardavus senus vilkikus, analizė

Etapas	Reikalinga suma naujoms transporto priemonėms	Gauta suma pardavus transporto priemones	Banko perskaičiuota paskolos suma	Mėnesio palūkanų įmokos suma	Skirtumas
I etapas	192000	48000	154818	875	68682
II etapas	224000	79000	185336	174	47016
Viso	416000	127000	340154	-	115968

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

II etape grąžinus bankui parduotų transporto priemonių sumą 79000 Eurų bankui perskaičiavus palūkanų normą mėnesio įmoka sumažėtų iki 11310 Eurų iš 11484 Eurų, t.y. sumažėtų 174 eurai. Visa palūkanų norma būtų 1218 Eurų. O perskaičiavus visą paskolos sumą ji būtų 185336 Eurų, t.y. sumažėtų 53742 Eurų.

Išvados

1. VŠĮ „VGMPs“ veiklai yra labai svarbu, kad turimas transporto parkas būtų modernus ir leidžiantis užtikrinti greitą, saugų pacientų gabenimą į gydymo įstaigą.
2. Pirmajame etape, pardavusi rinkos kainomis senas transporto priemones, įmonė gautų 48000 Eurų. Antrajame etape – 79000 Eurų. Antrojo etapo parduotų transporto priemonių kainos didesnės, nes automobiliai yra vėlesnių išleidimo metų, todėl jų kainos yra aukštesnės.
3. Per du etapas įmonė sumažintų paskolos išlaidų našą 106992 Eurų.
4. Vidutiniškai kiekvienas automobilis uždirba bendrovei apie 25000 Eurų per metus. Nupirkus I etape 6 naujus automobilius, numatomas grynasis metinis pelnas apie 150000 Eurų. Taigi I etape pirkti nauji automobiliai turi atsipirkti vidutiniškai per 1 metus ir 3 mėn. 11 dienų.
5. II etape 7 nauji automobiliai turi atsipirkti vidutiniškai per 1 metus ir 3 mėn. 8 dienas.

Literatūra

1. Andrijauskienė A. Įmonių ekonomika. – Vilnius: Presvika, 2004. –113-114 p. – ISBN 9955-567-51-1
2. Buklytė S., Ručevičius J. Total quality management impact on Lithuanian companies' performance efficiency // Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2010, p. 55-70. – ISSN 1392-1142
3. Daft R. L. Organization theory and design / 10th ed. – Mason: South – Western Cengage Learning, 2009. – 20 p. – ISBN 13: 978-0-324-59889-6
4. Lukoševičius K., Martinkus B., Piktys R. Verslo ekonomika. – Kaunas: Technologija, 2005. – 150 p. – ISBN 9955-09-888-0
5. Wonnacott P., Wonnacott R. 1998. Mikroekonomika.– Kaunas: Poligrafija ir informatika,. – 549 p. – ISBN 9986-850-15-0
6. [Interaktyvus]: <http://www.vgmps.lt> [žiūrėta 2017 spalio 12 d.].
7. Vasilis-Vasiliauskas A. „Keleivių ir krovinių vežimas“. Paskaitų konspektavimo medžiaga. SMK, 2014. – 56 p.

EVALUATION OF RENEWAL FEATURES OF THE PUBLIC INSTITUTION "VGMPs" TRANSPORT PARK

Summary

It is very important for a company engaged in a specific activity to provide quality services and eliminate factors that may impair the company's performance. VGMPs municipality-owned company, whose activities are very important for society and only from its transport park depends on whether the necessary assistance will be provided to the main consumer-patient. The article reviews the causes and possibilities of renewal of the fleet. The financial possibilities of the renewal were examined and calculations were carried out to justify the chosen financing method.

Key words: VGMPs municipality-owned company, renewal, financing method

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius. VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

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

Author's research interests: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

TRANSPORTO POLITIKOS REALIZAVIMO NAUDOJANT HIBRIDINIŲ AUTOMOBILIŲ POPULIARINIMĄ: TEORINĖS GAIRĖS

Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama transporto politikos aspektai įtakojantys draugišką aplinkai – hibridinių automobilių naudojimo skatinimą Lietuvoje. Išanalizuota transporto politikos reikšmė vystant hibridinių automobilių naudojimą. Taip pat pateikta Toyotos taikoma aplinkosauginė politika vystant automobilių pramonę. Išanalizuoti ir hibridinių automobilių skatinimo Lietuvoje metodai.

Reikšminiai žodžiai: Hibridinis automobilis, transporto politika, aplinkosauga, skatinimas.

Įvadas

Oro būklė miestuose gali būti pagerinama ne tik taikant pažangesnes transporto priemones, pvz., hibridinę transporto priemonę, bet ir formuojant atitinkamą transporto politiką (Hu 2016). Europoje transporto politiką formuoja Europos Sąjungos ir Europos Komisijos leidžiami reglamentai bei direktyvos. Pagrindinis dokumentas, kuriame pateikiami aktualiausi pasiūlymai transporto klausimais, yra transporto politikos 2011 metų Baltoji knyga. 2011 metų Baltosios knygos vizija.

Pagrindinis planinis rodiklis yra išmetamųjų teršalų sumažinimas 60 %. Šiam tikslui pasiekti keliami prioritetai:

- naudoti mažiau energijos;
- naudoti švaresnę energiją;
- skatinti darnius judumo įpročius, ypač mieste.

Planinio rodiklio pasiekimui siūlomos tokios priemonės:

- naujų tvarių degalų rūšių ir varymo sistemų kūrimas ir naudojimas;
- daugiarūšio vežimo logistikos grandinių veiklos optimizavimas, įskaitant platesnį efektyviau išteklius naudojančio transporto rūšių naudojimą;
- transporto ir infrastruktūros naudojimo efektyvumo didinimas taikant informacines sistemas ir rinkos paskatas (Europos Komisija 2011).

Didžiausias išsikeltas iššūkis iki 2030 metų dvigubai sumažinti įprastiniais degalais varomų automobilių naudojimą miestuose ir iki 2050 pasiekti, kad miestuose jų nebeliktų (DeChicco 1996, Gon 2009).

Straipsnio tikslas – teoriškai ištirti transporto politikos hibridinių automobilių srityje gaires. Tikslui pasiekti išsikelti šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti hibridinių automobilių populiarinimo galimybes.
2. Tada antras tinkamas arba jį galima pakeisti į Išanalizuoti Automobilių gamintojų (TOYOTA) taikomą aplinkosauginę politiką.
3. Apžvelgti Lietuvoje taikomas lengvatas ir draudimus hibridiniams automobiliams.

Transporto politikos reikšmė hibridinių automobilių populiarinimui

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimas, oro tarša miestuose ir priklausomybė nuo iškastinio kuro yra iššūkiai, kurie kelia grėsmę tvariame transporto sektoriaus vystymuisi. Integruotos hibridinės elektrinės transporto priemonės (PHEV) technologija yra vienas iš perspektyviausių sprendimų, kaip išspręsti padėtį. Nors PHEV iš dalies remiasi elektros energija iš elektros tinklo, jie kelia susirūpinimą dėl jų neigiamo poveikio elektros energijos gamybos, perdavimo ir paskirstymo įrenginiams. Kita vertus, jie gali būti naudojami kaip paskirstyta energijos taupymo sistema tinklui. Todėl jie gali padėti kurti tvaresnę energetikos tinklą, kuriame plačiai naudojami atsinaujinantys ištekliai (Ferdowski 2007).

Norint pabrėžti kokio sudėtingumo yra oro kokybės miestuose problema galima paminėti, kad pasak Affum (2003) išlaidos taršos problemoms spręsti gali sudaryti iki 2 % BVP išsivysčiusioje šalyje ir iki 5 % besivystančioje. Šio reiškinio dydis viršija problemas dėl klimato kaitos ar ozono sluoksnio plonėjimo (Hoogh 2014), nes žmonių sveikatos problemos šiuo metu tampa aktualesnės (Buekers 2014). Vienas iš transporto politikos taikymo pavyzdžių galėtų būti Libano transporto politikos scenarijų formavimas. Siekiant nustatyti priimtinausią transporto politiką, padėsiančią sumažinti taršą šalyje sudarytos 4 strategijos (Irani, A.; Chalak, A. 2015):

- 1 strategija – Ir įprastiniams ir hibridiniams automobiliams taikyti tuos pačius maitos mokesčius bei akcizo degalams tarifus, supažindinti su hibridinių transporto priemonių priežiūros išlaidomis, tačiau išskirtinai neakcentuoti jų degalų ekonomijos;
- 2 strategija – 1 strategija papildyta išskirtiniu akcentavimu apie hibridinių automobilių degalų ekonomiją;

- 3 strategija – Hibridinių automobilių savininkai atleidžiami nuo maito mokesčių bei akcizo degalams 3 metus, stipriai akcentuojamas hibridų ekonomiškumas;
- 4 strategija – Hibridinių automobilio savininkams suteikiama 50 % dydžio lengvata anksčiau minėtiems mokesčiams, be to tokio paties dydžio nuolaida registracijos mokesčiams, taip pat pabrėžiamas hibridų ekonomiškumas.

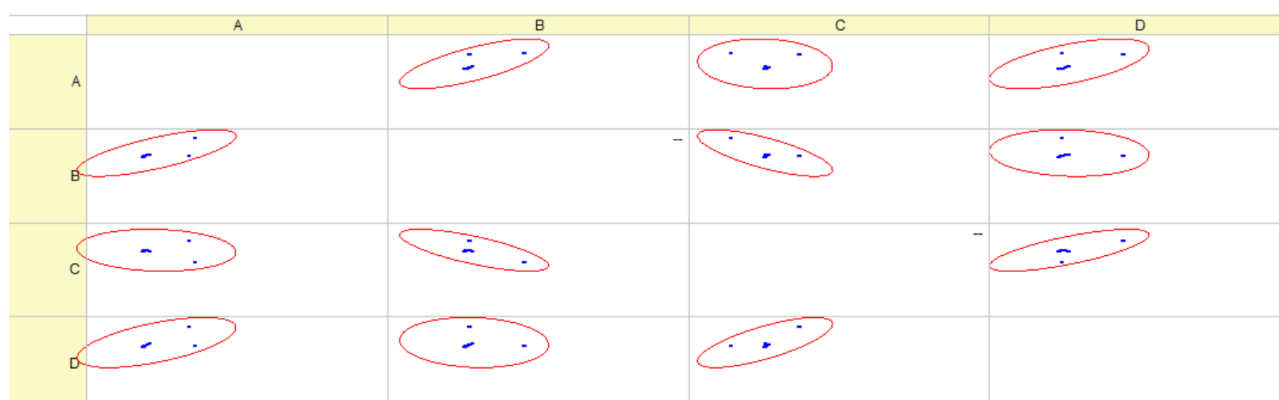
Politikos formavimui buvo sudaryta ekspertinė anketinė apklausa (apklausti specialistai dirbantys šioje srityje nemažiau kaip 5 metus, respondentų skaičius 50), kurios rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Tikimybinis transporto politikos strategijos pasirinkimas (Irani, A.; Chalak, A. 2015).

	1 strategija	2 strategija	3 strategija	4 strategija
Hibridinio automobilio įsigijimo tikimybė	(42,8 – 48,2)	(63,5 – 69,4)	(77,5 – 82,5)	(72,8 – 78,2)
	45,5	66,4	80	75,6
Degalų suvartojimo sumažėjimas, %	17,3	25,5	30,9	29,1
Degalų suvartojimo sumažėjimas, l/aut./m	291,3	422	520,2	484,9
CO₂ emisijos sumažėjimas, %	11,5	16,8	20,5	19,2
CO₂ emisijos sumažėjimas, t/aut./m	0,39	0,57	0,7	0,66
Išlaidos įsigyjant hibridinį automobilį, \$/aut./m	3270	4546	-5100	282
Degalų ekonomijos santaupos, \$/aut./m	320	464	572	533
Nenuostolingumas, m	10,2	9,8	-	0,5

Pagal rezultatus matome, kad didžiausia hibridinio automobilio įsigijimo tikimybė atsiranda naudojant 3 strategiją, nors ši strategija reikalautų daugiausiai politinių gerosios valios sprendimų. Taip pat pastebima, jog kiekvienos iš strategijų rodikliai tarpusavyje nekoreliuoja ir yra subjektyviai pritaikomi tik konkrečiai strategijai (1 pav.).



1 pav. Hibridinių automobilių tarpusavio strategijų koreliaciniai ryšiai: A – 1 strategija; B – 2 strategija; C – 3 strategija; D – 4 strategija. Sudaryta autorių.

Akcentuojant hibridinių automobilių ekonomiškumą pastebima, jog šis komponentas yra vyraujantis trijose iš keturių strategijų. Todėl jo vertinimas formuojant transporto politiką yra kertinis.

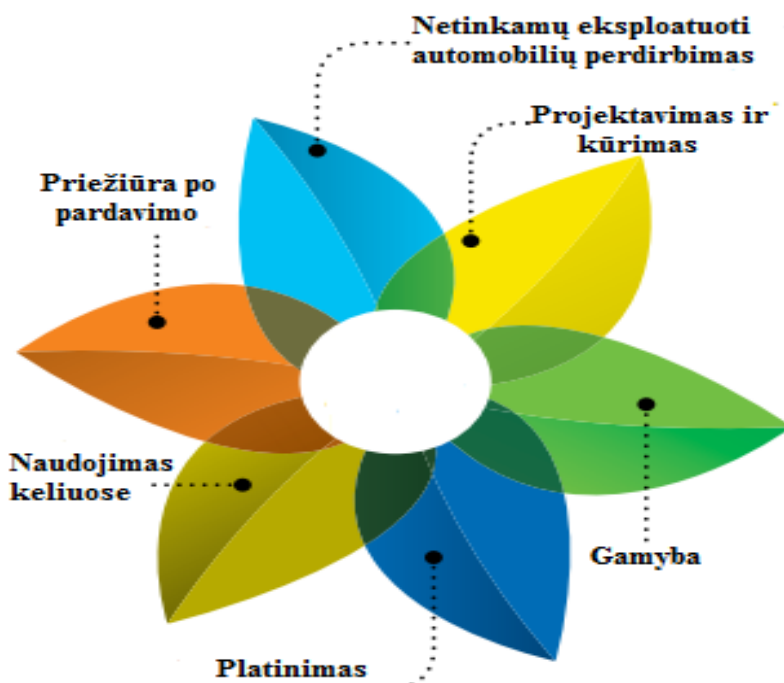
Automobilių gamintojų (TOYOTA) taikoma aplinkosauginė politika

Puikiu pavyzdžiu, kaip reikia kurti švarias aplinkai transporto priemones, galėtų būti „Toyota“ automobilių gamintojas. Šio gamintojo ekologiškos transporto priemonės yra vienos iš pirmaujančių pasaulyje, o be nekenksmingų aplinkai automobilių bendrovė diegia ir pažangius sprendimus visuose automobilio gyvavimo ciklo etapuose (žr. 2 pav.).

Švinas, gyvsidabris, kadmis ir šešiavalentis chromas yra sunkieji metalai, kurie, jei užkasami neapdoroti, sukelia ilgalaikės žalos aplinkai. Dabar „Toyota“ automobiliuose šių sunkiųjų metalų nėra. Pavyzdžiui, įmonė naudoja automobilių detales ir dangą nuo rūdžių be švino, o apšvietimo sistemose ir jungikliuose nėra jokio gyvsidabrio. „Toyota“ taip pat vengia žalingų medžiagų tirpaluose ir įvairių rūšių dažuose.

Automobilio naudojimo metu būtina keisti akumulatorius, padangas ir alyvos filtrus, todėl „Toyota“ sukūrė atliekų surinkimo sistemą, kai panaudotos detalės surenkamos iš Europos atstovybių ir gabenamos perdirbti. Iki 95 % akumuliatorių yra perdirbama ir pakartotinai panaudojama. Taip pat remontuojamos tvirtesnės detalės. Perdirbtos detalės dabar sudaro oro kondicionavimo kompresoriai, vairo kolonėlės, cilindų galvutės, starteriai, automatinės transmisijos, kintamosios srovės generatoriai, varikliai ir sankabos komplektai.

Baigus naudotis „Toyota“ ar „Lexus“ automobiliu, jį paprasčiausiai galima pristatyti į „Toyota“ nebenaudojamų automobilių punktą. Tokie surinkimo punktai įrengti 30 Europos šalių.



2 pav. Automobilio gyvavimo ciklas. Pagrindinės „Toyota“ bendrovės „žalios“ idėjos Žalinių medžiagų vengimas („Toyota“ informacinis leidinys 2011)

Automobiliuose dažnai naudojama sunkiai perdirbama plastmasė. Todėl „Toyota“ sukūrė specialią perdirbamą plastmasę – „Toyota Super Olefin“ polimerą arba „TSOP“, kuris gali būti naudojamas automobilių buferių ir kitų dalių, kurias būtų įmanoma perdirbti ne vieną kartą, gamybai. Dauguma automobilių dabar gaminami naudojant patobulintą geriau perdirbamą „TSOP“. Nuo 2010 m. „Toyota“ vidinei apdailai ir paviršiams taip pat naudoja „bio-PET“ – naują ekologišką plastmasę, pagamintą iš augalinės kilmės medžiagos.

Lengvatos ir draudimai kaip transporto politikos išraiška

Dar vienas transporto politikos pavyzdys galėtų būti įvairios lengvatos hibridinių transporto priemonių savininkams bei draudimai įprastiniams automobiliams. Lietuvoje hibridinių transporto priemonių savininkai turi lengvatinių automobilio statymą miesto centre. Taip pat galimybę važiuoti hibridiniu automobiliu, autobusams važiuoti skirtomis gatvių juostomis. Hibridai dar turi nedidelę lengvatą – didžiųjų prekybos centrų stovėjimo aikštelėse dažniausiai būna keletas vietų hibridinėms transporto priemonėms šalia įėjimo, patogiausioje vietoje.

Draudimais pasaulyje ribojamas labiausiai pažeidžiamų zonų eismas. Dažnai įprastiniams automobiliams tam tikrose zonose draudžiama patekti į teritoriją nustatytais sąlygomis:

- nuolat, nes zonoje draudžiamas įprastinis transportas;
- lyginėmis savaitės dienomis ar atvirkščiai siekiant sumažinti taršą esant jos padidėjimui (tokia strategija taikoma Italijoje);
- draudžiama patekti automobiliams, kurių valstybiniai numeriai baigiasi lyginiu skaitmeniu ir atvirkščiai (kiek kitokia draudimo forma taršai sumažinti esant jos padidėjimui);
- didesni mokesčiai už patekimą į saugomus lankytinus objektus (toks draudimas galėtų būti taikomas patekimui į Kuršių Neriją);
- įvedant draudimus transporto priemonių amžiui jeigu jos skirtos keleiviams vežti.

Beto Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija taip pat prisideda prie aplinkosaugos politikos formavimo. Viena iš ministerijos globojamų sričių yra panaudotų medžiagų utilizavimas. Ministerijos puslapyje skelbiamas įmonių kurios turi licenciją atlikti automobilių utilizavimo darbus sąrašas (<http://www.gia.lt/transporto-priemones/gyventojams/>).

Išvados

1. Atsižvelgiant į globalėjančias ekologines problemas, kurias sukelia transportas, svarbiu veiksmu tampa ne tik technologinių sprendimų paieška, kaip pvz, hibridinių automobilių gamybą ir naudojimas, bet ir palankios politinės-teisinės bazės sukūrimas, skatinantis šias priemones plėtoti.
2. Vienu iš gerosios praktikos pavyzdžių galėtų būti automobilių gamintojas „Toyota“, kadangi šio gamintojo ekologiškos transporto priemonės yra vienos iš pirmaujančių pasaulyje, o be nekenksmingų aplinkai automobilių bendrovė diegia ir pažangius sprendimus visuose automobilio gyvavimo ciklo etapuose.
3. Siekiant formuoti tvarią aplinkosaugos politiką, svarbu, kad šalių atitinkamos institucijos geranoriškai įsitrauktų į šį procesą, suprantant jo svarbą ir poveikį būsimoms kartoms. Atsižvelgiant į tai, Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, taip pat prisideda prie aplinkosaugos politikos formavimo.

Literatūra

1. Affum, J. K.; et al. 2003. Integrating air pollution modelling with scenario testing in road transport planning: the TRAEMS approach, *The Science of the Total Environment* 312: 1–14.
2. Buekers, J.; et al. 2014. Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries, *Transportation Research Part D* 33: 26–38.
3. DeCicco, J.; Ross, M. 1996. Recent advances in automotive technology and the cost-effectiveness of fuel economy improvement, *Transp Res D* 1(2): 79–96.
4. Gon, H. D.; et al. 2009. Lead emissions from road transport in Europe A revision of current estimates using various estimation methodologies, *Science of the Total Environment* 407: 5367–5372.
5. Hoogh, K. et al. 2014. Comparing land use regression and dispersion modelling to assess residential exposure to ambient air pollution for epidemiological studies, *Environment International* 73: 382–392.
6. Hu, X. et al. 2016. Charging, power management, and battery degradation mitigation in plug-in hybrid electric vehicles: A unified cost-optimal approach, *Mechanical Systems and Signal Processing*.
7. Irani, A.; Chalak, A. 2015. Harnessing motorists' potential demand for hybrid-electric vehicles in Lebanon: Policy options, CO2 emissions reduction and welfare gains, *Transport Policy* 42: 144–155.
8. Toyota informacinis leidinys 2011.[žiūrėta: 2017 m. rugsėjo 16 d.]. Prieiga per internetą: http://www.autotoja.lt/toyota/site/files/Aplinkosauga/TOYOTA_ir_APLINKOSAUGA.pdf.
9. Europos Komisija (2011). Baltoji knyga. Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas. Briuselis, 2011.03.28. KOM 144 galutinis.
10. Ferdowsi, M. (2007). Plug-in hybrid electric vehicles—a vision for the future", *Proc. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conf.*, pp. 457–462.

REALIZATION OF TRANSPORT POLICY BY USING HYBRID CARS POPULARIZATION: THEORETICAL GUIDELINES

Summary

The article analyse the aspects of transport policy affecting the promotion of friendly environment - the use of hybrid cars in Lithuania. The importance of transport policy in the development of hybrid cars is analysed. Toyota's environmental policies for the automotive industry are also included. The analysis of hybrid car promotion methods in Lithuania was also analysed.

Key words: Hybrid car, transport policy, environmental protection, promotion.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, lektorė

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorė. VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Logistikos ir transporto vadybos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VŠĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius. VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Čižiūnienė.

Science degree and name: doctor, lector.

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

Author's research interests: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

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

Author's research interests: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

HIBRIDINIO AUTOMOBILIO EFEKTYVAUS ENERGIJOS SUVARTOJIMO TEORINIS VERTINIMAS

Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama hibridinio automobilio efektyvaus energijos suvartojimo problematika. Pasitelkiamas hibridinio ir įprastinio automobilio palyginimas (nagrinėjamas Toyota Auris benzininis ir hibridinis modeliai), palyginama degalų suvartojimas įvairiais važiavimo režimais (miestas, priemestis, greitkelis). Taip pat išanalizuotos prielaidos efektyviam energijos sunaudojimui. Vertinimui pasitelkiamas papildomas energijos suvartojimo stebėjimo metodas naudojant eismo stebėjimo sistemas.

Reikšminiai žodžiai: Hibridinis automobilis, efektyvumas, energijos suvartojimas, degalų ekonomija.

Įvadas

Nors šiuo metu Europoje, taip pat ir visame likusiame pasaulyje, kilo skandalų, susijusių su deklaruojamais transporto priemonių taršos rodikliais („Dyzelgeitas“, „Mitsubishi“ problemos), tačiau laboratoriniai tyrimai yra vienintelis būdas nustatyti naujos, dar neeksploatuotos transporto priemonės rodiklius.

Kiekvienas automobilis, nuriudėjęs nuo gamybos konvejerio ir paruoštas pardavimui, turi vadinamąjį transporto priemonės atitikties sertifikatą. Šis dokumentas yra laikomas transporto priemonės kilmės dokumentu. Iš jo galima nustatyti automobilio gamintoją, transporto priemonei identifikuoti būtinus žymenis bei kitus techninius automobilio rodiklius. Atitikties sertifikatas taip pat nurodo, kokiai rinkai skirta transporto priemonė ir ar ji atitinka administracines nuostatas jos registravimui tam tikroje šalyje. Taigi siekiant palyginti visiškai vienodus automobilius, iš kurių vienas yra hibridinis, atliekama jų atitikties sertifikatų COC analizė.

Straipsnio tikslas – teoriškai ištirti hibridinio automobilio efektyvaus energijos suvartojimo didinimo galimybes. Tikslui pasiekti išsikeliama šie uždaviniai:

3. Teoriškai palyginti hibridinį ir įprastinį automobilį.
4. Išnagrinėti teorines prielaidas efektyviam energijos sunaudojimo didinimui hibridiniame automobilyje.
5. Teoriškai įvertinti hibridinio automobilio energijos sunaudojimo stebėjimo galimybes pasitelkiant eismo stebėjimo sistemas.

Hibridinio automobilio ir jam identiško įprastinio automobilio teorinis palyginimas

Analizei pasirinktos transporto priemonės yra „Toyota Auris“, viena jų – hibridinis automobilis.

Gamintojo pateikiami rodikliai gali būti suskirstyti į tokias grupes: pagrindiniai matmenys, masės, jėgainė, kėbulas, aplinkosaugos rodikliai. Didžiausi skirtumai yra lyginant automobilių jėgaines, hibridas naudoja kombinuotą energiją, o įprastinis „Auris“ benzininį vidaus degimo variklį. Dėl šių priežasčių skiriasi vidaus degimo variklių darbiniai tūriai, generuojama galia bei automobilių masės.

Automobilių matmenys ir kėbulo rodikliai yra identiški. Bene didžiausi aplinkosaugos rodiklių skirtumai. Hibridinis automobilis teoriškai turėtų suvartoti beveik perpus mažiau degalų už benzininį „Toyota Auris“. Taip pat išmetamas CO₂ kiekis bei NO_x teršalai turėtų būti mažesni iki 55 g/km. Taigi nors ir realiomis sąlygomis aplinkosaugos rodikliai gali būti didesni, tačiau skirtumas tarp hibridinio ir benzininio „Toyota Auris“ išliktų ženklus.

Gamintojo deklaruojamų duomenų pagrindu sudaroma lentelė, kurioje pozicijos skiltyje, numeris iš gamintojo COC (žr. 1 lentelę). Galima paminėti, kad įprastinio „Auris“ kaina prasideda nuo 15 830 eurų, o hibridinio – nuo 18 120 eurų.

Dažniausiai siekiant palyginti įprastinį vidaus degimo variklį turinčio automobilio ir hibridinio automobilio degalų suvartojimą aprašoma konkreti situacija ar atliktas tyrimas šia tema.

1 lentelė

Gamintojo deklaruojamų rodiklių lyginamoji analizė tarp įprastinio „Toyota Auris“ ir „Toyota Auris Hybrid“

Pozicija COC	Rodiklis	Įprastinis „Auris“	„Auris Hybrid“
0.2	Tipas	E15UT(a)	HE15U(a)
0.4	Transporto priemonės kategorija	M1	M1
5	Transporto priemonės ilgis, mm	4330	4330
13	Nuosava masė, kg	1265	1385
16	Didžiausia leidžiama masė, kg	1805	1815

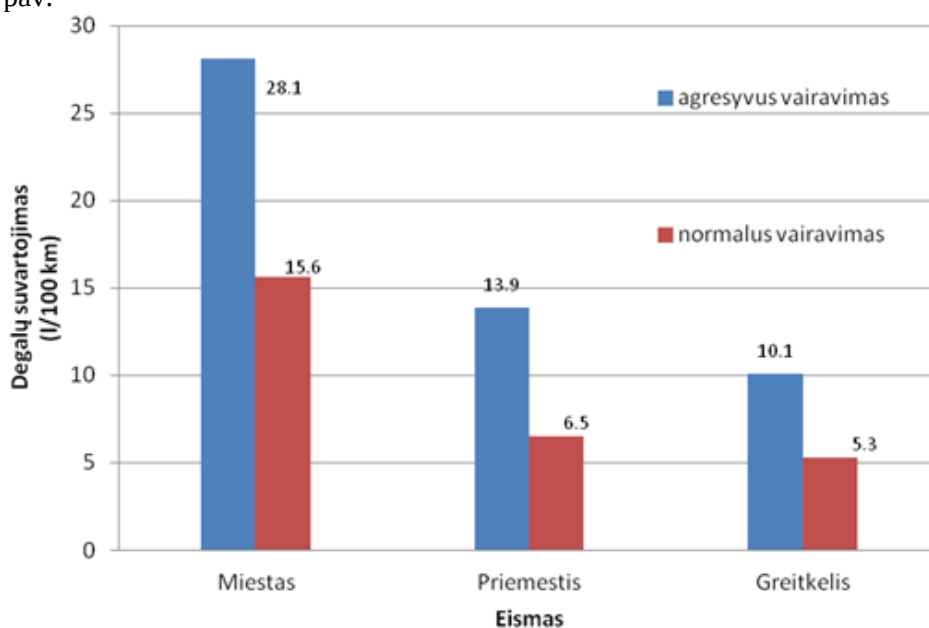
25	Variklio darbinis tūris, cm ³	1598	1798
26	Degalų rūšis	Benzinas	Benzinas
27	Maksimali galia, kW	VDV 97 Elek. -	VDV 73 Elek. 60; 17,7*
29	Maksimalus greitis, km/h	200	180
38	Kėbulo tipas	AF- daugiatikslis	AF- daugiatikslis
40	Spalva	Pilka	Raudona
47	Išmetamos taršos lygis	Euro 6	Euro 6
48	Paskutinis dokumentas patvirtinantis atitikimą nustatytoms taršos normoms	EC 715/2007 EC 2015/45W	EC 715/2007 EC 2015/45W
1	tipas		
testas	CO, mg/km	382	182,3
teršalams	NO _x , mg/km	9,1	5,8
49	CO ₂ išmetimai, g/km		
	Mieste	181	82
	Užmiestyje	113	81
	Mišrus	138	82
	Degalų suvartojimas, l/100 km		
	Mieste	7,9	3,5
	Užmiestyje	4,8	3,5
	Mišrus	5,9	3,6

*Elektrinio variklio generuojama naudingoji galia

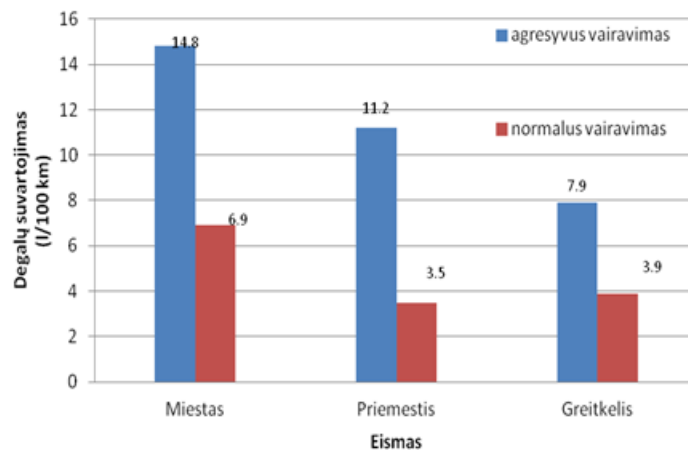
Šaltinis: sudaryta autorių

Vienas paskutiniųjų tyrimų degalų ekonomijos tema buvo atliktas 2015 metais Bankoke. Siriorn Pitanuwat ir Angkee Sripagorn aiškiai apibrėžė tyrimo sąlygas. Tyrimo vietovė buvo suskirstyta į tris zonas: miesto teritorija; priemiesčio zona; greitkelis.

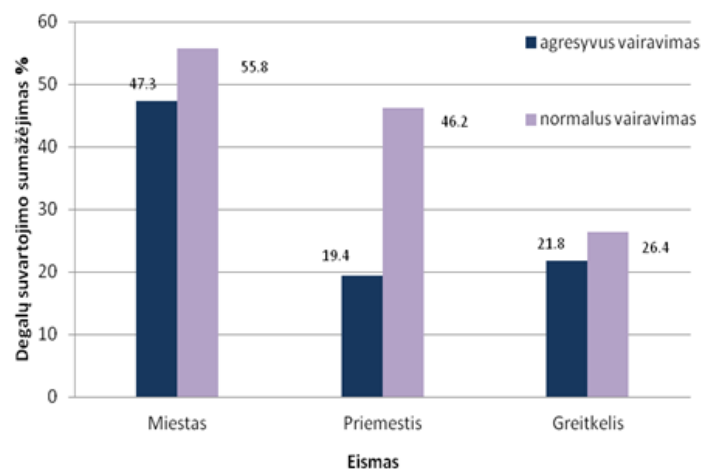
Taip pat siekiant įvertinti vairavimo kultūros bei įgūdžių svarbą, tyrimui pasirinkti du vairuotojai. Vienas jų vairuos agresyviau, kitas normaliuoju režimu. Eksperimentui parinkti beveik identiški automobiliai. Hibridinė transporto priemonė 2014 metais pagamintas „Toyota Prius“, o įprastas automobilis „Toyota Corolla Altis“. Šių abiejų automobilių variklių darbinis tūris yra 1789 cm³. Automobilių matmenys identiški, svorio skirtumui įvertinami į Corolla Altis įmontavus, svorio skirtumą kompensuojantį, krovinį. Tyrimo rezultatai pateikiami 1-3 pav.



1 pav. Degalų suvartojimas važiuojant įprastiniu automobiliu skirtingomis eismo sąlygomis ir vairavimo režimais (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).



2 pav. Degalų suvartojimas važiuojant hibridiniu automobiliu skirtingomis eismo sąlygomis ir vairavimo režimais (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).



3 pav. Degalų suvartojimo palyginimas tarp hibridinio automobilio ir įprastinio automobilio esant vienodoms tyrimo ir aplinkos sąlygoms (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).

Minėtame pavyzdyje matyti, kad hibridinės transporto priemonės padeda sutaupyti degalų visomis eismo sąlygomis ir važiavimo stiliais. Didžiausias degalų suvartojimo sumažėjimas pasiektas važiuojant miesto sąlygomis normaliuoju režimu – beveik 56 %, mažiau priemestėje – 46 %, mažiausiai greitkelyje – 26 %. Šio tyrimo metu pastebėta tendencija, kad agresyvus vairavimas ženkliai padidina degalų sąnaudas įprastam automobiliui – beveik 200 %, tiek hibridiniui automobiliui – beveik 100 %, tad agresyvaus vairavimo reiktų vengti. Lyginant agresyvaus vairavimo metu abiejų tipų automobilius, hibridinių transporto priemonių pranašumas beveik nepasireiškia, nes agresyvus vairavimas yra nesuderinamas su degalų ekonomija, o hibridinių automobilių technologijos nėra pritaikytos šiam vairavimo stiliui (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).

Hibridinio automobilio efektyvaus energijos suvartojimo didinimas

Kaip ir bet kurios analizės atveju atliekant tam tikrą lyginimą pasitelkiamas tam tikras tyrimas ar eksperimentas. Ne išimtis ir ši situacija. Siekiant išsiaiškinti kaip skiriasi hibridinių automobilių degalų suvartojimas nuo dyzeliniais degalais varomų automobilių Kanadoje buvo atliktas tyrimas. S.A.H. Zahabi ir kiti mokslininkai (2014) nustatė kokiomis sąlygomis hibridinis automobilis turi pranašumą prieš dyzeliniais degalais varomą automobilį. Atlikus eksperimentą minėti mokslininkai pateikė tokias išvadas.

Eksperimento analizė atliekama pasitelkiant įvairius vairavimo sąlygų faktorius, tokius kaip: važiavimo greitis, eismo sąlygos (miestas, užmiestis), aplinkos temperatūra, aplinkos temperatūros pokytis, ekologiškas vairavimas. Nustatant faktorių reikšmę degalų sąnaudoms eksperimentas vykdomas realiomis sąlygomis, ilgalaikiais periodais.

Didžiausias hibridinių automobilių pranašumas pasireiškė važiuojant mieste ir nedideliais greičiais. Kitas svarbus faktorius, kaip paaiškėjo yra aplinkos temperatūra. Šio faktoriaus įtaka ženkliai didesnė hibridinėms transporto priemonėms. Eksperimento rezultatai parodė, kad hibridai turi didesnę pranašumą

pavasarij, kuomet jų baterijos dirba optimaliausiu režimu (Zahabi, S.A. H.; *et al.* 2014). Hibridinėms transporto priemonėms ypač sudėtingas žiemos sezonas. Lyginant su pavasariu degalų suvartojimas žiemą hibridams išauga iki 27 %.

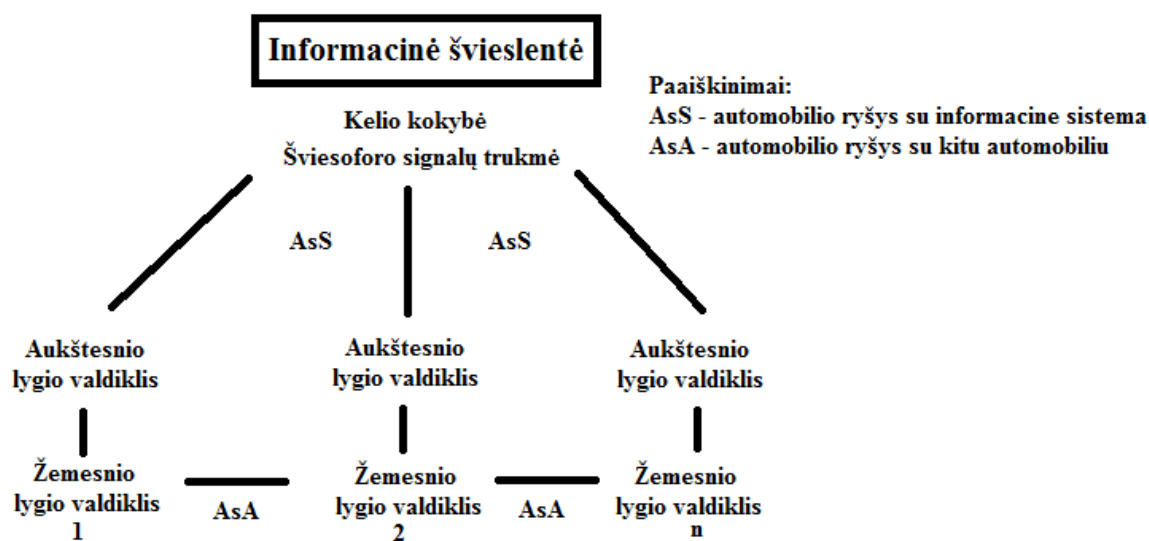
Kalbant apie ekologišką vairavimą didelio skirtumo transporto priemonių degalų sąnaudų nepastebėta. Tiek hibridai, tiek dyzelinu varomi automobiliai vairuojant ekologiškai suvartoja mažiau degalų. Eismo sąlygos, bei automobilio tipas taip pat ženkliai keičia degalų suvartojimą. Mieste hibridiniai sedanai sunaudoja iki 28 % mažiau degalų už dyzelinu varomus sedanus. Dar vienas didesnis minusas hibridiniams automobiliams, tai jų reakcija į aplinkos temperatūros pokytį. Temperatūrai pakitus 8 °C degalų suvartojimas pakinta iki 3 %, kada dyzeliniams automobiliams – tik iki 1 %. Taigi hibridiniai automobiliai yra ekonomiškėsi net ir realiomis sąlygomis, tačiau jų ekonomiškumas kinta kartu su eismo sąlygų faktoriais (Zahabi, S.A. H.; *et al.* 2014).

Egzistuoja strategija hibridiniams automobiliams dar labiau sumažinti suvartojamą degalų kiekį, o taip pat ir sumažinti taršą. Minėtoje strategijoje teigiama, kad norint pasiekti šiuos tikslus reikia:

- sumažinti tuščiosios eigos trukmę automobiliui stovint prie raudono šviesoforo signalo;
- pagerinti eismo valdymo sistemų ir hibridinio automobilio tiesioginį ryšį;
- esant galimybei, eismo srauto valdymo sistemas, reguliuoti eismo srautą išskaidant.

Ši strategija yra išskirtinė tuo, kad norimų tikslų pasiekti padeda hierarchinė kontrolė (Hom Chaudhuri, B.; *et al.* 2016). Esant šiai kontrolės rūšiai vykdoma aukštesnio, bei žemesnio lygių kontrolė. Taip hierarchinė kontrolė padeda sumažinti hibridinių automobilių degalų suvartojimą, o kartu gerina transporto sistemos mieste mobilumą, bei mažina CO₂ emisijas.

Strategija naudoja 2 lygių kontrolės valdiklius. Šiuo atveju kontrolė yra decentralizuota, tai yra reikalinga, kad kiekvienas automobilis autonomiškai galėtų vertinti eismo sąlygas naudojant tik vietinę informaciją. Aukštesnio lygio valdiklis generuoja hibridinio automobilio greitį, taip sumažindamas traukos energijos suvartojimą ir bandydamas sumažinti raudono šviesoforo signalo poveikį. Taip pat išsaugodamas eismo sistemos mobilumą ir efektyvų judėjimą (Hom Chaudhuri, B.; *et al.* 2016). Kiekvienas žemesnio lygio valdiklis naudoja aukštesnio valdiklio perduodamus signalus ir taip parenka optimaliausią strategiją hibridinio automobilio galios santykio panaudojimui. Bendra hierarchinė kontrolės schema pateikta 4. pav.



4 pav. Hierarchinė kontrolės schema (Sudaryta autorių).

Ši metodika gali būti naudojama visiškai autonominėms transporto priemonėms arba pusiau autonominėms ar kaip pagalbos vairuotojui sistema. Žinoma vairuotojas privalėtų laikytis aukštesnio kontrolės lygio valdiklio nurodymų. Iš esmės šios strategijos trūkumas yra akivaizdus – vairuotojas privalo laikytis sistemos nurodymų, tai dažnai yra nepatikima (Hom Chaudhuri, B.; *et al.* 2016).

Energijos hibridiniame automobilyje valdymas pasitelkiant eismo stebėjimo sistemas

Sumažinti taršą miestuose galima ir gerinant infrastruktūrą. Vienas iš siūlymų infrastruktūros tobulinimui būtų tiesioginio ryšio tarp vairuotojų informavimo sistemos ir automobilio programinės įrangos tobulinimas. Hibridinės transporto priemonės yra stipriai pranašesnės prieš įprastinius automobilius savo programinės įrangos valdymo galimybėmis. Taip efektyvus ryšys hibridinėms transporto priemonėms leistų dar labiau padidinti degalų ekonomiją ir sumažinti oro taršą miestuose.

Energijos valdymo strategija yra pagrindinė tyrimų tema hibridiniams automobiliams, nes tai tiesiogiai nulemia hibridinių automobilių degalų sąnaudas. Dažniausiai energijos valdymo strategijos būna sutapatintos su optimalaus automobilio valdymo strategijomis ir šis požiūris tam tikrais atvejais yra tinkamas, tačiau dažniau šių strategijų tapatinti negalima (Zheng, C.; *et al.* 2015). To priežastys yra fiksuoti hibridinio automobilio važiavimo ciklai, taip pat kintančios eismo sąlygos bei vairuotojo elgsena. Dėl šių priežasčių šiuo metu efektyviausia energijos valdymo strategija yra būsimos kelionės automobiliu prognozavimas. T. y. eismo sąlygų stebėseną, optimalaus maršruto pasirinkimas, teisingų vairavimo įgūdžių naudojimas. Kelionės prognozavimas dažniausiai atliekamas 2 pagrindinėmis priemonėmis:

- remiantis ankstesne vairavimo informacija;
- remiantis realiais telemetriniais duomenimis, panaudojant globalinę padėties nustatymo sistemą (GPS).

Kalbant apie sprendimus energijos valdymo strategijai pagerinti šiuo metu labiausiai tobulinama stop–start funkcija. Norima, kad ši funkcija automatiškai stabdytų variklį pasiekus kelionės tikslą, bei greičiau paleistų variklį po sustabdymo. Kitas sprendimas, tiesiogiai susijęs su minėta stop–start funkcija, yra stabdymo energijos panaudojimas baterijoms krauti. Siekiama, kad šių sistemų tarpusavio ryšys užtikrintų optimalų energijos valdymą hibridiniame automobilyje. Šių sistemų integracijai Kim TS, Manzie C, Watson H. (2008) siūlo panaudoti jau minėtus realius telemetrinius duomenis. Taip hibridinio automobilio energijos valdymo strategija gali būti efektyviausia taikant minėtas technines sistemas bei panaudojant programinę įrangą, kuri perduoda automobiliui realius telemetrinius duomenis (Zheng, C.; *et al.* 2015).

Išvados

1. Dažniausiai siekiant palyginti įprastinį vidaus degimo variklį turinčio automobilio ir hibridinio automobilio degalų suvartojimą parenkami beveik identiški automobiliai, aprašoma konkreti situacija, tyrimo vietovė (pvz., mistas, priemiestis, greitkelis ir pan.), vertinam vairavimo kultūros bei įgūdžių svarba (pvz.: agresyvus arba normalaus režimo vairavimas). Tokių tyrimų rezultatai rodo, kad hibridinės transporto priemonės padeda sutaupyti degalų visomis eismo sąlygomis ir važiavimo stiliais. Didžiausias degalų suvartojimo sumažėjimas pasiektas važiuojant miesto sąlygomis normaliuoju režimu.

2. Norint hibridiniams automobiliams dar labiau sumažinti suvartojamą degalų kiekį, o taip pat ir sumažinti taršą, reikia: sumažinti tuščiosios eigos trukmę automobiliui stovint prie raudono šviesoforo signalo; pagerinti eismo valdymo sistemų ir hibridinio automobilio tiesioginį ryšį; esant galimybei, eismo srauto valdymo sistemas, reguliuoti eismo srautą išskaidant.

3. Sumažinti taršą miestuose galima ir gerinant infrastruktūrą. Vienas iš siūlymų infrastruktūros tobulinimui būtų tiesioginio ryšio tarp vairuotojų informavimo sistemos ir automobilio programinės įrangos tobulinimas. Kalbant apie sprendimus energijos valdymo strategijai pagerinti šiuo metu labiausiai yra tobulintina stop–start funkcija, kuria siekiama užtikrinti optimalų energijos valdymą hibridiniame automobilyje.

Literatūra

1. Hom Chaudhuri, B.; 2016. Hierarchical control strategies for energy management of connected hybrid electric vehicles in urban roads, *Transportation Research Part C* 62: 70–86.
2. Pitanuwat, S.; Sripakagorn, A. 2015. An Investigation of Fuel Economy Potential of Hybrid Vehicles under Real-World Driving Conditions in Bangkok, *Energy Procedia* 79: 1046–1053.
3. Zahabi, A. H.; 2014. Fuel economy of hybrid-electric versus conventional gasoline vehicles in real-world conditions: A case study of cold cities in Quebec, Canada, *Transportation Research Part D* 32: 184–192.
4. Zheng, C.; 2015. An energy management approach of hybrid vehicles using traffic
5. preview information for energy saving, *Energy Conversion and Management* 105: 462–470.
6. Kim, TS, Manzie, C, Watson, H. Fuel economy benefits of look-ahead capability in a mild hybrid configuration. In: IFAC world congress, Seoul, Republic of Korea, 6–11 July 2008, pp.5646–5651. Laxenburg, Austria: IFAC.

THEORETICAL ASSESSMENT OF HYBRID CARS EFFICIENT ENERGY CONSUMPTION

Summary

The paper examines the problem of energy efficiency of a hybrid car. The hybrid and conventional car comparison is based on the Toyota Auris petrol and hybrid models, comparing fuel consumption in various driving modes (city, submersible, highway). Also, the assumptions for an effective increase in energy consumption have been analyzed. An additional energy consumption monitoring method using traffic monitoring systems is used.

Key words: Hybrid car, efficiency, energy consumption, fuel economy

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, lektorė

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Čižiūnienė.

Science degree and name: doctor, lector.

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

Author's research interests: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

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

Author's research interests: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

ELEKTROMOBILIŲ PAKROVIMO TINKLO INFRASTRUKTŪROS PLĖTROS PERSPEKTYVOS LIETUVOJE

Aleksandr Šabanovič, Jonas Matijošius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra

Anotacija. Lietuvai labai svarbu užtikrinti ES direktyvų vykdymą, nes Europos Sąjunga siekia sumažinti iškastinio kuro naudojimą ir neigiamą poveikį aplinkai. Straipsnyje nagrinėjama elektros transporto priemonių apmokestinimo tinklų esamos infrastruktūros plėtros padėtis ir perspektyvos Lietuvoje. Elektrinių automobilių naudojimas sukuria ne tik ekonominę, ekologinę, bet ir energijos valdymo naudą valstybei. Europoje yra keturi infrastruktūros valdymo modeliai elektrinių transporto priemonių įkrovimui. ES direktyvose nustatomi minimalūs alternatyvaus kuro infrastruktūros kūrimo reikalavimai, įskaitant elektros mokesčio prieigos taškų kūrimą, kuris turi būti įgyvendinamas taikant valstybių narių nacionalinę politiką, taip pat bendrieji techniniai šių apmokestinimo punktų ir papildymo punktų techniniai reikalavimai ir reikalavimai informacija vartotojams. Lietuva, vadovaudamasi direktyvomis, nustato, kad iki 2025 m. Elektriniai automobiliai turėtų sudaryti 10% visų parduotų naujų automobilių per metus. Lietuva naudoja mišrų infrastruktūros valdymo modelį. Valstybiniu lygmeniu Lietuva turi tinkamą elektromobilių įkrovimo stočių apręptį, tačiau didžioji dalis prieigos yra šalies savivaldybėse, todėl Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija nusprendė išplėsti tinklą nacionalinėje svarbos keliuose. Valstybinės savivaldybės, kurios dar neturi elektrinių transporto priemonių įkrovimo stočių, iki 2020 m. jas montuoja. Taip pat yra ir privataus sektoriaus, kuris dalyvauja kuriant tinklą.

Reikšminiai žodžiai: Elektromobiliai, infrastruktūra, įkrovimas, tinklas, plėtra.

Įvadas

Europos Sąjungos valstybėms vis didinant atsinaujinančių išteklių naudojimą, tam, kad sumažinti aplinkos taršą ir priklausomybę nuo iškastinio kuro, taip pat vis didėjant elektromobilių naudojimui, sprendimo teisę turinčioms valstybėms yra kritiškai svarbu turėti visapusiškai argumentuotą ir nepriklausomą nuomonę apie elektrinio transporto naudojimo plėtrą ir galimybes skatinti tinkamos elektrinių automobilių infrastruktūros kūrimą. Šio straipsnio objektas – elektromobilių pakrovimo tinklo infrastruktūros plėtros perspektyvos Lietuvoje. Straipsnio tikslas apžvelgti esamą Lietuvos situaciją ir galimybes bei perspektyvas elektromobilių tinklo plėtrai šalyje pagal Europos Sąjungos direktyvas ir LR Susisiekimo ministerijos įsakymus. Straipsnio struktūrą sudaro elektromobilių pakrovimo tinklų infrastruktūrų valdymo modelių Europoje apžvalga, planuojamos elektromobilių tinklo naudos Lietuvai apžvalga, ES direktyvų, reglamentuojančių elektromobilių naudojimą ir jų perkėlimą į LR teisinę bazę apžvalga, taip pat esamos situacijos ir ateities perspektyvų apžvalga.

Tyrimo tikslas – apibrėžti elektromobilių pakrovimo tinklo infrastruktūros plėtros perspektyvas Lietuvoje. Tikslui pasiekti išsikeliami šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti elektromobilių pakrovimo tinklų infrastruktūros valdymo modelius Europoje.
2. Išnagrinėti planuojamos elektromobilių tinklo plėtros naudą Lietuvai.
3. Išanalizuoti ES normatyvinių aktų reikalavimus elektromobilių tinklo plėtrai.
4. Išanalizuoti elektromobilių tinklo perspektyvas Lietuvoje.

Elektromobilių pakrovimo tinklų infrastruktūros valdymo modeliai Europoje

Pagal nuosavybės paskirstymo ir rinkos atvirumo charakteristikas, išskiriami keturi galimi pakrovimo tinklų infrastruktūros valdymo modeliai: integruotas, atskiras, nepriklausomas EM paslaugų tiekėjo ir krovimo taškų operatoriaus, viešasis (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 58). Integruotos infrastruktūros modelyje, krovimo infrastruktūra, tai egzistuojančios skirstomųjų tinklų operatoriaus tąsa. Vartotojas kontaktuoja su tam tikru tiekėju ir moka už suvartotą elektros kiekį, pagal tiekėjo tarifą, taip pat gali būti taikomas papildomas mokestis už greitąjį krovimą. Valstybė padengia krovimo kaštus, arba jie gali būti įskaiciuojami į elektros tarifą (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 59). Pagal atskiros infrastruktūros modelį, krovimo infrastruktūra valdoma nepriklausomų operatorių, t.y. infrastruktūra yra atskiras ir nepriklausomas vertės grandinės elementas. Kaip ir integruotame infrastruktūros valdymo modelyje rinka yra atvira visiems elektros tiekėjams, tačiau šiuo atveju prisideda ir atskiri operatoriai. Infrastruktūra gali būti finansuojama įplaukais už prieigą prie infrastruktūros iš elektromobilių naudotojų, arba iš elektros tiekėjų yra imamas mokestis už prieigą prie centrinės sistemos (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 61). Pagal krovimo taškų operatoriaus modelį infrastruktūrą diegia privatūs operatoriai. Kaip ir atskiros infrastruktūros modelyje, krovimo taškų įrengimą viešose vietose operatoriai derina su savivaldybėmis. Kiekvienas operatorius laisvai nustato EM vartotojams perparduodamos elektros kainą ir pasirenka elektros tiekėją, taip pat galimi įvairūs mokėjimo planai. Vartotojas sudaro sutartį su vienu ar keliais operatoriais, tikėtina kelių operatorių paslaugų naudojimo galimybė. Taip pat tiek krovimo taškų operatoriaus, tiek atskiros infrastruktūros modeliuose yra galimybė įdiegti centralizuotą IT ir apmokėjimo sistemą, arba kiekvienas operatorius gali turėti atskirą sistemą savo

tinklui (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 63). Nepriklausomo EM paslaugų tiekėjo modelis yra uždaras rinkos modelis, kuriame operatorius, užimantis didžiąją rinkos dalį, teikia elektromobilių krovimo paslaugą ir kartu su susijusių paslaugų paketu. Elektros tiekėjas yra parenkamas operatoriaus, taip pat galimi įvairūs mokėjimo planai. Operatoriumi gali tapti vieša arba pusiau vieša įstaiga arba privatus operatorius per valstybės suteikiamą licenciją. Tinklo infrastruktūra pilnai finansuojama iš vartotojų rinkliavų (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 62). Atviriausią rinką sukuria atskiros infrastruktūros modelis ir krovimo taškų operatoriaus modelis. Integruotos infrastruktūros modelis reikalauja daugiausiai investicijų iš valstybės. Labiausiai uždaras yra nepriklausomo elektromobilių paslaugų tiekėjo modelis. Vieno tobulo modelio nėra, pasirinkimas priklauso nuo individualių valstybių charakteristikų ir aplinkos faktorių. Pažymėtina, kad vienoje rinkoje vienu metu gali veikti keli modeliai (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 65).

Planuojama elektromobilių pakrovimo tinklo nauda Lietuvai

Didelis elektromobilių paplitimas sudarys papildomą apkrovimą šalies elektros tinklams (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Dubey, 2012: 7–9), tačiau elektromobiliai tuo pačiu gali sudaryti naujas galimybes efektyviam elektros tinklų valdymui (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Hu *et al.* 2016: 341–351). Jeigu būtų diegiama išmaniojo elektros tinklo technologija, leidžianti optimaliai reguliuoti elektromobilių krovimo laiką ir didelio apkrovimo metu pasiimti elektrą iš elektromobilio atgal į tinklą, elektromobiliai galėtų padėti užtikrinti tolygesnę paros elektros suvartojimo kreivę (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Farahani 2017: 336–346; Arias *et al.* 2017: 738–753; Europos... 2014: 1–20). Taip, elektromobilių naudojimas padėtų sumažinti papildomų investicijų į elektros tinklų pajėgumus (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Europos... 2014: 1–20; Li *et al.* 2017: 3). Elektromobiliai, priklausomai nuo savo tipo, arba visiškai neišmeta CO₂ dujų, arba išmeta ženkliai mažiau lyginant su vidaus degimo varikliais (VDV) varomais automobiliais (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Lee *et al.* 2017: 494–508; Murakami 2017: 23–37; Munoz-Villamizar *et al.* 2017: 40–54; Kuppusamy *et al.* 2017: 123–135; Arias *et al.* 2017: 738–753). Todėl šalis gauna ekonominę naudą dėl švaresnio oro, mažesnio gyventojų susirgimų skaičiaus ir dėl galimybės parduoti neišnaudotas CO₂ taršos kvotas. Tiesa, reikia atsižvelgti į tai, kad elektros generavimo procesas, priklausomai nuo generacijos tipo gali į aplinką išmesti didelius kiekius CO₂. Taigi, bendri CO₂ emisijų sutaupymai priklauso nuo kiekvienai šaliai individualaus elektros gamybos pasiskirstymo pagal kuro šaltinius (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Li *et al.* 2017: 3). Lyginant su VDV automobiliais, elektromobiliai važiavimui nenaudoja (arba naudoja ženkliai mažiau) iškastinio kuro (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Murakami 2017: 23–37; Farahani 2017: 336–346). Tai reiškia, kad visos šalies mastu suvartojama mažiau iškastinio kuro. Ilgalaikėje perspektyvoje elektromobiliai gali ženkliai prisidėti prie energetinės nepriklausomybės pasiekimo (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Li *et al.* 2017: 3; Hu *et al.* 2016: 341–351; Arias *et al.* 2017: 738–753). Elektromobiliai veikia visiškai tyliai, arba bent jau ženkliai tyliau nei VDV automobiliai (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 20; Murakami 2017: 23–37; Munoz-Villamizar *et al.* 2017: 40–54; Kuppusamy *et al.* 2017: 123–135). Taigi, platesnis elektromobilių paplitimas reikštų mažesnę triukšmą šalies miestuose, kas yra itin aktualu nuo eismo triukšmo kenčiantiems didmiesčių gyventojams (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 21; Kuppusamy *et al.* 2017: 123–135). Elektromobilių pramonė yra dar tik besiformuojanti, ypač kalbant apie elektromobilių infrastruktūros verslą. Tai suteikia galimybę vystyti pramonę ir įsitraukti į elektromobilių vertės grandinę net ir toms šalims, kurios istoriškai neturėjo automobilių pramonės (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 21).

Normatyviniai teisės aktai reglamentuojantys elektromobilių naudojimą

ES direktyvos, reglamentuojančios elektromobilių naudojimą. Pagal „Europos netaršių ir efektyviai energiją vartojančių transporto priemonių strategiją“ (Europos... 2010: 1–15), bendrus standartus turėtų būti sudarytos galimybės visoms elektrinėms transporto priemonėms būti pakrautoms, prisijungti prie elektros tinklo visoje ES teritorijoje ir su visų rūšių įkrovikliais (Europos... 2010: 1–15). ES direktyva 2014/94/ES dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo, nustatoma bendra alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo Sąjungoje priemonių sistema, siekiant sumažinti transporto priklausomybę nuo naftos ir sušvelninti jo poveikį aplinkai (Europos... 2014: 1–20). Šia direktyva nustatomi minimalūs reikalavimai alternatyviųjų degalų infrastruktūros, įskaitant elektromobilių įkrovimo prieigas, kūrimui, kurie turi būti įgyvendinami pasitelkiant valstybių narių nacionalines politikos sistemas, taip pat tokių įkrovimo prieigų ir papildymo punktų bendras technines specifikacijas, ir informacijos teikimo naudotojams reikalavimai (Europos... 2014: 1–20). Valstybės narės, pasitelkdamos savo nacionalines politikos sistemas, užtikrina, kad ne vėliau kaip 2020 m. gruodžio 31 d. būtų įrengtas tinkamas viešųjų įkrovimo prieigų skaičius, siekdamas užtikrinti, kad elektromobiliai galėtų judėti bent miestų ir (arba) priemiesčių aglomeracijose bei kitose tankiai gyvenamose vietovėse ir, atitinkamai atvejais, valstybių narių nustatytuose tinkluose (Europos... 2014: 1–20).

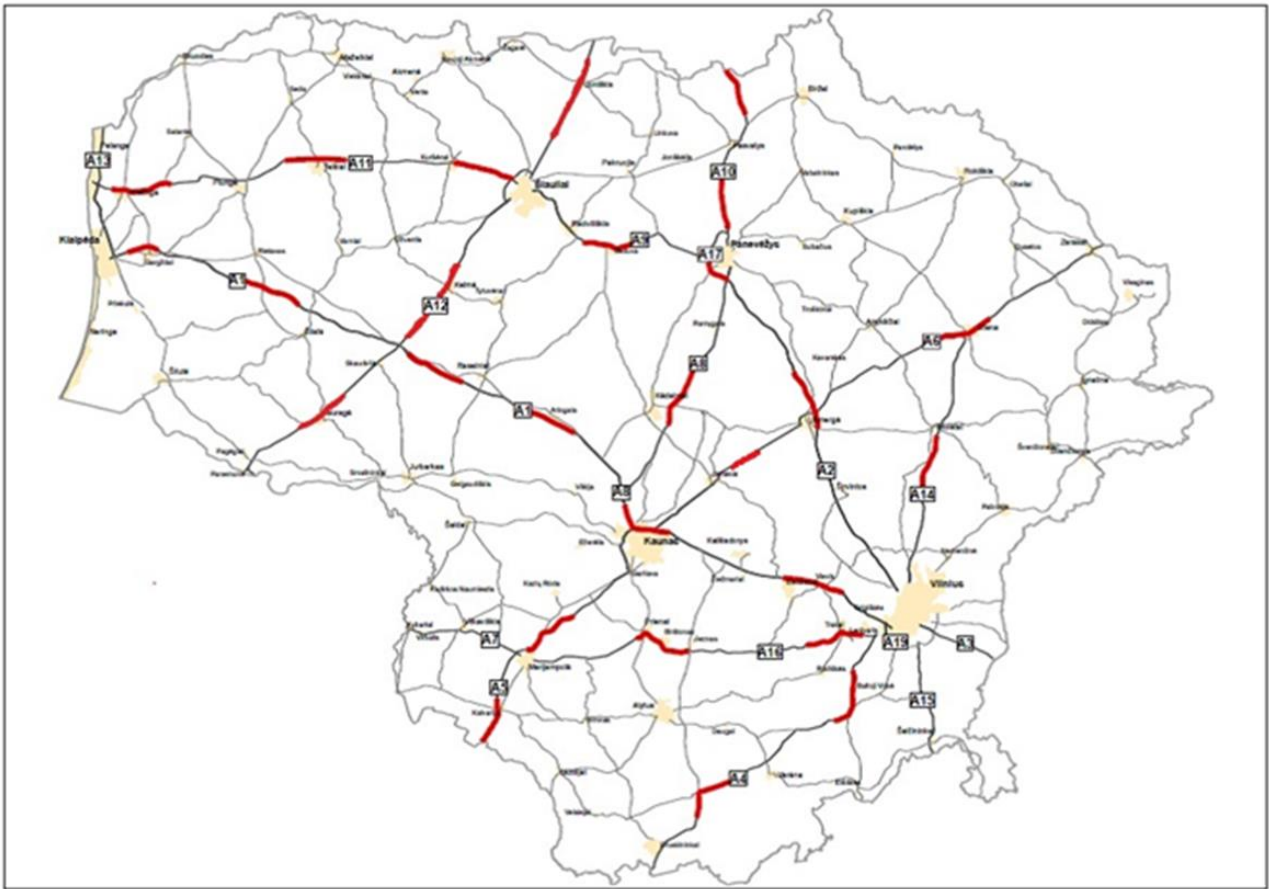
ES direktyvos perkėlimas į LR teisinę bazę per LR Susisiekimo ministro įsakymą. Visi įregistruoti nauji elektromobiliai Lietuvoje iki 2025 m. turi sudaryti 10 proc. visų per metus parduodamų naujų automobilių (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų operatoriais gali būti nepriklausomi elektros tiekėjai, gamintojai, degalinių ar jų tinklų operatoriai, savivaldybių įmonės, kiti fiziniai ar juridiniai asmenys, kitos organizacijos (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9; Europos... 2014: 1–20). Elektros skirstomųjų tinklų operatoriai turi bendradarbiauti nediskriminuojančiomis sąlygomis su bet kuriuo elektromobilių įkrovimo prieigos operatoriumi, kuris rengia arba eksploatuoja viešąsias elektromobilių įkrovimo prieigas (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9; Europos... 2014: 1–20). Visose viešosiose elektromobilių įkrovimo prieigose turi būti sudaryta galimybė naudotojui įkrauti elektromobilį neturint sutarties su elektros tiekėju ar elektromobilių įkrovimo prieigos operatoriumi (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Elektromobilių įkrovimo sąsaja gali turėti kelis lizdinius išvadus arba transporto priemonės jungtis, jei bent vienas iš jų atitinka direktyvoje (Europos... 2014: 1–20) nustatytas technines specifikacijas, kad būtų sudaryta galimybė įkrauti naudojant įvairių standartų jungtis. Tačiau direktyvoje (Europos... 2014: 1–20) pasirinkus elektromobiliams skirtas Sąjungos bendras jungtis (2 tipo ir „Combo 2“ tipo), tai neturėtų sudaryti kliūčių toms valstybėms narėms, kurios jau investavo į įkrovimo prieigose naudojamų kitų standartizuotų technologijų diegimą, ir neturėtų daryti poveikio jau esančioms įkrovimo prieigoms, kurios buvo įdiegtos prieš įsigaliojant šiai direktyvai. Elektromobilius, jau esančius apyvartoje dar prieš įsigaliojant šiai direktyvai, turėtų būti įmanoma įkrauti net tuo atveju, jei jie buvo suprojektuoti įkrauti įkrovimo prieigose, kurios neatitinka direktyvoje (Europos... 2014: 1–20) išdėstytų techninių specifikacijų. (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Pasirenkant įprastos ir didelės galios įkrovimo prieigoms skirtą įrangą turėtų būti laikomasi konkrečių nacionaliniu lygiu galiojančių saugos reikalavimų (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9; Europos... 2014: 1–20). LR susisiekimo ministras rekomenduoja operatoriams sudaryti sąlygas už elektromobilių įkrovimo paslaugas mokėti elektroniniu būdu (mokėjimo kortele, SMS žinute ir kt.). Taip pat elektromobilių įkrovimo prieigos operatorius gali pasiūlyti papildomus mokėjimo už paslaugą būdus (pvz., gryniesi pinigai ir kt.) (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Elektromobilių įkrovimo prieigų operatorių nustatytos kainos viešosiose elektromobilių įkrovimo prieigose turėtų būti pagrįstos, lengvai ir aiškiai palyginamos, skaidrios ir nediskriminacinės (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9; ; Europos... 2014: 1–20).

Elektromobilių tinklo plėtros Lietuvoje perspektyvos

Elektromobilių tinklas Lietuvoje. Pagal pasaulinį elektromobilių įkrovimo stotelių žemėlapi (PlugShare... 2017), Lietuvoje įkrovimo viešosios įkrovimo stotelės yra išsidėsčiusios taip: Vilnius turi 7 įkrovimo stoteles, iš kurių 5 yra privataus naudojimo, tai reiškia, kad jas, tam tikru būdu, aktyvuos, jas įsirengęs operatorius ir 2 yra viešosios paskirties visiškai laisvai prieinamos įkrovimo stotelės. Kaune taip pat yra 5 privataus naudojimosi ir 2 viešosios paskirties stotelės. Klaipėdoje yra įrengtos 2 privataus ir 2 viešojo naudojimo stotelės. Elektrėnų rajonas turi 2 privataus naudojimo stoteles. Kelio Klaipėda–Kaunas–Vilnius ruože yra įrengtos 3 privataus naudojimo stotelės. Panevėžyje yra 3 privataus naudojimo stotelės. Šiauliuose įrengtos 4 privataus naudojimo stotelės. Kėdainiai turi 1 privataus naudojimo stotelę. Nidoje įrengta 1 viešojo naudojimo įkrovimo stotelė. (PlugShare... 2017)

Tinklo plėtros perspektyvos. Siekiant įgyvendinti Kompleksinėje elektromobilių transporto plėtros galimybių studijoje (LR ūkio ministerija *et al.* 2012) nurodytą rodiklį, LR Susisiekimo ministerija pirmiausia kuria ir plėtoja elektromobilių įkrovimo infrastruktūrą penkiuose didžiuosiuose Lietuvos miestuose ir kurortuose, taip pat pagrindiniame transeuropiniame kelių tinkle (angl. TEN-T Core network), t. y. šalia tarptautinių automagistralių (valstybinės reikšmės magistralinių kelių) E85 ir E67, vėliau - ir šalia kitų kelių, priklausančių TEN-T tinklui (1 pav.). Šalia kelių, priklausančių transeuropiniam transporto tinklui, ir šalia kietų valstybinės reikšmės kelių iki 2020 m. bus įrengtos ne mažiau kaip 19 veikiančių viešųjų elektromobilių didelės galios įkrovimo prieigos, o iki 2022 m. - ne mažiau kaip 28 vnt. (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Siekiant užtikrinti nepertraukiamą kelionę, viešąsias elektromobilių didelės galios įkrovimo prieigas šalia valstybinės reikšmės kelių įrengiamos ne didesniu kaip 40–50 km atstumu (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). LR susisiekimo ministerija rekomenduoja elektromobilių įkrovimo infrastruktūrą įrengti savivaldybėse, kuriose yra daugiau kaip 25 tūkst. gyventojų (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Didžioji dauguma pakrovimo stotelių turėtų būti statoma tose vietose, kuriose elektromobilius bus patogiausia krauti – šalia darboviečių ir gyvenamųjų namų. Tankiai apgyvendintuose gyvenamųjų daugiabučių kvartaluose elektromobilių pakrovimo stotelės dėl naudojimosi patogumo rekomenduojama įrengti šalia elektros skirstymo tinklo transformatorinių (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 12; LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Viešąsias elektromobilių įkrovimo prieigas rekomenduojama įrengti šalia valstybės ir savivaldybių institucijų, prekybos centrų, viešbučių, automobilių stovėjimo aikštelėse, miestų gatvėse, degalinėse ir kt. Tokias elektromobilių įkrovimo prieigas galėtų įrengti šių vietų savininkai, valstybės ir savivaldybių institucijos, įstaigos, įmonės,

fiziniai ar juridiniai asmenys (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Remiantis LR susisiekimo ministro sprendimu savivaldybės planuoja ir toliau plėtoti elektromobilių įkrovimo tinklą (Alytaus... 2017; Kauno... 2017; Kėdainių... 2017; Klaipėdos... 2017; Utenos... 2017). Klaipėdos miesto savivaldybė iki 2022 m. planuoja įsirengti dar 4 viešąsias įkrovimo stoteles (Klaipėdos... 2017).



1 pav. Numatomų įrengti viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų planas.

Šaltinis: (LR susisiekimo ministras, „dėl viešosios elektromobilių įkrovimo ... 2017).

Didžioji dauguma pakrovimo stotelių turėtų būti statoma tose vietose, kuriose elektromobilius bus patogiau krauti – šalia darbuvių ir gyvenamųjų namų. Tankiai apgyvendintuose gyvenamųjų daugiabučių kvartaluose elektromobilių pakrovimo stotelės dėl naudojimosi patogumo rekomenduojama įrengti šalia elektros skirstymo tinklo transformatorinių (LR ūkio ministerija *et al.* 2012: 12; LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Viešąsias elektromobilių įkrovimo prieigas rekomenduojama įrengti šalia valstybės ir savivaldybių institucijų, prekybos centrų, viešbučių, automobilių stovėjimo aikštelėse, miestų gatvėse, degalinėse ir kt. Tokias elektromobilių įkrovimo prieigas galėtų įrengti šių vietų savininkai, valstybės ir savivaldybių institucijos, įstaigos, įmonės, fiziniai ar juridiniai asmenys (LR susisiekimo ministras 2017: 1-9). Remiantis LR susisiekimo ministro sprendimu savivaldybės planuoja ir toliau plėtoti elektromobilių įkrovimo tinklą (Alytaus... 2017; Kauno... 2017; Kėdainių... 2017; Klaipėdos... 2017; Utenos... 2017). Klaipėdos miesto savivaldybė iki 2022 m. planuoja įsirengti dar 4 viešąsias įkrovimo stoteles (Klaipėdos... 2017). Kauno savivaldybėje planuojama įrengti papildomai 30 stotelių (Kauno... 2017). Kėdainiuose bus įrengtos dar 5 stotelės (Kėdainių...2017). Utenos ir Alytaus miestų savivaldybės dar neturi viešųjų įkrovimo stotelių, tačiau Utenoje planuojama įrengti 18 įkrovimo stotelių visame rajone, o Alytuje bus įrengtos 3 viešosios elektromobilių įkrovimo stotelės (Alytaus... 2017; Utenos...2017).

Išvados

1. Europoje egzistuoja keturi elektromobilių pakrovimo tinklų infrastruktūros valdymo modeliai. Tačiau vieno modelio, kuris tiktų visoms valstybėms nėra, kadangi pasirinkimas priklauso nuo individualių valstybės charakteristikų ir aplinkos faktorių. Lietuvoje šiuo metu taikomas mišrus infrastruktūros modelis, kuriame yra ir viešųjų ir privačiai valdomų krovimo stotelių.

2. Elektromobilių paplitimas Lietuvoje padėtų išlyginti elektros naudojimo apkrovos kreivę, taip pat sumažintų aplinkos taršos rodiklius šalyje bei ilgalaikėje perspektyvoje sumažintų priklausomybę nuo naftos produktų.

3. Prie elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros prisideda didžioji dalis valstybės savivaldybių, taip pat prisideda ir privatus sektorius. Todėl jau dabar Lietuvoje yra nemažas elektromobilių krovimo prieigų skaičius.

4. Lietuvoje iki 2025 m. elektromobilių skaičius turėtų ženkliai padidėti, nes yra siekiama, kad elektromobiliai sudarytų 10 proc. visų per metus parduodamų naujų automobilių šalyje. Juolab, kad iki 2025 m. planuojama stipriai išplėtoti krovimo tinklą, taip sukuriant itin patogias sąlygas elektromobilių naudotojams.

Literatūra

1. Alytaus miesto savivaldybės taryba. 2017. *Sprendimas dėl Alytaus miesto elektromobilių įkrovimo prieigų išdėstymo plano patvirtinimo*. Alytus.
2. Arias, M., Kim, M., Bae, S. 2017. Prediction of electric vehicle charging-power demand in realistic urban traffic networks, *Applied Energy* 195 (2017) 738–753.
3. Dubey, A. 2012. *Impact of Electric Vehicle Loads on Utility Distribution Network Voltages*. Ostinas.
4. Europos komisija. 2010. Europos netaisytų ir efektyviai energiją vartojančių transporto priemonių strategija, *Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai ir Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui* KOM(2010)186 galutinis. Briuselis.
5. Europos komisija. 2014. Europos parlamento ir tarybos direktyva 2014/94/ES 2014 m. spalio 22 d. dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo, *Europos Sąjungos oficialusis leidinys* L307/1: 1–20.
6. Farahani, H. 2017. Improving voltage unbalance of low-voltage distribution networks using plug-in electric vehicles, *Journal of Cleaner Production* 148 (2017): 336–346.
7. Hu, J., Morais, H., Lind, M., Binder, H. 2016. Multi-agent based modeling for electric vehicle integration in adistribution network operation, *Electric Power Systems Research* 136 (2016): 341–351.
8. Kauno miesto savivaldybės taryba. 2017. *Sprendimas dėl Kauno miesto elektromobilių įkrovimo prieigų plano patvirtinimo*. Kaunas.
9. Kėdainių rajono savivaldybės taryba. 2017. *Sprendimas dėl elektromobilių įkrovimo prieigų plano Kėdainių mieste patvirtinimo*. Kėdainiai.
10. Klaipėdos miesto savivaldybės taryba. 2017. *Sprendimas dėl Klaipėdos miesto savivaldybės teritorijoje iki 2020 metų planuojamų įrengti viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų plano patvirtinimo*. Klaipėda.
11. Kuppasamy, S., Magazine, M., Rao, U. 2017. Electric vehicle adoption decisions in a fleet environment, *European Journal of Operational Research* 262 (2017): 123–135.
12. Lee, J., Madanat, S. 2017. Optimal design of electric vehicle public charging system in an urban network for Greenhouse Gas Emission and cost minimization, *Transportation Research Part C* 85 (2017): 494–508.
13. Li, J., Li, C., Wu, Z., Wang, X., Teo, K., Wu, C. 2017. Sparsity-Promoting Distributed Charging Control for Plug-In Electric Vehicles over Distribution Networks, *Applied Mathematical Modelling* (2017): 1–26.
14. LR susisiekimo ministras. 2017. *Dėl Lietuvos respublikos susisiekimo ministro 2015 m. gegužės 6 d. įsakymo nr. 3-173 (I.5 e) „dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros rekomendacijų ir šalia valstybinės reikšmės kelių numatomų įrengti viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų plano patvirtinimo“ pakeitimo*. Vilnius.
15. LR ūkio ministerija, LR energetikos ministerija, LR susisiekimo ministerija. 2012. *Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija: Galutinės ataskaitos projektas*. Vilnius. 212 p.
16. LR vyriausybė. 2017. *Nutarimas dėl Lietuvos respublikos vyriausybės 2013 m. Gruodžio 18 d. Nutarimo nr. 1253 „Dėl nacionalinės susisiekimo plėtros 2014–2022 metų programos patvirtinimo“ pakeitimo*. Vilnius.
17. Munoz-Villamizar, A., Montoya-Torres, J., Faulin, J. 2017 Impact of the use of electric vehicles in collaborative urban transport networks: A case study, *Transportation Research Part D* 50 (2017): 40–54.
18. Murakami, K. 2017. A new model and approach to electric and diesel-powered vehicle routing, *Transportation Research Part E* 107 (2017): 23–37.
19. *PlugShare - EV Charging Station Map*. 2017. [interaktyvus] [žiūrėta 2017 m. gruodžio 30 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.plugshare.com>.
20. Utenos rajono savivaldybės taryba. 2017. *Sprendimas dėl Utenos rajono savivaldybės tarybos 2016 m. Rugpjūčio 25 d. Sprendimo nr. TS-245 „dėl elektromobilių įkrovimo prieigų plano Utenos rajono savivaldybėje patvirtinimo“ pakeitimo*. Utena.

ELECTRIC CARS LOADING NETWORK INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN LITHUANIA

Summary

It is very important for Lithuania to ensure the enforcement of EU directives as European Union is aimed to reduce the use of fossil fuels and negative environmental impacts. The article analyses the situation and prospects of the existing infrastructure development of electric vehicle charging networks in Lithuania. The use of electric cars creates not only economic, ecological, but also energy management benefits to the state. In Europe, there are four infrastructure

management models for electric vehicle charging. EU directives set minimum requirements for the development of alternative fuel infrastructure including the development of electric charging access points to be implemented through the national policies of the Member States as well as the common technical specifications for such charging points and replenishment points and the requirements for providing information to users. Lithuania, in accordance with the directives, determines that by 2025 electric cars should account for 10% of all new cars sold per year. Lithuania uses a mixed infrastructure management model. At the state level Lithuania has a decent electric vehicle charging stations coverage but most of the access is in municipalities of the country, therefore the Ministry of Transport and Communications of the Republic of Lithuania decided to expand the network on roads of national importance. The state municipalities which do not yet have electric vehicle charging stations aim to install them by 2020. There is also a private sector involved in the development of the network.

Key words: electromobility, infrastructure, charging, network, development.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Aleksandr Šabanovič.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Transporto inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Elektromobiliai, aplinkosauga, elektros pakrovimo stotelė.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, aleksandr.sabanovic@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Aleksandr Šabanovič..

Science degree and name: Student of MSc.

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

Author's research interests: Electromobility, environmental protection, electric charging station.

Telephone and e-mail address: 8 650 20894, aleksandr.sabanovic@stud.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

CHIMOTOLOGINIAI TRANSPORTO PRIEMONIŲ VARIKLIŲ ALYVŲ TYRIMAI

Jonas Matijošius, Audrius Čereška
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Transporto priemonių ilgaamžiškumas priklauso ne tik nuo eksploatacijos sąlygų, bet ir nuo degalų bei tepalų kokybės. Naudojant nekokybiškus produktus, didėja išlaidos remontui ir techninei priežiūrai, kartu didėja mechanizuotų darbų bei gaminamos produkcijos savikaina. Todėl iškyla labai svarbus uždavinys racionaliai vartoti turimus degalų ir tepalų išteklius. Darbe pateikti transporto priemonių alyvų chimotologiniai savybių tyrimai. Tyrimų metu paimti nenaudotos ir autobuse dujomis varomame variklyje naudotos alyvos bandiniai. Nustatyti alyvų klampiai, tankiai, pliūpsnio temperatūra ir šarmingumas. Rezultatai išanalizuoti ir palyginti. Pateiktos išvados ir pasiūlymai.

Reikšminiai žodžiai: alyva, klampa, tankis, pliūpsnio temperatūra, šarmingumas.

Išvadas

Skysti tepalai vadinami alyvomis. Alyvoms yra svarbios klampumo, tepimo, antioksidacinės, plovimo, antikorozinės ir kt. savybės. Kiekviena savybė įvertinama keliais rodikliais, kurie kartu lemia alyvos kokybę.

Variklinių alyvų paskirtis – sumažinti detalių trintį ir dilimą. Be to, ji aušina detales, sandarina sujungimus ir šalina iš jų dilimo produktus, saugo paviršius nuo korozijos (Jučas 1992).

Alyvos atliekamos funkcijos daugiausia priklauso nuo jos kintančių savybių eksploatavimo metu.

Variklinė alyva nėra amžina, laikui bėgant jos kokybė prastėja ir ji praranda savo savybes. Alyvos keitimo periodiškumas priklauso nuo daugelio faktorių: automobilio amžiaus, kelių, kuriais važinėjama, klimato sąlygos, alyvos rūšies ir kt. Racionalaus degalų ir tepalų naudojimo tyrimai vadinami chimotologiniais tyrimais (Gunda ir Narala 2017).

Pagrindinės variklinių alyvų funkcijos: sumažinti trintį tarp judančių detalių paviršių; sulėtinti detalių dilimą; aušinti detales; sandarinti tarpus tarp judančių paviršių; apsaugoti detales nuo korozijos; nuplauti paviršius, pašalinti nuo paviršių dilimo produktus bei kitus teršalus (Xiao ir Liu 2017).

Variklių alyvos privalo: užtikrinti variklio detalių švarą dėl aukštų plovimo, disperguojančių-stabilizuojančių savybių įvairių netirpstančių užteršimų atžvilgiu; sudaryti palankias sąlygas lengvam šalto variklio paleidimui, užtikrinti gerą prapumpavimą ir patikimą patepimą ekstremaliomis sąlygomis esant aukštomis apkrovoms ir žemoms aplinkos temperatūroms dėl optimalių klampumo bei temperatūrinių savybių; nukreipti šilumą nuo įšilusių variklio detalių, užtikrinti patikimą variklio darbą esant aukštai temperatūrai cilindų bei karterio zonose dėl savo aukšto terminio ir termooksidacinio stabilumo; užtikrinti patikimą variklio detalių patepimą visais darbo režimais dėl savo antifrikcinių, dilimą stabdančių bei apsaugančių nuo įbrėžimų savybių; neutralizuoti agresyvius korozinius komponentus, besikaupiančius variklio eksploatacijos procese (nevisiško degalų sudegimo produktai, taip pat oro deguonies ir vandens poveikis variklio detalių medžiagoms) dėl antikorozinių bei apsaugančių savybių (Abramavičienė *et al.* 2012).

Dirbant varikliams, alyvų fizikinės ir cheminės savybės keičiasi – alyva sensta. Alyvų senėjimas susijęs su jos angliavandenilių oksidacija, priedų sunaudojimu, nevisiškai sudegusių degalų ir detalių dilimo produktų bei dulkių ir vandens kaupimusi (Zainal *et al.* 2018).

Labai svarbus alyvų senėjimo požymis yra priedų sunaudojimas: jų koncentracija, kartu ir efektyvumas mažėja. Patys svarbiausi variklinių alyvų priedai yra plaunantieji, disperguojantieji ir neutralizuojantieji. Dalis šių priedų neutralizuoja rūgščius junginius, dalis sulaikoma filtruose, dar kita dalis – suirsta dėl aukštos temperatūros. Apie priedų koncentracijos sumažėjimą sprendžiama iš alyvos šarminio skaičiaus kiekio sumažėjimo alyvoje. Alyvai senstant, joje vis gausiau kaupiasi mechaninių priemaišų ir vandens, spartinančių mechaninį ir korozinį dilimą (Bart *et al.* 2013).

Vienas iš alyvos taupymo rezervų yra jos keitimo periodiškumo ilginimas. Ar būtina alyvą keisti, galima spręsti iš jos kokybės pasikeitimo. Tam nustatyti dažniausiai taikomi tokie pat metodai, kaip ir tiriant nenaudotas alyvas, nes senėjimui įvertinti dar nėra metodų komplekso ar vieno kokio nors bendro rodiklio (Hamidi 2017).

Padidėjusi alyvos kinematinė klampa rodo, kad išgaravo lengvosios frakcijos, susikaupė oksidacijos produktų arba kitokių priemaišų.

Pliūpsnio temperatūros sumažėjimas rodo, kad į alyvą pateko degalų.

Šarminis ir rūgštinis skaičius, pH rodiklis apibūdina alyvos bazines ir rūgštines savybes. Šarminio skaičiaus ir pH mažėjimas rodo plovimo priedų kiekio mažėjimą. Rūgštinio skaičiaus didėjimas rodo alyvos oksidaciją ir neutralizavimo priedų mažėjimą.

Netirpių nuosėdų kiekio didėjimas rodo degalų nevisiško sudegimo, detalių dilimo ir alyvos giles oksidacijos produktų bei dulkių ir panaudotų priedų kaupimąsi alyvoje.

Kai alyvoje yra pakankamai plovimo priedų, netirpios priemaišos joje būna smulkiai disperguotos. Priedų kiekiui mažėjant, priemaišos jungiasi tarp savęs ir nusėda kaip dervos. Todėl iš smulkių ir visų dervų kiekių, kurie nustatomi skirtingų greičių centrifugose, santykio galima spręsti apie priedų efektyvumo pasikeitimą – alyvos plovimo savybių atsargą (Hamdan *et al.* 2017).

Transporto priemonių darbo resursas labai priklauso nuo jų tepimui naudojamų alyvų kokybės. Alyvos kokybę lemia jos savybės, kurios įvertinamos tam tikrais rodikliais. Pavyzdžiui, variklinės alyvos kokybė vertinamas 16, o transmisinių alyvų – net 20 rodiklių (Jučas 1992).

Klampa – skysčio vidinės trinties rodiklis, priešinimasis tekėjimui. Alyvos klampa pirmiausia yra tepimo charakteristika, nuo jos priklauso tepimo kokybė. Nuo klamos priklauso ir variklio bei mechanizmo energijos nuostoliai arba trinties nuostoliai. Klampa yra pati svarbiausia alyvos charakteristika, pagal kurią konkrečiam atvejui pasirenkama alyva (Baltėnas *et al.* 1998). Alyvos klampa priklauso nuo ją sudarančių junginių molekulių dydžio bei cheminės struktūros, todėl klampa pirmiausia yra medžiagos, šiuo atveju alyvos, charakteristika. Bet klamos dydis priklauso ir nuo išorinių faktorių – temperatūros, slėgio ir iš dalies nuo šlyties greičio (Miklušis *et al.* 2013). Variklinėms ir transmisinėms alyvoms, ypač visasezonėms, dažnai nustatoma grafinė klamos priklausomybė nuo temperatūros $\nu = f(t)$, nes reikia žinoti klamos priklausomybę nuo temperatūros, t. y. kaip kinta klampa aukštoje ir žemoje temperatūroje (Sokolovskij ir Matijošius 2012).

Skysčio tankis nustatomas areometru. Areometrai (prietaisai skysčio tankiui nustatyti) būna trijų tipų (Sokolovskij ir Matijošius 2012).

Gamybos stadijoje bazinės alyvos, skirtos tepimo produktams, pereina daug kokybės gerinimo ir valymo stadijų, kurios padeda pritaikyti savybes būsimam panaudojimui. Priedai taip pat gali pagerinti alyvos savybes šaltyje, padidinti klampumo indeksą ir atsparumą oksidacijai, apsaugą nuo slėgio, dėvėjimosi, korozijos ir putų susidarymo. Pagal savo funkcijas sąlyginai jie yra skirstomi į tris grupes, nes kai kurie iš jų gali atlikti ir keletą funkcijų: modifikuojantys alyvos savybes, saugantys alyvą, saugantys paviršius.

Atlikti tyrimai (Miklušis, Matijošius, Spruogis 2012) alyvos šarmingumui ir pliūpsnio temperatūrai nustatyti, eksploatuojant variklinę alyvą kas 2500 km rida. Tyrimų metu nustatyta, kad alyvos pliūpsnio temperatūra eksploatacijos metu pradėjo nuosekliai mažėti nuo pat eksploatacijos pradžios. Tyrimų rezultatai rodo, kad toliau šios alyvos naudoti nebegalima, kadangi pliūpsnio temperatūra staigiai krinta, dėl to yra pavojinga gaisrinio atžvilgiu.

Alyvos šarmingumas mažėjo nuosekliai per visą eksploatacijos laikotarpį. Toks šarmingumo mažėjimas paaiškinamas alyvoje esančių priedų sueikvojimu. Dalis priedų jungiasi su alyvoje esančiomis rūgštimis bei oksidacijos produktais ir nusėda dervų pavidalu variklio ertmėse ir filtre (Miklušis *et al.* 2013).

Pliūpsnio temperatūra, iš kurios galima spręsti apie alyvos užterštumą kitais produktais. Iš smarkiai sumažėjusios alyvos pliūpsnio temperatūros galima spręsti, kad alyva gali būti užteršta degalais, kurių pliūpsnio temperatūra yra žemesnė. Taigi pliūpsnio temperatūra apibūdina naftos produktų garavimo (lakumo) ir gaisrines savybes. Degimui būtina, kad degalai gerai maišytųsi su oru. Geriau dega tie degalai, kurių geresnės garavimo (lakumo) savybės, t. y. tie produktai, kurie turi žemesnę pliūpsnio temperatūrą. Vertinant gaisrines savybes, tokie produktai mažiau saugūs. Saugesni yra tie naftos produktai, kurių pliūpsnio temperatūra yra didesnė. Pliūpsnio temperatūra nustatoma dviem metodais: uždengto tigelio prietaisu, tigeliu su atidarytu dangteliu (Sokolovskij ir Matijošius 2012).

Šarminis skaičius – rodiklis alyvos plovimo ir neutralizavimo savybėms vertinti. Alyvai oksiduojantis joje susidaro rūgščių, o veikiant varikliui, labiau padidėja, kai degaluose būna daugiau sieros. Susidarančioms rūgštims neutralizuoti ir variklio detalėms plauti į alyvą primaišoma plovimo priedų, pasižyminčių šarminėmis savybėmis. Šarminis skaičius (mgKOH/g) – tai kalio hidroksido kiekis (mg), ekvivalentiškas visų šarminių komponentų kiekiui, esančiam 1 g alyvos. Alyvos šarminis skaičius parenkamas pagal degalų sieringumą – kai pastarasis didesnis, alyvos šarmingumas taip pat turi būti didesnis. Dirbant varikliui, priedai, neutralizuodami rūgštis, palaipsniui sunaudojami, ir alyvos šarminis skaičius sumažėja. Todėl dirbančios alyvos plovimo ir neutralizavimo savybės palaipsniui silpnėja, o dervų kiekis ir alyvų rūgštingumas didėja (Baltėnas *et al.* 1998).

Kad gerai dirbtų variklis, alyvoje visada turi būti tam tikras šarmų kiekis, tik tada ji ne tik gali plauti variklį, bet ir neutralizuoti susidariusias rūgštis bei slopinti korozijos procesus. Pagal bazinį skaičiaus mažėjimą ir likutį eksploatuojamoje alyvoje sprendžiama apie likusį alyvos naudojimo resursą. Kai alyvos šarmingumas sumažėja iki kritinės ribos, (kuri priylgsta maždaug 50 % pradinio lygio), alyva toliau nebetinka vartoti ir turi būti pakeista.

Autobusuose variklines alyvas reikia keisti, kai kokybės rodikliai pasiekia ribines reikšmes. Laiku keičiant alyvą, visų pirma išvengiama stūmoklinių žiedų užsikimšimo ir tepimo kanalų užsikimšimo oksidacijos produktais. Be to, varikliai apsaugomi nuo mechaninio ir korozinio dilimo.

Alyvos keitimo intervalą geriausia pasirinkti pagal gamintojo rekomendacijas: vienoms transporto priemonėms rekomenduojama alyvą keisti kas 30000 km, o kitiems – kas 60000 km.

Ilgesnialyvos keitimointervalaisumažinaalyvospirkimo išlaidas, taip pat taupo mūsų laiką. Tačiau,kita vertus, trumpesni alyvos keitimointervalai gali pratęstivariklio veikimą ir sumažintiilgalaikes priežiūrosišlaidas.

Alyvos keitimo intervalus dažniausiai lemia naudotos alyvos analizė, tipiniai parametrai, tokie kaip klampumoirrūgščių skaičiauspadidėjimas, bazių skaičiaussumažėjimas, oksidacija ir nitracijairnusidėvėjusiųmetalo kieki.

Tirta alyva, naudojama autobusuose dujomis varomais varikliais. Tirtos alyvos savybės:tankis; klampis;pliūpsnio temperatūra;šarmingumas.

Tyrimo tikslas – ištirti variklinės alyvos cheminių savybių kitimą, lyginant pirminius alyvos rezultatus su naudotos alyvos tyrimo rezultatais.

Tyrimo objektas

Tyrimo objektasalyva - Shell Rimula R6 LM. Shell RIMULA alyvose naudojami ypatingi naujausių priedų deriniai, užtikrinantys, kad alyva prisitaiko ir atlieka apsaugines funkcijas esant bet kokiems slėgiams ir temperatūroms, susidarančioms šiuolaikiniuose varikliuose. Visiškai sintetinė Shell RIMULA R6 LM alyva tinka sunkiai apkrautiems varikliams, užtikrina išskirtinį eksploatacinį našumą ir ilgąamžiškumą naujausiems mažos emisijos Euro 4 ir 5 varikliams. Taip pat garantuoja maksimalų našumą ir apsaugą senesnės kartos varikliams. Shell Rimula R6 LM yra naujas technologinis sprendimas, kuris pateisina techninius ir eksploatacinius poreikius dyzelino ir CNG varomų, sunkiųjų sunkvežimių ir autobusų parkus.

Tirtos alyvos pagrindiniai privalumai:maža emisija;mažesnės išlaidos eksploatuojant. Tirtos alyvos charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Shell Rimula R6 LM alyvos savybės

Charakteristikos	Shell Rimula R6 LM
Klampos laipsnis	10W–40
Kinematinė klampa prie 100°C	13 mm ² /s
Dinaminė klampa	6650 mPa s
Bendrasis šarminis skaičius	9.5 Mg KOH/g
Sulfatinis peleningumas	0.9 %
Tankis prie 100°C	0.850 kg/l
Pliūpsnio temperatūra	251°C
Stingimo temperatūra	-39°C

Alyva tirta prieš ir po jos eksploatavimo, t. y. tyrimo pradžioje į autobuso „MAN Lion’s City“variklį (1 pav.)supiltanenaudota alyva ir vėliau po jos ekspolatacijos iš variklio paimti alyvos mėginiai.



1 pav. Autobusas „MAN Lion’s City“

Tiriant variklinės alyvos parametrus reikia teisingai paimti alyvos mėginį. Supaprastinant alyvos paėmimą ir jos neužteršiant, reikia naudoti specialią mėginių paėmimo įrangą, kurią sudaro: vamzdelis, vamzdelio antgalis, siurblio antgalis, siurblys – švirkštas, vamzdelio tarpinė, dangtelis – pompos laikiklis, dangtelis ir alyvos mėgintuvėlis 200 ml.

Laikantis šių sąlygų iš UAB „Vilniaus viešasis transportas“ buvo paimti 2 mėginiai: vienas – naujos alyvos, kitas – naudotos.

Tyrimų įranga ir metodika

Tyrimams atlikti naudota matavimo įranga skirta matuoti: alyvos klampą, tankį, pliūpsnio temperatūrą ir šarmingumą.

Dinaminė klampa matuota rotaciniu viskozimetru. Jo veikimo principas pagrįstas skysčio pasipriešinimo nustatymo, atitinkamu dažniu sukant rotorių, panardintą į tiriamą alyvą. Nustatant dinaminę klampą, pradžioje išmatuojama alyvos temperatūra ir tuomet rotacinio viskozimetro antgalis yra panardinamas į tiriamą alyvą ir įjungiamas viskozimetras. Prietaiso antgalis sukasi pastoviu 50 aps./min. greičiu. Sukantis antgaliui, viskozimetro displejuje pateikiami rezultatai, dinaminė klampa centiupuazano (cP) vienetais ir matavimų paklaida procentais (%).

Alyvos dinaminė klampa matuota „Brookfield DV I prime“ viskozimetru (2 pav.). Tyrimai buvo atlikti: esant trimis skirtingoms temperatūroms: 15°C, 40 °C ir 100°C.

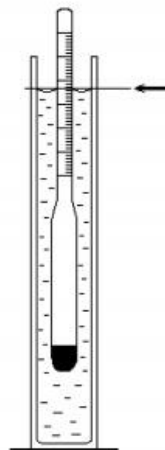


2 pav. Viskozimetras „Brookfield DV I prime“

Alyvos tankis nustatomas pagal LST EN ISO 3675:1999 standartą. Nustatant tankį, alyva įpilama į skaidraus stiklo cilindro formos indą. Matuojama skysčio temperatūra, įsitikinama, jog ji yra lygi reikalingai atlikti bandymui temperatūrai (15°C). Iš pradžių iš areometrų rinkinio paimamas mažiausiam tankiui matuoti skirtas areometras, nes per dideliui tankiui matuoti skirtas areometras gali nuskęsti. Tada imamas kitas areometras iš komplekto (3a pav.) ir t. t., kol areometras nusileis į skystį tiek, kad skysčio paviršius bus ties areometro tankių reikšmių skale. Kai areometras nustoja svyruoti, pagal skysčio paviršiaus viršutinį kraštą nustatomas skysčio tankis esamoje temperatūroje ρ_t (3b pav.). Išmatavus alyvos tankį 15°C temperatūroje, alyvos temperatūra didinta iki 40°C ir vėliau iki 100°C. Padidinus temperatūras tyrimai atlikti analogiškai, kaip ir sant 15°C temperatūrai.



a



b



3 pav. Tankio nustatymas prietaisais: a - areometrų rinkinys, b -areometras

Prieš pliūpsnio temperatūros matavimą alyva turi turėti temperatūrą, ne mažiau kaip 20°C žemesnę negu tikėtina pliūpsnio temperatūra. Pagal pliūpsnio temperatūrą sprendžiama, ar į alyvą nepateko degalų. Alyva yra saugesnė, kai jos pliūpsnio temperatūra yra aukštesnė (Sokolovskij ir Matijošius 2012). Alyvų pliūpsnio temperatūra nustatoma pagal LST EN ISO 2592:2002 standartą, atviro tigelio metodu, kaitinant atvirame inde, nes alyva sunkiau garuoja. Alyvos pliūpsnio temperatūrai matuoti naudotas atviro tigelio prietaisas (4 pav.).



4 pav. Atviro tigelio prietaisas pliūpsnio temperatūrai nustatyti

Alyva įpilama į specialų indą, kuriame ji bus kaitinama, ir į alyvą įmerkiamas termometro antgalis. Prietaisas įjungiamas į elektros srovę ir tuo pat metu atsukamas dujų balionėlis ir uždegamas deglas. Pastačius indelį su alyva, kaitinama 5–8°C/min. greičiu. Tuo pat metu deglas su liepsna nuolatos yra artinamas virš alyvos indelio ir žiūrint į termometrą yra stebima, kokiai temperatūrai esant plūptels liepsna. Gauti rezultatai užfiksuojami.

Šarmingumas nustatomas pagal LST EN ISO 20843:2011 standartą. Matavimai atlikti su pH matuokliu *Five go* (5 pav.).



5 pav. pH matuoklis *Five go*

Patikrinta, ar pH matuoklio elementai tvarkingai sujungti ir tada atliktas prietaiso kalibravimas:

1. Įjungiamas pH matuoklis mygtuku START.

2. Paspaudžiamas mygtukas SETUP, kol pradeda mirksėti MTC ženklas, spaudžiant mygtuką SETUP pasirenkama norima temperatūra ir klavišais pirmyn ir atgal pasirenkama buferių grupė (B1, B2, B3), jos pasirinkimas patvirtinamas paspaudus mygtuką READ.

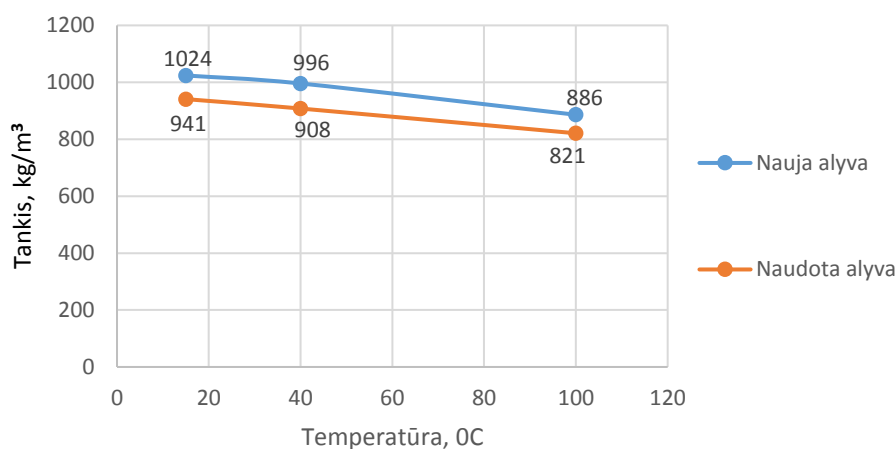
3. Įmerkiamas elektrodas į kalibravimo buferį, palaukiama 15–20 sekundžių ir paspaudžiamas mygtukas CAL, ant ekrano atsiranda kalibravimo ženklas pH, matuoklio elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, įmerkiamas į indą su naftos produktu ir paspaudžiamas READ mygtukas.

Ekrane matoma mėginio pH reikšmė. Matavimas pakartotinai atliekamas, padidinus alyvos temperatūrą iki 40°C ir 100°C.

Atliekant bandymą matuoklio elektrodas įtvirtinamas nejudamai, kad matavimai būtų tikslūs ir tuomet jis nardinamas į 2–4 cm į alyvą ir įjungiamas prietaisas. Tuomet pH matuoklis automatiškai užfiksuoja alyvos šarmingumą ir pateikia rezultatus prietaiso ekrane pH vienetais.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Nenaudotos ir naudotos alyvos tankis matuotas po 5 kartus, esant skirtingoms skysčio temperatūroms 15°C, 40°C ir 100°C. Gauti rezultatai pateikiami grafike 6 pav.



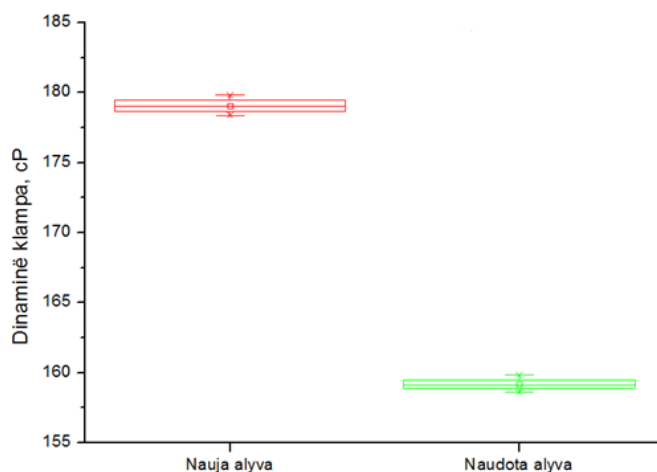
6 pav. Tankio priklausomybė nuo temperatūros

Eksperimentiškai tirtų nenaudotos ir naudotos alyvų klampiai, tankiai, pliūpsnio temperatūros ir šarmingumo rezultatai pateikti grafikuose (6-12 pav.).

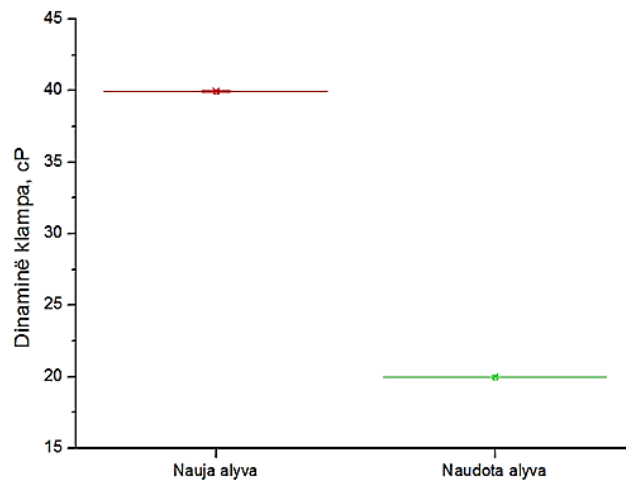
Iš grafikų matyti, jog temperatūrai didėjant – tankis mažėja. Tiek naujos, tiek naudotos alyvos tankis 100°C temperatūroje sumažėjo apie 13 % nuo pradinės reikšmės.

Naudotos alyvos tankis po eksploatacijos sumažėjo nuo 1024 kg/m³ iki 941 kg/m³, tai sudaro apie 9 % sumažėjimą nuo pradinės reikšmės.

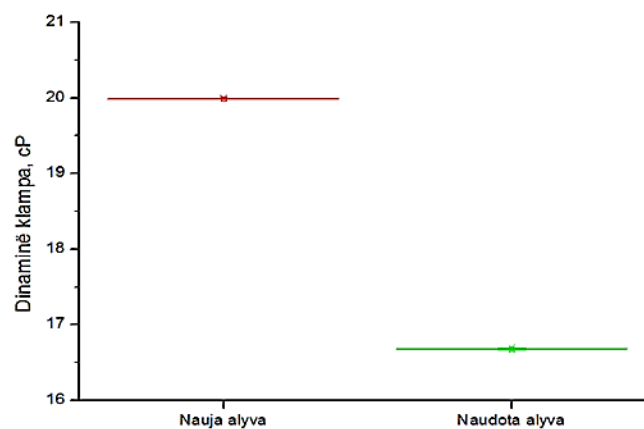
Dinaminė klampa buvo matuota esant 50 aps/min dažniui. Bandymai buvo atliekami su nauja ir naudota alyva, kiekvieną matuojant po 30 kartų, esant 15°C, 40°C ir 100°C temperatūroms. Gauti rezultatai pateikti (7, 8, 9 pav.).



7 pav. Alyvos dinaminė klampa, esant 15°C temperatūrai



8 pav. Alyvos dinaminė klampa, esant 40°C temperatūrai

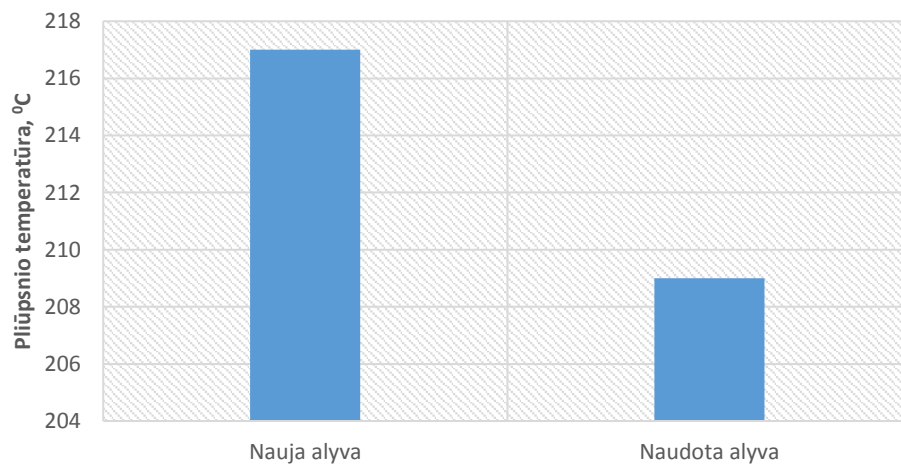


9 pav. Alyvos dinaminė klampa, esant 100°C temperatūrai

Iš gautų grafikų (7, 8, 9 pav.) matoma, kad didėjant temperatūrai klampa mažėja. Lyginant dinaminę klampą, esant 15°C su 100°C temperatūroms, dinaminė klampa sumažėjo tiek naujos, tiek naudotos alyvos apie 89 %.

Lyginant naujos alyvos klampą su naudotos alyvos klampa ji taip pat sumažėjo apie 20 cP, o tai sudaro apie 11 % sumažėjimą.

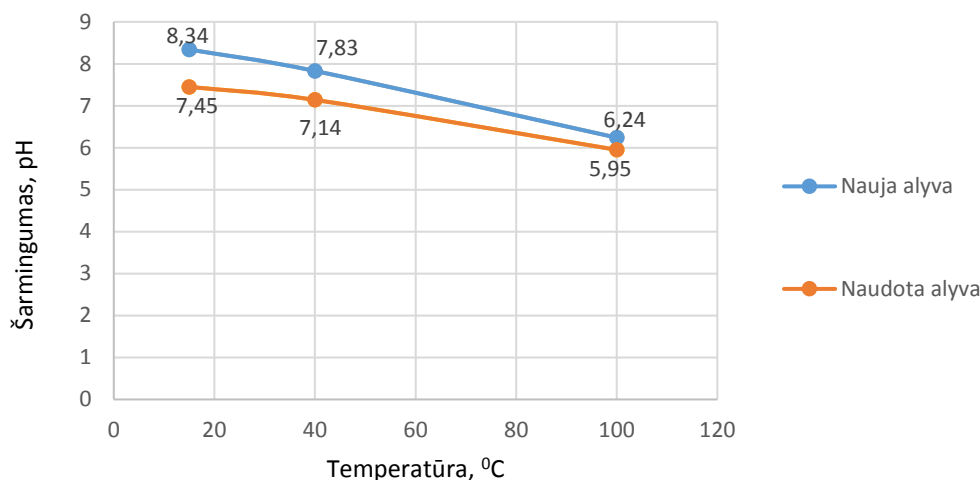
Pliūpsnio temperatūra buvo matuojama pagal pateiktą metodiką. Buvo tiriama nauja ir naudota alyva. Gauti rezultatai pateikti 10 pav.



10 pav. Nenaudotos ir naudotos alyvos pliūpsnio temperatūra

Iš grafiko (10 pav.) matoma, kad pliūpsnio temperatūra prieš ir po eksploatacijos sumažėjo 8°C. Pokytis nedidelis todėl, galima daryti prielaidą, kad ši alyva buvo beveik neužteršta ir dėl to jos pliūpsnio temperatūra beveik nepakito.

Pagal pateiktą metodiką buvo matuotas naujos ir naudotos alyvos šarmingumas. Kiekvienas mėginys buvo matuojamas po 5 kartus, esant skirtingoms alyvos temperatūroms. Gauti rezultatai pateikti 11 pav.



11 pav. Alyvos šarmingumo priklausomybė nuo temperatūros

Naudojant alyvą, jos šarmingumas mažėja, matoma iš grafiko (11 pav.). Naujos alyvos šarmingumas sumažėjo 2,1 pH vienetu, o tai sudaro apie 25 %. Naudotos alyvos šarmingumas sumažėjo 1,5 pH vienetu, tai sudaro apie 20 %. Leistinas šarmingumo kiekio sumažėjimas yra 50 % nuo pradinės vertės, todėl ši alyva gali būti ir toliau eksploatuojama.

Išvados ir pasiūlymai

1. Sintetinės variklinės alyvos SAE 10W40 tankis po 40000 km ridos, sumažėjo apie 9 %. Tai galėjo atsitikti todėl, kad į alyvą, eksploatuojant autobusą, pateko nemažai lengvųjų dalelių, tokių kaip vandenilis ir buvo iškeikvota nemaža dalis priedų.
2. Alyvos dinaminė klampa lyginant naują ir naudotą sumažėjo apie 20 cP, tai sudaro apie 11 % lyginant su pradine reikšme. Kadangi sumažėjimas nedidelis reiškia, kad variklio detalės buvo apsaugotos nuo trinties ir alyva galėjo būti toliau eksploatuojama.
3. Variklinės alyvos pliūpsnio temperatūra sumažėjo tik 4 %, tai palyginti nedidelis šio parametro sumažėjimas po 40000 km ridos miesto važiavimo sąlygomis.
4. Iš šarmingumo matavimo rezultatų matoma, kad naudotos alyvos šarmingumas sumažėjo apie 20 %, lyginant su naujos alyvos šarmingumu.
5. Apibendrinus visus tyrimų rezultatus galima teigti, kad alyva adujomis varomo autobuso variklyje gali būti eksploatuojama ir edant didesnei 40000 km ridai.

Literatūra

1. Jučas, P. *Degalai ir tepalai: vadovėlis autotransporto specialybės studentams ir moksleiviams*. Vilnius: Mokslas. 1992. 256 p.
2. Gunda, R., K., Narala, S., K., R. 2017. *Evaluation of friction and wear characteristics of electrostatic solid lubricant at different sliding conditions* Surface and Coatings Technology, Volume 332, 341-350.
3. Xiao, H., Liu S. 2017. *2D nanomaterials as lubricant additive: A review* Materials & Design, Volume 135, 319-332.
4. Abramavičienė, D., Kasulaitis, V. *Konstruktinės ir eksploatacinės medžiagos*. Vilnius: 2012. 113 p.
5. Zainal, N., A., Zulkifli, N., W., M., Gulzar, M., Masjuki, H., H. 2018. *A review on the chemistry, production, and technological potential of bio-based lubricants* Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, 80-102.
6. Bart, J., C., J., Gucciardi, E., Cavallaro, S. 2013. *3: Lubricants: properties and characteristics* Biolubricants, 24-73.

7. Hamidi A., G. 2017. *Application of compression lubricant as final porosity controller in the sintering of tungsten powders* International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Volume 66,21-25.
8. Hamdan, S., H., W., Chong, W., F., Ng, J., H., Chong, C., T., Rajoo, S. 2017. *A study of the tribological impact of biodiesel dilution on engine lubricant properties* Process Safety and Environmental Protection, Volume 112, 288-297.
9. Baltėnas, R., Sologubas, L., Sologubas R. *Automobilių degalai ir tepalai*. Vilnius: 1998. 415 p.
10. Miklušis, E., Matijošius, J., Spruogis, B. 2013. *Lengvojo automobilio variklinės alyvos šarmingumo ir pliūpsnio temperatūros kitimas eksploatacijos laikotarpiu*. Mokslas – Lietuvos ateitis. Transporto inžinerija ir vadyba ISSN 2029-7157. 1–3 p.
11. Sokolovskij, E., Matijošius, J. *Transporto priemonių konstrukcinės ir eksploatacinės medžiagos*. Vilnius: 2012. 31 p.

CHIMOTOLOGICAL RESEARCH OF VEHICLE ENGINES OILS

Summary

The longevity of vehicles depends not only on operating conditions, but also on the quality of fuel and lubricants. Using low quality products increases the cost of repair and maintenance, increases together and the cost of mechanized works and produced production. Therefore, arises a very important task - to use the available fuel and lubricant resources rationally. The paper presents the measurements of the chimotological properties of vehicles oils. During the measurements, unused and used oils samples were taken in a bus-powered engine. There are determinate contents of oils, densities, flash point and alkalinity. The results have analyzed and compared. Conclusions and suggestions have presented.

Key words: oil, viscosity, density, flash point, alkalinity.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vietą ir poziciją: 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: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@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: 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

RVS ALYVŲ PRIEDŲ ĮTAKA BENZININIO VARIKLIO GALIAI IR SUKIMO MOMENTUI

Gintaras Valeika, Jonas Matijošius

Vilniaus Technologijų ir Dizaino kolegija, Technikos fakultetas

Anotacija. Šiuolaikiniuose automobiliuose, labai svarbiu tampa tinkamų tepalų naudojimas, kas leidžia sumažinti automobilio eksploatacijos kaštus. Rinkoje yra daug alyvų priedų, kurie pasižymi automobilio charakteristikas gerinančiomis savybėmis. Šiame straipsnyje yra nagrinėjama RVS technologija, kuri padengia besitrinančius variklio paviršius nanokeramikos danga, taip pagerindama variklio tribologines savybes. Buvo atlikti eksperimentiniai variklio tyrimai be RVS technologijos, naudojant RVS technologiją po 500km eksploatacijos ir naudojant RVS technologiją po 1000km eksploatacijos. Tyrimų metu buvo matuojamas variklio galia, bei sukimo momentas.

Reikšminiai žodžiai: priedai į tepalus, RVS technologija, galia, sukimo momentas.

Įvadas

Pastaruoju metu yra plačiai paplitę alyvų priedai gerinantys tam tikras alyvų savybes: klampą, didinantis šaltojo filtro užsikimšimo temperatūrą, neleidžiantys alyvai per daug sutirštėti ar suskystėti. Kiekvienas gamintojas stengiasi rinkai pasiūlyti kokybišką produktą, bet kartais pamiršamas pagrindinis alyvų priedų principas, kad neteisingai parinkus priedus galima pabloginti pačios alyvos eksploatacines savybes, juk priedai gali panaikinti vienas kito savybes dėl kurių jie ir įmaišomi į alyvą.

Kitas aspektas lieka labai neaiškus kaip minėti priedai į alyvą įtakoja variklio pagrindinius parametrus kaip galią ir sukimo momentą. Patys RVS priedai, pasak gamintojų pasižymi tuo, kad suformuoja atitinkamą plėvelę, gerinančią tepimo sąlygas atskiruose variklio mazguose.

Straipsnio temos aktualumui atskleisti iškeliamas pagrindinis tikslas – ištirti variklinės alyvos priedo RVS įtaką benzininio variklio galiai ir sukimo momentui. Tikslui įgyvendinti formuluojami pagrindiniai uždaviniai:

1. Ištirti kaip variklinės alyvos priedas RVS įtakoja benzininio variklio galiai.
2. Ištirti kaip variklinės alyvos priedas RVS įtakoja benzininio variklio sukimosi momentui

Šio straipsnio objektas yra variklinės alyvos priedas RVS, skirtas benzininiams vidaus degimo varikliams.

Tyrimų metodika

Siekiant nustatyti alyvų priedo „RVS“ poveikį variklio parametrams, bandymai buvo atliekami dviem etapais. Pirmasis - tai variklio kompresijos matavimas, variklio sukimo momento, galios, galios ant ratų, traukos galios nustatymas naudojant įprastą alyvą. Antrasis etapas - tai pakartoti visus tuos pačius eksperimentus esant panašioms variklio darbo ir aplinkos sąlygoms, naudojant tos pačios rūšies alyvą, bet jau su priedu.

Prieš atliekant eksperimentus buvo pakeista alyva, pakeisti alyvos ir oro filtrai, įsuktos naujos uždegimo žvakės.

Labai svarbu, kad mechaniniai nuostoliai variklyje būtų kuo mažesni. Vienas iš efektyvių būdų jau keletą metų eksploatuojamam varikliui sumažinti mechaninius nuostolius - tai besitrinančių detalių paviršių efektyvus tepimas šiuolaikinėmis alyvomis ar alyvomis su efektyviais priedais.

Ne visa variklio gaunama galia atiduodama vartotojui, dalis išvystomo galingumo yra sunaudojama mechaniniams nuostoliams padengti, t.y. nugalėti trinčiai tarp stūmoklio, žiedų ir cilindro; besisukančių detalių guoliuose; tarp judančių detalių ir oro, dujų, alyvos, aušinimo skysčio; siurbimo procesams bei įvairiems papildomiems mechanizmams sukti ar judinti.

Siekiant nustatyti tiriamojo variklio parametrų dydžiai, naudojant alyvą be „RVS“ ir su juo, buvo atlikti šie eksperimentai:

1. Variklis šildomas iki normalaus variklio darbo režimo. Stende nustačius 1000N apkrova variklis sukamas ketvirta pavara iki maksimalių sūkiu. Gauname rezultatus, kurie pateikti 1, 2, 4, 5 ir 6 paveiksluose.

Maksimali galia gaunama prie 139 km/h ir 140 km/h greičio ketvirta pavara. Esant variklio sūkiams 5310 aps/min ir 5330 aps/min (žiūrėti 6 pav.).

Maksimalus sukimo momentas gaunamas prie 113 km/h ir 114 km/h greičio ketvirta pavara. Esant variklio sūkiams 4350 aps/min ir 4310 aps/min (žiūrėti 2 pav.).

Oro slėgis eksperimento metu buvo 0,993 bar. Oro temperatūra pirmu bandymu 15 °C, antru – 16 °C. Tepalo temperatūra pirmu bandymu 64 °C, antru – 74 °C. Deginių temperatūra pirmu bandymu 162 °C, antru – 206 °C.

2. Nustačius variklio parametrus, į variklio alyva supilamas „RVS“ priedas. Tada, pagal gamintojo reikalavimus, su šiuo automobiliu pravažiuojama 500 km ir vėl traukos stende nustatomi variklio galios parametrai. Gauti rezultatai pateikti 1, 2, 3, 4, 5 ir 6 paveiksluose.

Maksimali galia gaunama prie 143 km/h ir 142 km/h greičio ketvirta pavara. Variklio sūkiams esant 5450 aps/min ir 5430 aps/min.

Maksimalus sukimo momentas gaunamas prie 115 km/h ir 115 km/h greičio ketvirta pavara. Variklio sūkiams esant 4380 aps/min ir 4370 aps/min.

Oro slėgis eksperimento metu buvo 0,985 bar. Oro temperatūra pirmu bandymu 15 °C, antru – 15 °C. Tepalo temperatūra pirmu bandymu 72 °C, antru – 79 °C. Deginių temperatūra pirmu bandymu 216 °C, antru – 252 °C.

3. Po antro bandymo dar pravažiuojam 500 km ir vėl traukos stende nustatomi variklio galios parametrai.

Maksimali galia gaunama prie 141 km/h greičio ketvirta pavara. Variklio sūkiams esant 5370 aps/min (žiūrėti 6 pav.).

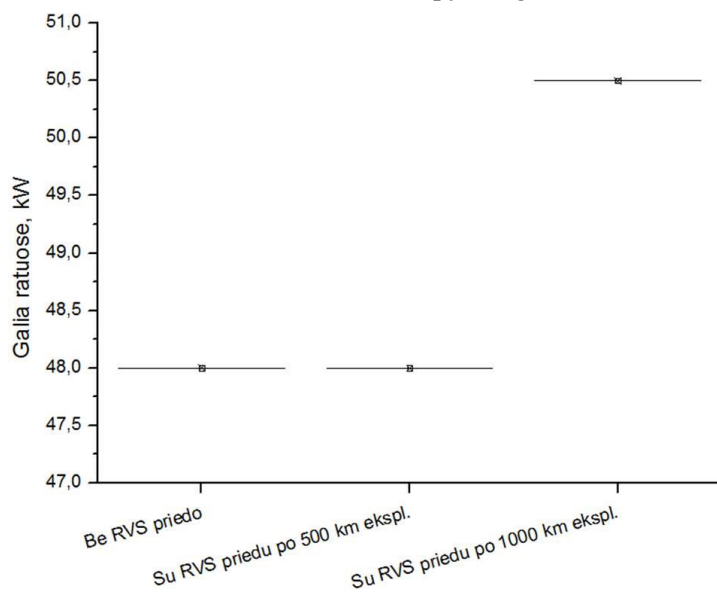
Maksimalus sukimo momentas gaunamas prie 108 km/h greičio ketvirta pavara. Variklio sūkiams esant 4110 aps/min (žiūrėti 2 pav.).

Oro slėgis eksperimento metu buvo 1,002 bar. Oro temperatūra pirmu bandymu 15 °C, antru – 15 °C. Tepalo temperatūra pirmu bandymu 66 °C, antru – 66 °C. Deginių temperatūra pirmu bandymu 302 °C, antru – 302 °C.

Iš tyrimų rezultatų matyti, kad po 1000 km normalioji galia išaugo 1,7% (žiūrėti 4 pav.), variklio galia - 3,1% (žiūrėti 6 pav.), galia ant ratų - 5% (žiūrėti 1 pav.), traukos galia sumažėjo 1,1% (žiūrėti 5 pav.) ir sukimo momentas išaugo 2,6% (žiūrėti 2 pav.). Iš traukos galio sumažėjimo ir kitų parametų padidėjimo galim spręsti, kad variklyje buvo sumažinti mechaniniai nuostoliai.

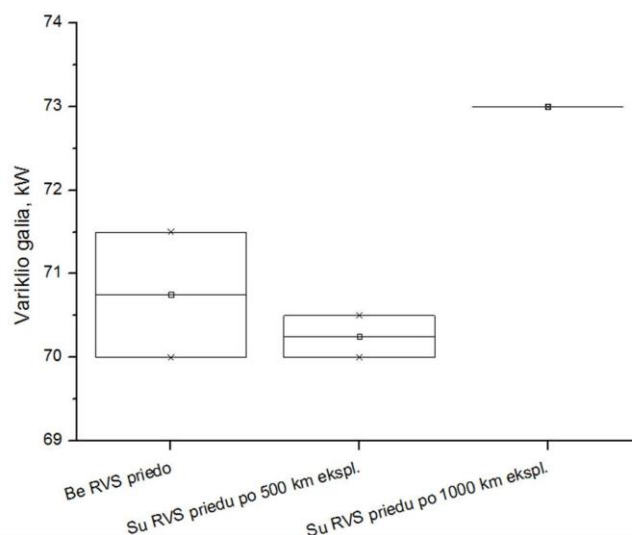
Tyrimų rezultatai

Rezultatai, gauti šių bandymų metu, sudaro prielaidas tolesniuose bandymuose gauti ne tik didesnę variklio galingumą, padidinti variklio motoresursą, bet ir taupyti degalus.

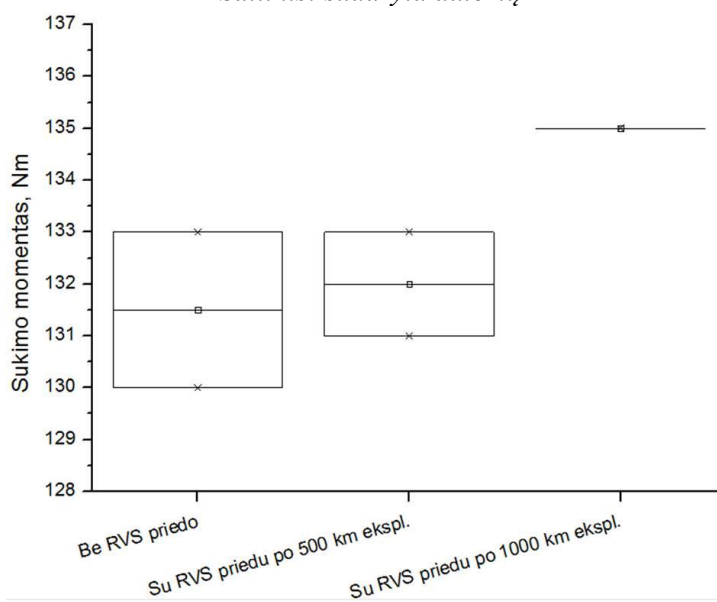


1 pav. Variklio galios ratuose priklausomybė nuo RVS priedo eksploatacijos laiko
Šaltinis: sudaryta autorių

Naudojant variklinę alyvą su priedu RVS pastebima, kad susiformuoti keramikinei plėvelei reikalingas yra įsidirbimo laikotarpis, kuris pilnai suiformuoja po 1000 km automobilio eksploatacijos. Šis priedas (RVS) leidžia pagerinti variklio galios bei variklio galios ratuose charakteristikas iki 2,5 kW, bet šis efektas pastebimas tik po įsidirbimo laikotarpio. Esant 500 km eksploatacijos laikotarpiui jokio efekto nepastebima jei pagrinėsine variklio galios ratuose reikšmes. Šis efektas paaiškinamas tuom, kad suformuota apsauginė alyvos plėvelė leidžia pagerinti darbo procesus variklyje, t.y. užtikrina geresnį tepimo aušinimo procesą, kas savo ruožtu tiesiogiai įtakoja variklio temperatūriniam subalansuotumui, leidžia sumažinti dėl trinties kylančius nuostolius.



2 pav. Variklio galios priklausomybė nuo RVS priedo eksploatacijos laiko
Šaltinis: sudaryta autorių



3 pav. Variklio sukimo momento priklausomybė nuo RVS priedo eksploatacijos laiko
Šaltinis: sudaryta autorių

Varikliui dirbant su alyvos priedu RVS šnyksta sukimosi momento rezultatų išsibarstymas, variklis dirba stabiliau. Šis efektas pastebimas jau po 500 km eksploatacijos kur rezultatų išsibarstymas dėl netolygaus variklio darbo sumažėja apie 30 %, bet po 1000 km eksploatacijos šis rezultatų išsibarstymas išnyksta. Panaši pastebima tendencija kaip ir galių ratuose atveju kalbant apie sukimosi momentą – jis padidėja 2 Nm. Tas pats efektas pasireiškia kai kalbame apie variklio galios rezultatų išsibarstymą be RVS priedo ir su juo. Po 500 km eksploatacijos jis leido rezultatų sklaidą sumažinti apie 40 %, o po 1000 km šis efektas išnyksta.

Išvados

1. Naudojant variklinę alyvą su priedu RVS pastebima, kad susiformuoti keramikinei plėvelei reikalingas yra įsidirbimo laikotarpis, kuris pilnai suiformuoja po 1000 km automobilio eksploatacijos. Šis priedas (RVS) leidžia pagerinti variklio galios bei variklio galios ratuose charakteristikas iki 2,5 kW. Esant 500 km eksploatacijos laikotarpiui jokio efekto nepastebima.

2. Varikliui dirbant su alyvos priedu RVS šnyksta sukimosi momento rezultatų išsibarstymas po 500 km eksploatacijos sumažėja apie 30 %, po 1000 km eksploatacijos šis rezultatų išsibarstymas išnyksta. Sukimosi momentas padidėjo 2 Nm.

3. Variklio galios rezultatų sklaida po 500 km eksploatacijos su RVS priedu sumažėjo apie 40 %, o po 1000 km šis efektas išnyksta.

Literatūra

1. Bartz, W. J. 1998. Lubricants and the environment, *Tribology International* 31: 35–47.

2. Basinger, M., *et al.* 2010. Durability testing modified compression ignition engine fueled with straight plant oil, *Energy* 35: 3204–3220.
3. Blau, P. J. 2001. A review of sub-scale test methods to evaluate the friction and wear of ring and liner materials for spark and compression ignition engines, in *ORNL/TM-2001/184, Oak Ridge National Laboratory, 2001*.
4. Dorany, A.; Nezhaad, G. R. 2009. Investigation of the effect of multiwalled carbon nanotubes on the viscosity index of lube oil cuts, *Chemical Engineering Communications* 196 (9): 997–1007.
5. Espacenet. *Espacenet patent search* [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. lapkričio 8 d.]. Prieiga per internetą: http://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP.
6. Ettafaghi, E., *et al.* 2013. Preparation and thermal properties of oil-based nanofluid from multi-walled carbon nanotubes and engine oil as nano-lubricant, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 21: 20–26.
7. Harish, S., *et al.* 2012. Enhanced thermal conductivity of ethylene glycol with single-walled carbon nanotube inclusions, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55: 3885–3890.
8. Lee, C. G., *et al.* 2009. A study on the tribological characteristics of graphite nano lubricants, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 10 (1): 85–90.
9. Vasheghani, M. H., *et al.* 2011. Effect of Al₂O₃ phases on the enhancement of thermal conductivity and viscosity of nanofluids in engine oil, *Heat and Mass Transfer* 47: 1401–1405.

THE IMPACT OF RVS OIL ADDITIVES ON THE BENEFICIARY ENGINE AND THE ROTATION MOMENT

Summary

In modern cars, it is very important to use proper oil, which makes it possible to reduce vehicle operating costs. In the market there are a lot of oil additives, which has engine characteristics improving properties. This article examines RVS technology, which bears the friction surfaces of the engine nano-ceramics surface coating, thus improving engine tribological properties. It was carried out experimental tests of the engine without the RVS technology, using RVS technology after 500km operating and using RVS technology after 1000km operating. During the experiment were measured, engine power and torque.

Key words: lubricant accessories, RVS technology, power, torque.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Gintaras Valeika.

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Technikos fakulteto, Mechanikos inžinerijos katedros lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Alyvos, eksploatacija, kiti eksploataciniai skyščiai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 671 82473, valeika.g@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: Doktoras.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, j.matijosius@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Gintaras Valeika.

Science degree and name: Master.

Workplace and position: Vilnius college of technologies and design, Technical faculty, Mechanical department lecturer.

Author's research interests: Oils, exploitation, exploitation materials.

Telephone and e-mail address: 8 671 82473, valeika.g@gmail.com

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: Doctor.

Workplace and position: Vilnius college of technologies and design, Technical faculty, Automobile Transport department lecturer.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, j.matijosius@vtdko.lt

SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIO ENERGETINIŲ RODIKLIŲ VERTINIMAS DYZELINĄ PAKEITUS GYVŪNINĖS KILMĖS DEGALAIS

Alfredas Rimkus^{1,2}, Tadas Vipartas¹, Saulius Stravinskas¹,
Donatas Kriaučiūnas^{1,2}, Mindaugas Melaika^{1,2}

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

Anotacija. Slėginio uždegimo varikliai, veikdami dyzeliniai degalais, naudoja iškastinės kilmės degalus ir tai įtakoje vis augantį šiltnamio efektą. Viena iš galimų degalų alternatyvų yra gyvūninės kilmės degalai (taukai) kurie priskiriami atsinaujinančių degalų grupei. Straipsnyje pristatomas degalų sąnaudų palyginamasis tyrimas, kuriame atliekama degalų sąnaudų analizė, slėginio uždegimo varikliui veikiant dyzelinu bei gyvūninės kilmės degalais ir šių degalų mišiniais. Degalų sąnaudų matavimui naudota VCDS (VAG-COM Diagnostic System) bei kartu matuota degalų matuokle (AIC-1204 HD 2000). Matavimų rezultatų analizė rodo, kad varikliui veikiant dyzelinu skirtingos matavimo sistemos rodo vienodus degalų sąnaudas, tačiau dyzeliną pakeičiant taukais, rezultatai skiriasi. VCDS sistema negali įvertinti pakitusių degalų fizinių savybių. AIC degalų matuokle atlikti matavimai rodo, kad dyzeliną pakeičiant gyvūninės kilmės degalais, degalų sąnaudos išauga.

Reikšminiai žodžiai: degalų sąnaudos, slėginio uždegimo variklis, dyzelinas, gyvūninės kilmės degalai.

Įvadas

Griežtėjant aplinkosauginiams reikalavimams ir sparčiai senkant naftos atsargoms vis didesnis dėmesys yra skiriamas alternatyviesiems degalams. Per pastarąjį dešimtmetį ženkliai padidėjo biodyzelino poreikis, kuris gali būti gaunamas iš augalinio aliejaus ar gyvūninės kilmės riebalų, maišant su mineraliniu dyzelinu. Biodyzelinas (riebalų rūgščių metilo esteriai - RRME) yra naudojamas slėginio uždegimo varikliuose, netoksiškas, biologiškai skaidomas ir mažiau kenksmingas aplinkai, tapdamas įprastinių degalų alternatyva. Jame beveik nėra sieros ir pasižymi mažesne šiltnamio efektą skatinančia dujų emisija. (Van Gerpen et al., 2005). Biodyzelino gamyba paprastai atliekama transesterifikacijos būdu. Tai procesas, kurį sudaro trigliceridų reakcija (pvz., augalinis aliejus arba gyvūniniai riebalai) su trumpos grandinės alkoholiais (pvz., metanolio arba etanolio), esant baziniam arba rūgštiniam katalizatoriui (Park et al., 2008).

Augaliniai aliejai ir gyvūninės kilmės riebalai (taukai) turi panašią cheminę struktūrą ir panašias fizines savybes, tokias kaip, netirpumas vandenyje, hidrofobiškumas ir tirpumas nepoliniaame organiniame tirpiklyje. Tačiau, gyvūninės kilmės riebalai, naudojami biodyzelino gamybai, nebuvo taip nuodugnai tyrinėti kaip augaliniai aliejai. Pagrindinis skirtumas tarp jų yra labai didelis riebiųjų rūgščių kiekis ir jų pasiskirstymas gyvūninės kilmės riebaluose (taukuose) (Karmakar et al., 2010). Taip pat, augaliniai aliejai kambario temperatūroje dažniausiai būna skystosios fazės, tuo tarpu gyvūninės kilmės riebalai (taukai) dažniausia būna kietosios fazės. Taip yra dėl didelio sočiųjų riebalų rūgščių kiekio juose (SFA) (Oner, Altun, 2009). Rinkoje gausu mėsos perdirbimo ir tiekimo įmonių, renkančių ir apdorojančių gyvūnų skerdeną. Taip pat, didelis maitinimo ir maisto gamybos įmonių skaičius. Šios įmonės sukuria didelius kiekius gyvūninės kilmės riebalų (taukų), kurie iš esmės yra atlieka. Todėl, yra puiki proga išgauti biodyzeliną iš šios pigios medžiagos. Be to, gyvūninės kilmės riebalų panaudojimas biodyzelino gamyboje išsprendžia jų utilizavimo problemą (Janaun, Ellis, 2010). Siekiant išnaudoti turimus pirmos kartos biodegalų gamybos resursus ir sklandžiai pereiti prie naujų biodegalų gamybos technologijų, racionalu naudoti dyzelino ir biodyzelino mišinius, kurie turi atitikti LST EN 590:2014 standartą. 1 lentelėje pateiktos pagrindinės dyzelino ir biodyzelino savybės.

1 lentelė

Degalų savybės

Rodiklis	Matavimo vienetai	RRME (biodyzelinas)	Dyzelinas	LST EN 590 standartas Maž./Didž.
Tankis	g/ml	0,85 – 0,90	0,85	0,8/0,845
Sieros kiekis	ppm	0 – 0,012	12	–/10
Cetatinis skaičius		45 – 73	50	51/–
Žemutinis šilumingumas	MJ/kg	37,1 – 40,4	34,97	35/–
Pliūpsnio temperatūra	°C	96 – 188	52 – 136	60/170
Vandens kiekis	mg/kg	28,5 – 500	0,5	–/200
Klampa 40 °C	cSt	3,89 – 7,9	2,71	2/4,5

Šaltinis: Bezergianni et al., 2013; Neste Renewable Diesel Handbook, Espoo 2016

Tyrimo tikslas – nustatyti, slėginio uždegimo variklio degalų sąnaudų pokyčio tendencijas dyzeliną pakeitus gyvūninės kilmės degalais ir šių degalų mišiniais su dyzelinu.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apžvelgti gyvūninės kilmės degalų fizines-chemines savybes ir jas palyginti su dyzelinu.

2. Išmatuoti degalų sąnaudas slėginio uždegimo varikliui veikiant įvairiais režimais ir naudojant įvairius degalų mišinius.
3. Įvertinti degalų sąnaudų matavimo įrangos tikslumo tendencijas naudojant gyvūninės kilmės degalus.
4. Nustatyti slėginio uždegimo variklio efektyviojo naudingumo koeficiento pokytį, dyzeliną pakeičiant gyvūninės kilmės degalais.

Tyrimo metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje, Automobilių diagnostikos laboratorijoje. Bandymams atlikti naudotas automobilis „Volkswagen Golf III“, turintis 4 cilindrus, 1896 cm³ darbinio tūrio TDI (kodas - 1Z) slėginio uždegimo variklį. Išvystoma maksimali variklio galia 66 kW prie 4000 min⁻¹, maksimalus sukimo momentas 202 Nm prie 1900 min⁻¹.

Siekiant nustatyti degalų sąnaudas ir išmetamųjų deginių emisijas, naudotas kompiuterizuotas lengvųjų automobilių traukos stendas „CARTEC LPS 2510“ (1 pav.), diagnostinis prietaisas „ROSS-TECH VCDS“, degalų sąnaudų matuoklis „AIC-1204 HD 2000“ ir programinė duomenų fiksavimo įranga „IFTECH DATALOGGER“. Diagnostinis prietaisas naudotas nuskaityti variklio elektroninio valdymo bloko gaunamą informaciją apie degalų sąnaudas.

Traukos stendas turi galimybę testuoti automobilius bet kuria pavara, su pasirinkta apkrova ar apskaičiuota važiavimo pasipriešinimo varža. Automobilui apkrovą sukuria sukurinių srovių elektromagnetinis stabdys, kuris ratams perduodamą mechaninę variklio energiją paverčia šilumine energija ir išspinduliuoja ją į aplinką. Traukos stendo pagrindiniai techniniai duomenys pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Automobilių traukos stendo techniniai duomenys

Įrenginys Parametras	Automobilio traukos stendas CARTEC LPS 2510
Apkrovos įrenginys	Elektromagnetinis sukurinių srovių stabdys
Maksimali matuojama apkrova, t	3,5
Didžiausia stendo matavimo galia, kW	400
Didžiausia stendo stabdymo galia, kW	360
Matavimo paklaida	± 2

Šaltinis: Snap-on Equipment GmbH, CARTEC Chassis dynamometers LPS for cars. Germany

Degalų sąnaudų matuoklė AIC papildomai įmontuota į automobilio maitinimo sistemą. Matuoklės pagrindiniai techniniai rodikliai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė

Degalų sąnaudų matuoklės pagrindiniai techniniai duomenys

Įrenginys Parametras	Degalų sąnaudų matuoklis AIC-1204 HD 2000
Išmatavimai (L x l x h)	550 x 80 x 100 mm
Matavimo ribos	4 iki 200 l/h
Maksimali variklio galia	515 kW
Tikslumas	>1%
Atkartojamumas	>0,2%
Leidžiamas slėgis	-1 iki 20 bar
Darbinė temperatūra	-30 iki 90 °C
Maitinimo įtampa	8 – 28 VDC

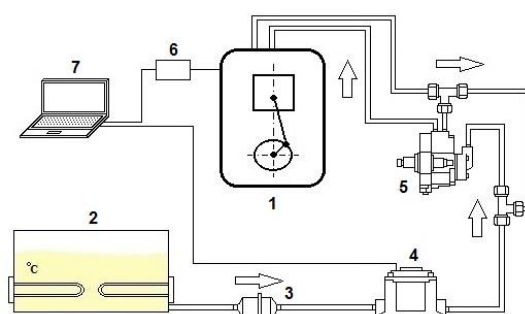
Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimai atlikti varikliui veikiant dyzelinu (grafikuose pažymėta D100/T0), gryniais gyvūninės kilmės degalais (taukais) (grafikuose pažymėta D0/T100). Taip pat naudoti dyzelino bei taukų mišiniai, gauti sumaišius degalus šiais tūrio santykiais: 70 % dyzelino/30 % taukų (D70/T30), 50 % dyzelino/50 % taukų (D50/T50), 30 % dyzelino/70 % taukų (D30/T70). Naudojant gyvūninės kilmės degalus (taukus) ir jų mišinius su dyzelinu, siekiant užtikrinti tinkamą šių degalų klampą, jie buvo pašildomi iki ~60 °C temperatūros. Varikliui veikiant dyzelinu, degalų temperatūra, naudojant degalų matuoklę AIC, buvo ~40 °C. Degalų pašildymo sistemos kartu su sąnaudų matavimo įranga principinė montavimo schema pateikta 2 pav.



1 pav. Variklio energetinių rodiklių matavimas naudojant lengvųjų automobilių traukos stendą „CARTEC LPS 2510“

Šaltinis: sudaryta autorių



2 pav. Degalų sąnaudų matavimas:

1 – vidaus degimo variklis; 2 – degalų talpa su pakaitinimo elementais; 3 – degalų filtras; 4 – degalų sąnaudų matuoklis AIC-1204 HD 2000; 5 – aukšto slėgio degalų siurblys; 6 – elektroninis variklio valdymo blokas; 7 – diagnostinė įranga ROSS-TECH VCDS ir IFTECH DATALOGGER

Šaltinis: sudaryta autorių

Degalų sąnaudos matuotos esant fiksuotai ($F = 500 \text{ N}$) varomųjų ratų apkrovai, automobiliui važiuojant 60 km/h , 70 km/h , 80 km/h , 90 km/h ir esant įjungtai IV pavarai. Bandymų metu buvo matuojama automobilio traukos galia ant varomųjų ratų P_{rat} (kW), važiavimo greitis v (km/h), variklio sūkių dažnis n (rpm), nuostoliai automobilio transmisijoje P_{tr} (kW) ir valandinės tūrinės degalų sąnaudos B_v (l/h). Variklio efektyvioji galia, nustatyta pagal formulę (Bosch, 2011):

$$P_e = P_{rat} + P_{tr}, \quad (1)$$

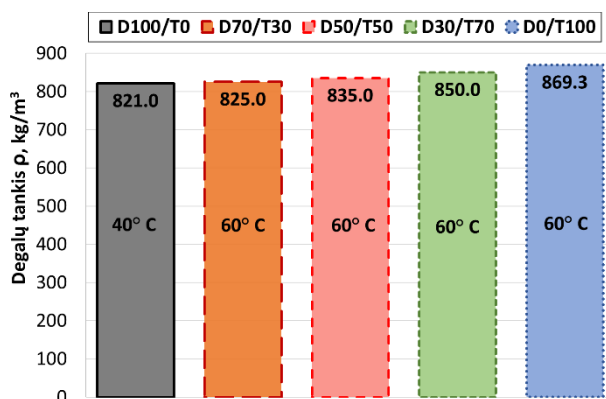
Išmatavus dyzelino tankį ρ (kg/m^3) 40°C temperatūroje ir gyvūninės kilmės degalų tankį 60°C temperatūroje (rezultatai pateikti 3 pav.) apskaičiuotos degalų masės sąnaudos, kg/h :

$$B_m = \frac{B_v \cdot \rho}{1000}, \quad (2)$$

Įvertinus variklio galią ir degalų energetines savybes apskaičiuotas variklio efektyvusis naudingumo koeficientas (Heywood, 1988):

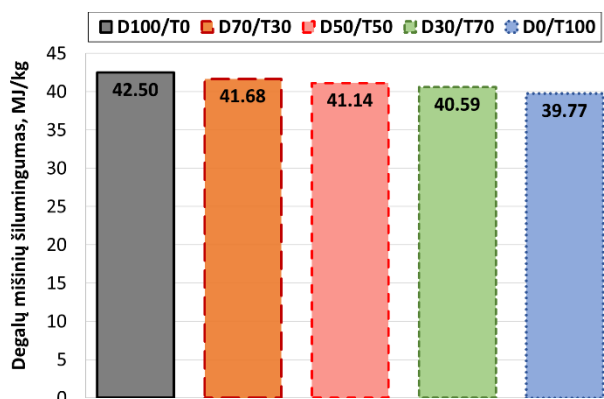
$$\eta_e = \frac{3.6 \cdot P_e}{B_m \cdot U_z}, \quad (3)$$

čia U_z – degalų žemutinis šilumingumas, MJ/kg. Dyzelino žemutinis šilumingumas yra $42,5 \text{ MJ/kg}$, gyvūninės kilmės degalų – $39,77 \text{ MJ/kg}$ ($\sim 6,4\%$ mažesnis). Degalų mišinių žemutinis šilumingumas nustatytas taikant adatyvumo principą ir skaičiavimo rezultatai pateikti 4 pav.



3 pav. Degalų mišinių tankis

Šaltinis: sudaryta autorių



4 pav. Degalų mišinių žemutinis šilumingumas

Šaltinis: sudaryta autorių

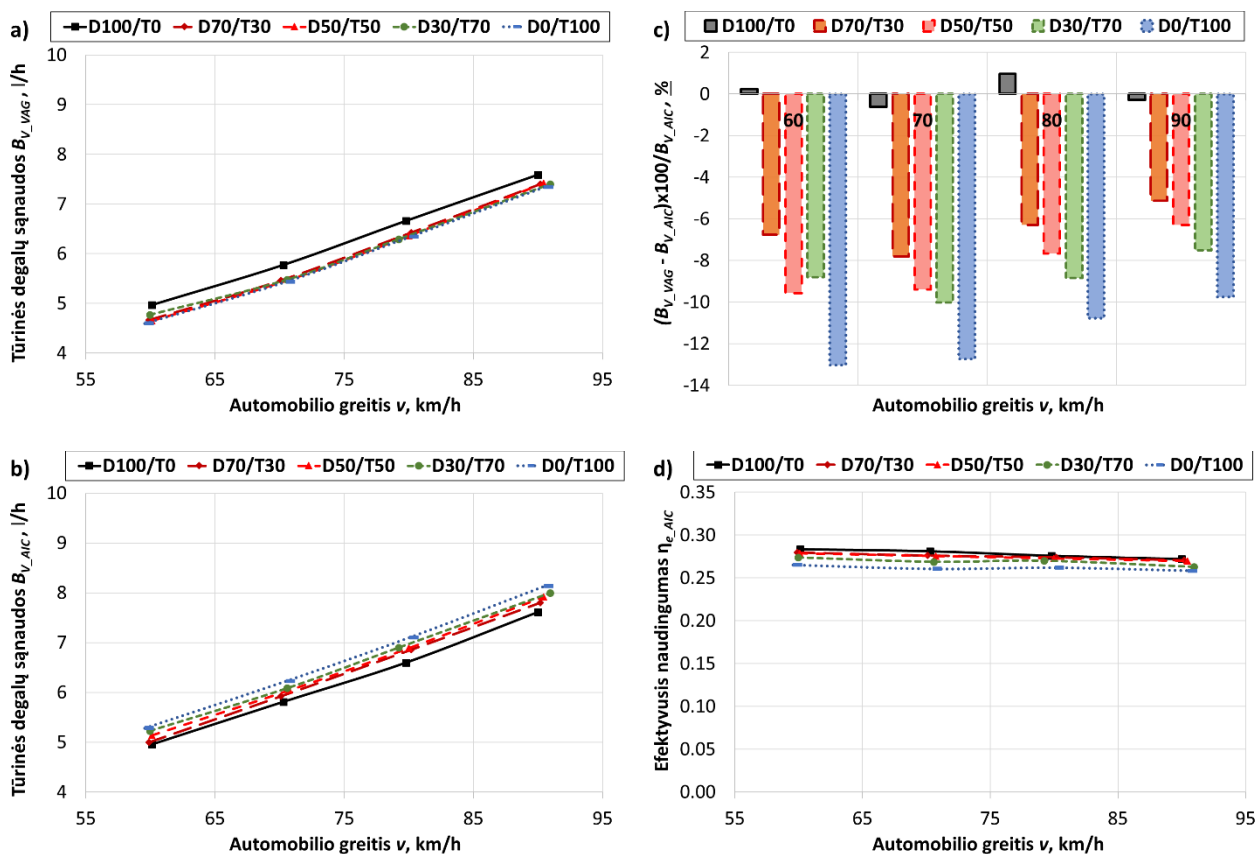
Išmatuota, kad gryno dyzelino tankis 15°C temperatūroje yra 839 kg/m^3 , o gyvūninės kilmės degalų – 908 kg/m^3 ($\sim 8,2\%$ didesnis). Naudojant degalų matuoklę AIC, dėl degalų tiekimo sistemos ypatumų į variklį

tiekiama dyzelino temperatūra pakyla iki $\sim 40^\circ\text{C}$ ir tankis nukrenta iki 821 kg/m^3 (x pav.). Naudojant dyzelino ir gyvūninės kilmės degalų mišinius, siekiant išvengti filtro užsikimšimo, degalų temperatūra buvo pakelta iki $\sim 60^\circ\text{C}$. Karštų grynų gyvūninės kilmės degalų tankis sumažėjo iki $869,3\text{ kg/m}^3$. Degalų mišinio D70/F30 tankis (821 kg/m^3) tapo artimas dyzelino tankiui, didinat gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinio tankis proporcingai didėja.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Atlikus valandinių tūrinių degalų sąnaudų (B_V) matavimus, varikliui veikiant vienodais režimais, naudojant VAG bei AIC sistemas ir dyzeliną keičiant gyvūninės kilmės degalais gauti ne vienodi rezultatai (Fig. 4 a, b). Varikliui veikiant grynu dyzelinu (D100/T0), VAG bei AIC sistemomis išmatuotų valandinių tūrinių degalų sąnaudų B_{V_VAG} ir B_{V_AIC} skirtumas siekia iki 1 % (automobilio greitis $v = 80\text{ km/h}$). Tačiau įvertinus bandymus, atliktus automobiliui važiuojant įvairiais greičiais (60, 70, 80 ir 90 km/h) ir varikliui veikiant D100/F0 degalais apskaičiuotas vidutinis B_{V_VAG} ir B_{V_AIC} skirtumas yra tik 0,07 % (Fig. 4 c).

Padidinus gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje iki 30 % (D70/T30), degalų sąnaudos išmatuotos VAG sistema yra iki $\sim 7,8\%$ mažesnės, nei išmatuotos AIC sistema (automobilio greitis $v = 80\text{ km/h}$) (Fig. 4 c). Vidutinis B_{V_VAG} ir B_{V_AIC} skirtumas naudojant šį degalų mišinį yra $\sim 6,5\%$. Didinat gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje iki 50 %, 70 % ir 100 % (D50/T50, D30/T70 ir D0/T100), vidutinės valandinės tūrinės degalų sąnaudos, išmatuotos VAG sistema (B_{V_VAG}) tirtuose režimuose atitinkamai yra $\sim 8,2\%$, $\sim 8,8\%$ ir $\sim 11,5\%$ didesnės už vidutinės valandinės tūrinės sąnaudas, išmatuotas naudojant AIC sistemą (B_{V_AIC}).



4 pav. Variklio energetiniai rodikliai, automobiliui skirtingais degalais važiuojant įvairiais greičiais: a) – valandinės degalų sąnaudos l/h, išmatuotos VAG sistema; b) – valandinės degalų sąnaudos l/h, išmatuotos AIC sistema; c) – VAG ir AIC sistemomis išmatuotų tūrinių degalų sąnaudų skirtumas, %; d) – variklio efektyvusis naudingumo koeficientas

Šaltinis: sudaryta autorių

Naudojant VAG sistemą, valandinės tūrinės degalų sąnaudos (B_{V_VAG}) nustatomos variklio elektroninio valdymo blokui (ECU) įvertinant gaunamą informaciją iš variklio jutiklių, o pagrindinis rodiklis yra degalų purkštuvų atidarymo laikas. Degalų tankis ir klampa nėra vertinami. AIC degalų sąnaudų matavimo sistema tiesiogiai matuoja tūrinės degalų sąnaudas (B_{V_AIC}). Varikliui veikiant grynu dyzelinu vidutinis degalų sąnaudų skirtumas, išmatuotas VAG bei AIC sistemomis mažesnis už 1 % ir todėl galime teigti, kad naudojant degalus, kurių fizinės-cheminės savybės artimos dyzelinui, degalų sąnaudos VAG sistema išmatuojamos pakankamai

tiksliai. Naudojant degalus (degalų mišinius), kurių fizinės-cheminės savybės skiriasi nuo gryno dyzelino (didėja tankis, klampa), VAG sistema atliekamas degalų valandinių tūrinių sąnaudų matavimas nėra tikslus (naudojant D0/F100 gaunamos iki 13 % mažesnės reikšmės). Siekiant tiksliai įvertinti energetinių variklio rodiklių tyrimų rezultatus kaip teisingas vertiname degalų sąnaudas išmatuotas AIC degalų matavimo sistema.

Variklio efektyvūs naudingumo koeficientas η_e , esant automobilio greičiui 60 km/h ir didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje nuo 0 % iki 30 %, 50 %, 70 % ir 100 % mažėja nuo 0,283 iki atitinkamai 0,280 (~1,2 %), 0,279 (~1,7 %), 0,274 (~3,3 %) ir 0,265 (~6,4 %) (Fig. 4 d). Didinant automobilio greitį nuo 60 km/h iki 70 km/h, 80 km/h ir 90 km/h, naudojant D100/T0 degalus, variklio efektyvūs naudingumo koeficientas sumažėja nuo 0,283 atitinkamai iki 0,281 (~0,8 %), 0,276 (~2,6 %), 0,272 (~3,9 %), nes valandinės degalų masės sąnaudos B_{m_AIC} auga intensyviau nei variklio apkrova.

Didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje nuo 0 % iki 30 %, 50 %, 70 % ir 100 %, visame tirtame automobilio greičių diapazone, variklio efektyvūs naudingumo koeficientas papildomai sumažėja atitinkamai ~1,1 %, ~1,5 %, ~3,3 %, ~5,9 %. Variklio efektyvūs naudingumo koeficientas, nes, didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją, valandinės degalų masės sąnaudos B_{m_AIC} auga intensyviau nei mažėja dyzelino ir gyvūninės kilmės degalų mišinio žemutinis šilumingumas. Variklio efektyviojo naudingumo koeficiento mažėjimą taip pat įtakoja kintančios degalų mišinio fizinės-cheminės savybės. Didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją kinta degalų mišinio klampis, tankis, cetaninis skaičius ir kitos degalų fizinės – cheminės savybės, kurios įtakoja degalų išpurškimą ir degimą. Siekiant sumažinti variklio efektyviojo naudingumo koeficiento sumažėjimą, pasikeitus degalų degimo pobūdžiui dėl gyvūninės kilmės degalų, reikia koreguoti degalų išpurškimo pradžią ir intensyvumą.

Išvados

Atlikus slėginio uždegimo variklio, veikiančio grynu dyzelinu bei didinant didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje iki 30 %, 50 %, 70 % ir 100 %, degalų sąnaudų matavimą, automobiliui važiuojant 60 km/h, 70 km/h, 80 km/h ir 90 km/h greičiais, esant fiksuotai varomųjų ratų apkrovai, nustatyti šie apibendrinti energetinių variklio rodiklių pokyčiai ir jų priežastys:

1. Valandinių tūrinių degalų sąnaudų, išmatuotų naudojant VAG ir AIC degalų matavimo sistemas, varikliui veikiant dyzelinu, skirtumas neviršija 1 %, todėl galime teigti, kad, varikliui veikiant konvenciniais degalais, VAG degalų matavimo sistema yra pakankamai tiksli. Didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje, dėl pakitusių degalų fizinių – cheminių savybių, degalų tūrinės sąnaudos, išmatuotos VAG sistema nėra tikslios ir skiriasi iki 13 %, palyginus su AIC.

2. Tirtame automobilio greičio diapazone, didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje nuo 0 % iki 100 %, valandinės tūrinės degalų sąnaudos B_V palaipsniui išauga iki ~7,1 % ir variklio efektyviojo naudingumo koeficientas η_e sumažėja iki ~5,9 %.

3. Degalų tūrio ir masės sąnaudos didėja bei variklio efektyvūs naudingumo koeficientas mažėja, nes didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje iki 100 %, degalų žemutinis šilumingumas sumažėja iki ~6,4 %, bei degalų tankis išauga iki 8,2 %.

4. Variklio energetinių rodiklių pokyčiui turi įtakos ir pakitęs degalų mišinio klampis, cetaninis skaičius ir kitos cheminės – fizinės savybės. Tai įtakoja degalų išpurškimo bei degimo procesą ir, siekiant maksimalaus variklio energetinio efektyvumo, reikia optimizuoti degalų išpurškimo pradžios momentą.

Literatūra

1. Bezerghianni, S., Dimitriadis, A. 2013. Comparison between different types of renewable diesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21:110–116.
2. Bosch R. GmbH. 2011. *Automotive Handbook, 8 th Edition*. Germany, 885 p.
3. Heywood, J.B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw Hill Series, 930 p.
4. *Neste Renewable Diesel Handbook*. 2016. Espoo, 57 p.
5. Park Y.M., Lee, D.W., Kim, D.K., Lee, J.S., Lee, K.Y. 2008. The heterogeneous catalyst system for the continuous conversion of free fatty acids in used vegetable oils for the production of biodiesel. *Catalysis Today*, 131:238-243.
6. Snap-on Equipment GmbH. *CARTEC Chassis dynamometers LPS for cars*. Germany, 8 p.
7. Sree, R., Babu, N.S., Prasad, P.S.S., Lingaiah, N. 2009. Transesterification of edible and nonedible oils over basic solid Mg/Zr catalysts. *Fuel Processing Technology*, 90:152-157.
8. Van Gerpen, J.H. 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Process Technology*: 86 1097-107.
9. Karmakar, A., Karmakar, S., Mukherjee, S. 2010. Properties of various plants and animals feedstocks for biodiesel production. *Bioresource Technology*, 101:7201-7210.
10. Oner, C., Altun, S. 2009. Biodiesel production from inedible animal tallow and an experimental investigation of its use as alternative fuel in a direct injection diesel engine. *Applied Energy*, 86:2114–20.
11. Janaun, J., Ellis, N. 2010. Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14:1312-20.

EVALUATION OF COMPRESSION-IGNITION ENGINE EFFICIENT PARAMETERS USING ANIMAL FAT FUEL INSTEAD OF DIESEL

Summary

The compression-ignition engines working on diesel uses fossil fuels, which influences growing greenhouse effect. One of the possible alternatives to diesel fuel is a fuel made from animal fats, which are a part of a renewable fuel group. The paper presents a comparative study of the fuel consumption of compression-ignition engine running on diesel fuel, when the fuel made from animal fats and these fuels mixtures. The VCDS (VAG-COM Diagnostic System) and the fuel metering unit (AIC-1204 HD 2000) have been used to measure fuel consumption. An analysis of the measurement results shows that when the engine is running on diesel, different measurement systems show the same fuel consumption, but the results varies when the diesel fuel is replaced by fuel made from animal fats. The VCDS system cannot measure the physical properties of a modified fuel. Measurements made by the AIC fuel meter show that fuel consumption is increasing as diesel fuel is replaced by the fuel made from animal fats.

Key words: fuel consumption, compression-ignition engine, diesel fuel, fuel made from animal fats.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

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 inžinerijos katedros docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tadas Vipartas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: t.vipartas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulis Stravinskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: s.stravinskas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Donatas Kriaučiūnas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: d.kriauciunas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Mindaugas Melaika.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

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

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

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

Telephone and e-mail address: a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname: Tadas Vipartas.

Science degree and name: master, lector

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

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: t.vipartas@vtdko.lt

Author name, surname: Saulius Stravinskas.

Science degree and name: master, lector

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

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: s.stravinskas@vtdko.lt

Author name, surname: Donatas Kriaučiūnas.

Science degree and name: master, lector

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

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: d.kriauciunas@vtdko.lt

Author name, surname: Mindaugas Melaika.

Science degree and name: associated professor.

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

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

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

HHO (H_2/O_2) DUJŲ PANAUDOJIMO VIDAUS DEGIMO VARIKLYJE EFEKTYVUMO VERTINIMAS

Alfredas Rimkus

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

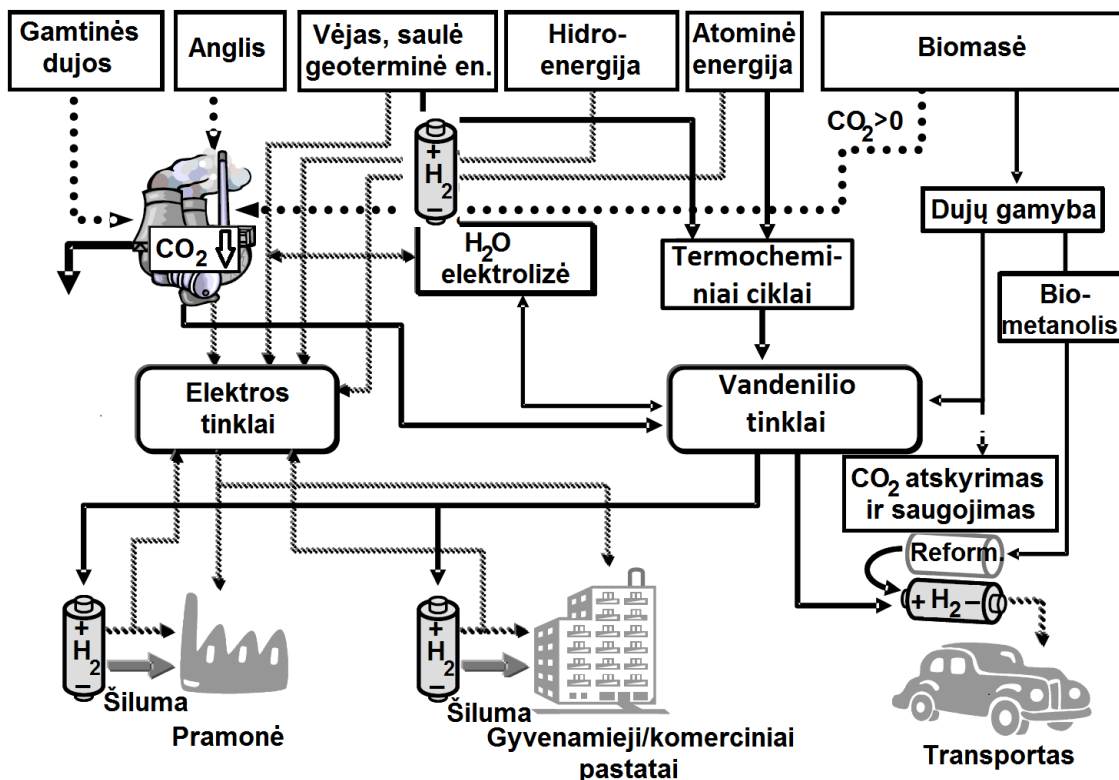
Anotacija. Straipsnyje apžvelgtos vandenilio, kaip vidaus degimo variklio (VDV) degalų, naudojimo galimybės ir perspektyvos. Apibendrinti įvairių tyrėjų gauti rezultatai tiriant VDV energetinius ir ekologinius rodiklius, į variklį papildomai tiekiant HHO dujas. Pateiktos eksperimentiniu būdu nustatytos energijos sąnaudos reikalingos HHO dujų gamybai elektrolizės būdu ir apskaičiuotas šių dujų panaudojimo vidaus degimo variklyje būvio ciklo energetinis efektyvumas. Įvertinus HHO dujose esančio vandenilio fizikines–chemines savybes ir šių dujų gamybos efektyvumą paaiškinta teigiama ir neigiama HHO dujų įtaka slėginio ir kibirkštinio uždegimo variklių rodikliams.

Reikšminiai žodžiai: HHO dujos, vidaus degimo variklis, energetinis efektyvumas, ekologinis efektyvumas.

Įvadas

Vandenilio energetika atitinka ES Baltosios knygos nuostatas „Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas“. Vandenilio energijos šaltinių naudojimo didinimas yra skatinamas „Europa 2020“ programoje, kurioje pateiktos alternatyvių degalų naudojimo gairės (Europos komisija, 2011). Investicijos į vandenilio panaudojimą transporto, pramonės ir energetikos srityse numatytos ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programoje „Horizontas 2020“. Vystant minėtas programas, būtina pasitelkti visus žinomus vandenilio energijos resursus, pritaikant juos transporto sektoriui. Kitas svarbus vandenilio dujų naudojimo aspektas yra ekologinis. ES nuolat diegiami įvairūs oficialūs standartai reglamentuojantys automobilių išmetamųjų dujų emisijas. Nuo 2014 metų įsigaliojo Euro 6 standartas. Dyzeliniais varikliais griežtinamos NO_x , CH, PM emisijų normos. Benzininiams varikliais su tiesioginiu benzino įpurškimu įvestos kietųjų dalelių emisijos normos.

Vandenilis yra vienas perspektyviausių energijos akumuliatorių, kuris gali patenkinti poreikius, susijusius su energetika ir užtikrinti aplinkos saugą ir ekologišką jos vystymosi raidą. H_2 gamybai galima panaudoti tradicinius ir alternatyvius energijos šaltinius, atskiriant CO_2 (1 pav.). Vandenilis efektyviai kaupia ir perneša energiją, o jo degimo produktas yra netaršūs vandens garai. Vandenilis yra aktyvus cheminis elementas ir vidaus degimo variklyje (VDV), degdamas su kitais degalais, gerina jų degimą, taip pagerindamas ekologinius ir energetinius variklio rodiklius (Whiete et al., 2006; Karagoz at al., 2015).



1 pav. 2050 metais pasaulyje prognozuojama pirminė energija

Šaltinis: (Marban and Valdes-Solis 2007)

Vandenilio kaupimui ir transportavimui automobilyje reikia sudėtingos, brangios, daug sveriančios įrangos. Tai padidina automobilio kainą, svorį, išauga eksploatacijos išlaidos. Vandenilį racionalu gaminti važiuojančiame automobilyje, saugoti tik minimalius jo kiekius ir šias dujas tiekti į variklio cilindrus kartu su kitais degalais. Paprasčiausias vandenilio gamybos būdas yra vandens elektrolizė, kuriai reikalinga nuolatinė elektros srovė gali būti išgaunama panaudojant VDV arba alternatyvią energiją. Vandenilio generatoriai būna dviejų tipų: vieni elektros srove iš vandens išskiria vandenilį H_2 ir deguonį O_2 , atskirdami šias dujas, o kiti vandenilio ir deguonies dujų mišinį – Brauno dujas (Surygala, 2008).

Vandens elektrolitinio skaidymo į vandenilį ir deguonį tyrimai prasidėjo XIX amžiuje (Eisenberg and Kauzmann, 1969), o apie jo elektrolitinį skaidymą aprašė Plambeck (1982). Pastaraisiais dešimtmečiais buvo atliekami stambaus masto tyrimai, susiję su vandens skaidymu į vandenilio ir deguonies dujas. Šie tyrimai buvo inicijuoti Yull Brown 1977 metais ir buvo atliekami įrenginiais, bendrai vadintais elektrolizeriais, o jų rezultate gautos HHO dujos yra žinomos kaip Brauno dujos (Brown, 1977). Yull Brown patentuose ir vėliau atsiradusiuose gausiuose šios srities literatūros šaltiniuose yra teigiama, kad Brauno dujos yra degios dujos, sudarytos iš įprastų vandenilio ir deguonies dujų tiksliu stochiometrinio santykiu: 2/3 (arba 66,66% tūrio) vandenilio ir 1/3 (arba 33,33% tūrio) deguonies, šios dujos taip pat vadinamos HHO dujomis.

Naudojant HHO dujas, kaip degalų priedą transporto priemonėse gerinama degalų degimo kokybė, mažinamas variklių išmetamų dujų toksiškumas – mažėja nesudegusių angliavandenilių, anglies viendeginio koncentracija, o dyzeliniuose varikliuose dar ir dūmingumas (Bari and Esmaeil, 2010; Wang et al., 2012). HHO dujų degimo produktas yra vandens garai.

Šio straipsnio tikslas – apibendrinti HHO dujų gamybos ir panaudojimo vidaus degimo varikliuose efektyvumo tyrimų rezultatus.

HHO dujų panaudojimas vidaus degimo varikliuose energetinis ir ekologinis efektyvumas

Musmar ir Al-Rousan (2011) atliktuose tyrimuose HHO dujų generavimo schema buvo sukurta ir integruota į Honda G 200. Rezultatai rodo, kad HHO, oro ir benzino mišinys sąlygoja taršos koncentracijos emisijoje sumažėjimą ir variklio naudingumo koeficiento padidėjimą. Emisijos testai buvo atliekami keičiant variklio greitį. Rezultatai rodo, kad anglies monoksido koncentracija buvo sumažinta apie 20 %. Taip pat buvo pastebėtas degalų sąnaudų sumažėjimas.

Al-Rousan (2010) atliko eksperimentus vieno cilindro kibirkštinio uždegimo varikliu (Honda G 200), į įsiurbimo kolektorių papildomai tiekiant HHO dujas, kurių gamybai buvo naudojamas papildomas 15 V energijos šaltinis. Rezultatai rodo, kad optimalus elektrolizės įrenginio elektrodų paviršiaus plotas, reikalingas pakankamam HHO dujų kiekiui pagaminti, yra dvidešimt kartų didesnis už variklio stūmoklio paviršiaus plotą. Be to, elektrolizės įrenginiui reikalingo vandens tūris yra pusantro karto didesnis už variklio talpą. Bandymai parodė, kad, į variklį papildomai tiekiant HHO dujas, degalų sąnaudos sumažėja, sumažėja ir išmetamųjų dujų temperatūra bei tarša išmetamųjų dujų emisijoje.

Wang ir kt. (2011) tyrė vandenilio – deguonies mišinių priedo įtaka benzininių variklių su kibirkštinio uždegimu eksploatacinėms savybėms. Bandymams buvo naudotas modifikuotas Oto variklis su vandenilio ir deguonies įpurškimo sistema. Elektroninis reguliavimo įtaisas buvo pritaikytas vandenilio, deguonies ir benzino purkštuvų atidarymui ir uždarymui valdyti. Buvo pritaikytos trys standartinės vandenilio ir deguonies mišinio tūrio frakcijos visų įleidžiamų dujų tūryje – 0 %, 2 % ir 4 %. Šiam vandenilio ir deguonies mišiniui benzino įpurškimo trukmė buvo sureguliuota taip, kad oro pertekliaus mišinyje koeficientas būtų padidintas nuo 1,00 iki paliesinto mišinio, būdingo variklio darbui ekonomiškumu režimu. Bandymų rezultatai parodė, kad ekonomiškumo sąlygomis benzininis variklis, į kurį buvo įpurkšta vandenilio ir deguonies mišinio, turi didesnę efektyvųjį naudingumo koeficientą ir vidutinį indikatorinį efektyvų slėgį. Vandenilio ir deguonies mišinys prisidėjo ir prie CH ir CO koncentracijos sumažėjimo. NO_x emisija padidėjo.

Bari ir Esmaeil (2010) atliko atmosferinio dyzelinio variklio eksploatacinių savybių gerinimo, į variklio įsiurbiamą orą papildomai tiekiant H_2/O_2 dujų mišinį, pagamintą vandens elektrolizės procese, tyrimą. Eksperimentiniai darbai buvo atliekami, esant pastoviam greičiui ir keičiant apkrovą bei H_2/O_2 mišinio kiekį. Rezultatai rodo, kad papildomai tiekiant H_2/O_2 mišinį kuris atitinka 4,84 %, 6,06 %, ir 6,12% dyzelino šiluminį ekvivalentą, variklio efektyvusis naudingumo koeficientas padidėja nuo 32,0 % iki 34,6 %, nuo 32,9 % iki 35,8 % ir nuo 34,7 % iki 36,3 %, esant 19 kW, 22 kW ir 28 kW apkrovai, atitinkamai. HC, CO_2 ir CO koncentracija deginiuose sumažėjo, o NO_x – padidėjo.

Yilmaz ir kiti (2010) tyrinėjo HHO dujų papildomo tiekimo poveikį slėginio uždegimo varikliams. HHO dujos yra monoatominės sandaros (vieno atomo molekulės). Dėl monoatominės vandenilio ir deguonies mišinio struktūros, jo savaiminio užsidegimo temperatūra buvo žemesnė, nei vandenilio (kurio struktūra yra dviatominė). Todėl HHO dujų mišiniui nereikėjo išorinio uždegimo šaltinio, pavyzdžiui, uždegimo žvakės ar elektros kibirkšties. Užsidegant HHO mišiniui, vyksta eksplozija (plėtimasis) ir implozija (traukimasis), kurių

išdavoje vėl susidaro vanduo, o reakcijos energija išsiskiria šiluminės energijos forma. Esant vieno atomo molekulėms nėra jokių atominių ryšių, kuriuos reikėtų ardyti prieš pakartotinį vandens susidarymą. Vadinasi, HHO dujos turi daugiau energijos, nes šie ryšiai niekuomet nesusiformuoja ir gaunama daugiau energijos palyginus su H_2 ir O_2 degimu. HHO degimo metu susidaro vanduo, kuris susiduria su degalais ir jie susijungia. Vanduo tampa šerdimi, o degalai tampa jo apvalkalu (dėl tankių skirtumo). Suspaudimo takto metu slėgis ir temperatūra auga, vanduo virsta garais, o degalai skaidomi. Įdiegus HHO sistemos elektroninį valdymą, variklio sukimo momento išsaugo iki 19 %, CO emisija sumažėjo iki 13 %, CH koncentracija sumažėjo iki 5 % o lyginamosios degalų sąnaudos sumažėjo iki 14 %. Tyrimai parodė, kad HHO srauto greitis turėjo būti sumažintas, kai variklio greičiai mažesni. Esant mažiems greičiams, dėl ilgesnės įsiurbimo trukmės HHO dujos cilindruose užima didesnę tūrį ir pablogėja cilindrų pripildymo koeficientas. Tai blogina efektyvųjį naudingumo koeficientą ir sąlygoja neigiamą poveikį variklio sukimo momentui, išmetamųjų dujų emisijai.

Rimkaus (2013) tyrimai rodo, kad naudojant mažą HHO dujų kiekį (~ 0,15 % įsiurbiamo oro tūrio), dujų gamybai naudojant VDV energiją, kibirkštinio uždegimo variklio, indikatorinis naudingumo koeficientas auga iki 5 %, varikliui veikiant paliesintu mišiniu, o slėginio uždegimo variklio energetiniai variklio rodikliai nežymiai blogėja. CH koncentracija deginiuose kibirkštinio uždegimo varikliui veikiant paliesintu mišiniu sumažėja iki 14 %, slėginio uždegimo variklio CH koncentracija sumažėja iki 15 %. Kibirkštinio uždegimo variklio CO koncentracija sumažėja iki 10 %, slėginio uždegimo variklio CO koncentracija sumažėja iki 15 %. CO_2 ir NO_x koncentracija kibirkštinio ir slėginio uždegimo variklių deginiuose išauga iki 6 %, nes tikėtina, kad dėl didelio reakcingumo HHO dujose esantis vandenilis dega suslėgimo pabaigoje, atlikdamas neigiamą darbą. Slėginio uždegimo variklio deginių dūmingumas sumažėja iki 25 %.

HHO dujų gamybos efektyvumas

Vandenilį kaupti ir saugoti yra sudėtinga, reikia brangios, didelį slėgį išlaikančios įrangos, o vandens elektrolizės įrenginiu vandenilį galima gaminti pačiame automobilyje ir iš karto jį sunaudoti. Vandenilio elektrolizės generatoriai būna dviejų tipų:

1. Vandenį išskaidantys į vandenilio H_2 ir deguonies O_2 dujas atskirai. Elektrolizės elemente ties anodu išsiskiria deguonis, ties katodu – vandenilis. Dujos, išsiskyrusios prie teigiamo ir prie neigiamo elektrodo surenkamos atskirai.

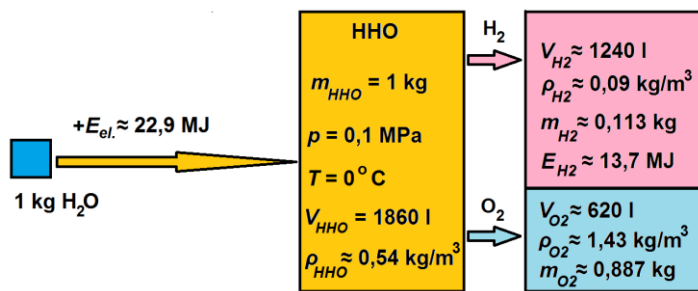
2. Gamina HHO dujas – degų vandenilio ir deguonies dujų mišinį.

Normaliomis sąlygomis (0,1 MPa slėgis ir 25°C temperatūra) elektrolizės procesui tarp anodo ir katodo reikalingas 1,23 V potencialų skirtumas (Gupta, 2009). Naudojant kalio hidroksido (KOH) elektrolito tirpalą įtampa tarp elektrodų gali siekti 2,0–2,5 V, esant srovės tankiui 2000 A/m² prie 80 °C elektrolito temperatūros (Srinivasan and Salzano, 1977). Vandenilio ir deguonies dujos yra atskiriamos tarp elektrodų sumontavus jonams laidžią membraną, kuri neleidžia dujoms susimaišyti, tačiau praleidžia OH^- jonus.

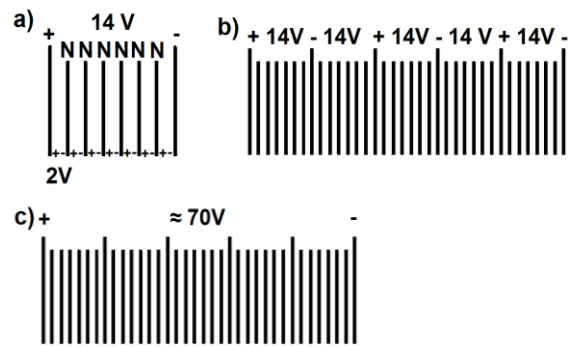
Tarp anodo ir katodo nesant sumontuotai membranai vandenilio deguonies jonai maišosi ir susidaro HHO dujos. HHO dujose vandenilio ir deguonies dujų tūrio santykis 2 : 1 (2 pav.). Iš 1 kg vandens pagaminama ≈ 1240 l vandenilio ir ≈ 620 l deguonies dujų mišinio, kurių bendras tūris ≈ 1860 l. Prie $p = 0,1$ MPa slėgio ir $T = 0$ °C temperatūros deguonies dujų tankis $\rho_{O_2} = 1,43$ kg/m³, vandenilio tankis $\rho_{H_2} = 0,09$ kg/m³, HHO dujų tankis $\rho_{HHO} = 0,54$ kg/m³. Viename litre HHO dujų yra 0,67 l H_2 dujų, kurių masė $m_{H_2/l} = 0,06$ g ir O_2 dujų, kurių masė $m_{O_2/l} = 0,48$ g.

Lengvojo automobilio elektros tinklo įtampa yra ≈ 14 V ir šios įtampos pakanka maitinti sekciją sudarytą iš septynių nuosekliai išdėstytų elektrolizės elementų, kurių kiekvienam tenka ≈ 2 V įtampa (3 a pav.). Prie kraštinių sekcijos plokštelių prijungiama maitinimo įtampa, o tarp jų yra šešios neutralios elektrodų plokštelės. Visos elektrodų plokštelės yra 0,8 mm storio ir pagamintos iš nerūdijančio plieno 316 L. Vienos plokštelės aktyvus plotas yra 0,0144 m², suminis sekcijos aktyvus plokštelių plotas 0,1 m². Plokšteles skiria 1,5 mm storio tarpinės pagamintos iš šarmams ir rūgštims atsparios gumos. Bandymu metu KOH koncentracija elektrolite 4 %.

Siekiant padidinti HHO dujų generatoriaus našumą viename elektrolizės įrenginyje nuosekliai sujungtos penkios sekcijos, kurių kiekviena turi po septynis elementus ir yra maitinama 14 V įtampa (3 b pav.). Toks penkių nuosekliai sujungtų sekcijų (trisdešimt penkių elementų) elektrolizės įrenginys gali būti maitinamas ir 14 · 5 = 70 V įtampa, papildomą srovės šaltinį (ne automobilio akumuliatorių) prijungiant prie kraštinių įrenginio elektrodų (3 c pav.). Atitinkamai prijungus maitinimą įrenginys gali būti maitinamas 28 V, 42 V ir 56 V įtampa.

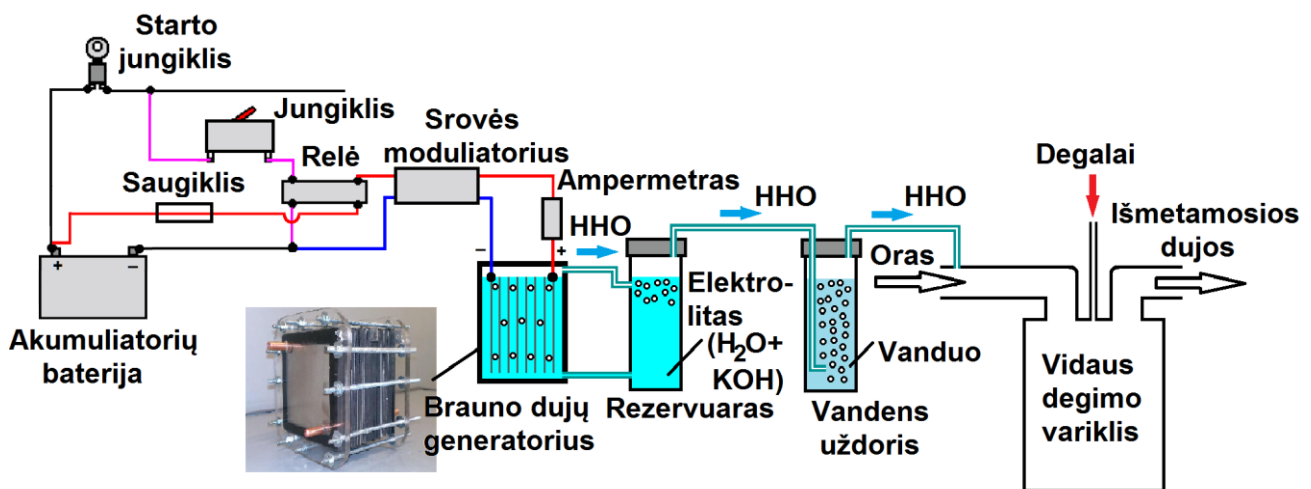


2 pav. HHO dujų sudėtis ir savybės
Šaltinis: Sudaryta autoriaus



3 pav. Elektrolizės elementų jungimo schemas: a – viena septynių elementų sekcija maitinama 14 V įtampa; b – penkios nuosekliai sujungtos sekcijos kurių kiekviena lygiagrečiai maitinama 14 V įtampa; c – penkios nuosekliai sujungtos sekcijos maitinamos 70 V įtampa
Šaltinis: Sudaryta autoriaus

Elektros energija elektrolizei imama iš automobilio akumuliatoriaus (4 pav.), kurį, veikiant varikliui, krauna automobilio generatorius. Elektros grandinė, kuria į HHO dujų generatorių tiekama srovė, įjungiama rele. Ši relė, išjungus vidus degimo variklį, atjungia srovės tiekimą į dujų generatorių. Grandinėje sumontuotas ampermetras rodo srovės stiprį. HHO dujos iš elektrolizės įrenginio žarnele pirmiausia patenka į elektrolito indą kur lieka kartu su HHO dujomis tekantys elektrolito pūslai. Toliau HHO dujos žarnele teka į vandens uždorį, kuris įrenginį apsaugo nuo galimo atbulinio liepsnos pliūpsnio. Iš liepsnos uždorio HHO dujos teka į variklio įsiurbimo kolektorių.



4 pav. HHO dujų gamybos sistema automobilyje
Šaltinis: Sudaryta autoriaus

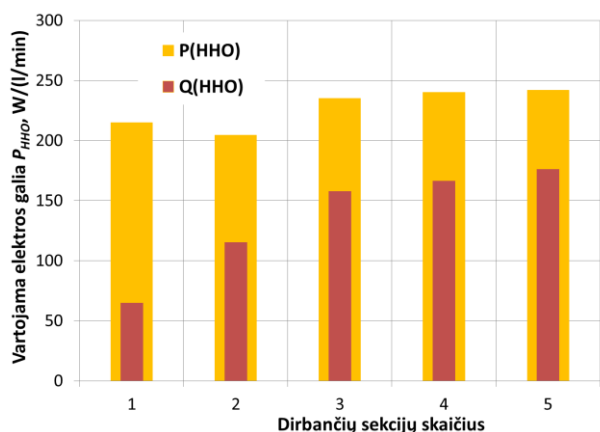
Elektrolizės įrenginyje dalis elektros energijos virsta į šilumą ir apsaugai nuo perkaitimo tarp elektrolito rezervuaro ir HHO dujų generatoriaus gali būti įrengtas aušintuvas bei elektrolito cirkuliaciją užtikrinantis siurblys.

Elektrolizei naudojamos srovės galios ir gaminamų HHO dujų kiekio reguliavimas ir gali būti atliekamas:

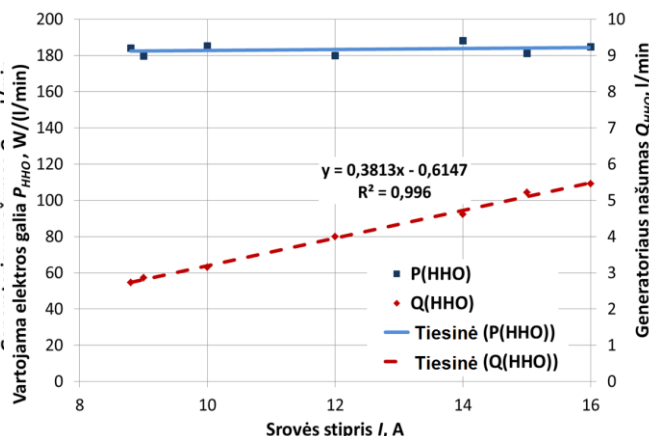
1. Moduluojant elektros srovę.
2. Keičiant elektros srove maitinamų HHO dujų generatoriaus sekcijų kiekį.

Naudojant automobilio elektros tinklo įtampą ir keičiant naudojamų dujų generatoriaus sekcijų kiekį kinta generatoriaus vartojamos energijos kiekis ir gaminamų HHO dujų kiekis. 5 paveiksle matome, kad galios poreikis 1 l dujų pagaminti nėra pastovus. Mažiausios lyginamosios galios sąnaudos (204 W/(l/min))

užfiksuotos veikiant dviem generatoriaus sekcijoms ir gaminant $Q_{HHO} = 2,3$ l/min HHO dujų. Šiame režime dujų generatoriui tiekama $U = 12,75$ V įtampos ir $I = 37$ A stiprio elektros srovė.



5 pav. HHO generatoriaus energijos suvartojimo ir našumo priklausomybė nuo sekcijų skaičiaus
Šaltinis: Sudaryta autoriaus



6 pav. HHO generatoriaus energijos suvartojimo P_{HHO} ir našumo Q_{HHO} priklausomybė nuo srovės stiprio I
Šaltinis: Sudaryta autoriaus

HHO dujų generatoriaus penkias sekcijas prijungtus prie 70 V papildomo įtampos šaltinio (3 c pav.) nustatyta, kad lyginamosios galios sąnaudos sumažėja iki 183 W/(l/min). Generuojamų dujų kiekį galima nustatyti pagal tiesinę priklausomybę (6 pav.):

$$Q_{HHO} = 0,3813 \cdot I - 0,6147. \quad (1)$$

HHO dujų gamybai gali būti panaudojama elektros energija išgaunama rekuperuojant stabdymo energiją į elektros srovę, panaudojant ant automobilio išdėstytus saulės elementus ir kitus alternatyviuosius energijos generavimo būdus. Šią energiją galima kaupti nustatytos įtampos akumuliatorių baterijoje ir reikiamą kiekį tiekti į HHO dujų generatorių.

HHO dujų generatoriaus naudingumo koeficientas:

$$\eta_{HHO} = \frac{E_{H_2}}{E_{el.}}, \quad (2)$$

čia $E_{el.}$ – litrai HHO dujų pagaminti sunaudotas elektros energijos kiekis, J:

$$E_{el.} = \frac{U \cdot I \cdot t}{Q_{HHO}} = \frac{12,75 \cdot 37 \cdot 60}{2,3} = 12306 \text{ J}, \quad (3)$$

čia U – elektros įtampa kurią naudoja elektrolizės įrenginys, V; I – vartojamas elektros srovės stipris, A; t – elektrolizės įrenginio veikimo laikas, s; Q_{HHO} – per laiką t pagamintas HHO dujų kiekis, l. E_{H_2} – šiluminės energijos kiekis, kurį degdamas gali išskirti 1 litre HHO dujų esantis vandenilis, J:

$$E_{H_2} = H_{z.H_2} \cdot m_{H_2/l} = 120000000 \cdot 0,00006 = 7200 \text{ J}, \quad (4)$$

čia $H_{z.H_2}$ – vandenilio žemutinis šilumingumas, J/kg; $m_{H_2/l}$ – vandenilio masė 1 l HHO dujų. $\eta_{HHO} \approx 0,6$. Likusi elektros energijos dalis HHO dujų generatoriuje pavirsta į šilumą.

Vidaus degimo variklio efektyvusis naudingumo koeficientas $\eta_e \approx 0,3$ ir tai reiškia, kad, variklyje sudegus vandeniliui, apie 30 % H_2 šiluminės energijos pavirsta į variklio efektyviąją energiją. Bendras teoriškai nustatytas HHO dujų gamybos ir panaudojimo (būvio ciklo) efektyvusis naudingumo koeficientas

siekia $\eta_{e_HHO} = \eta_{HHO} \cdot \eta_e \approx 0,18$. Realus HHO dujų panaudojimo efektyvumas gali būti nustatomas eksperimentiškai ir teoriškai įvertinus vandenilio įtaką darbinio mišinio degimo procesui variklyje.

Išvados

1. Panaudojant pagamintą HHO dujų generatorių nustatyta, kad lyginamosios energijos sąnaudos dujų gamybai vandens elektrolizės būdu, naudojant apie 13 V įtampą vienai sekcijai ir keičiant generatoriaus sekcijų skaičių, svyruoja nuo 204 W/(l/min) iki 240 W/(l/min). Naudojant 5 generatoriaus sekcijas į kurias tiekama 70 V įtampa, energijos sąnaudos HHO dujų gamybai sumažėjo iki ≈ 183 W/(l/min).
2. Įvertinus vandenilio ir deguonies dujų mišinio gamybos ir panaudojimo VDV efektyvumą apskaičiuota, kad HHO dujų būvio ciklo energetinis efektyvumas vidaus degimo variklyje gali siekti tik ≈ 18 %.
3. Eksperimentiniai tyrimai rodo, kad naudojant HHO dujas kibirkštinio uždegimo varikliuose, esant paliesintam mišiniui, sumažina CO, CH bei CO₂ koncentraciją išmetamosiose dujose, tačiau padidina NO_x emisiją. Tai lemia didesnis degimo efektyvumas ir aukštesnė temperatūra bei nežymiai sumažėjusios degalų sąnaudos.
4. Slėginio uždegimo varikliuose, papildomai tiekiant HHO dujas, tikėtina, kad, dėl didelio reakcingumo, HHO dujose esantis vandenilis dega suslėgimo pabaigoje. Išankstinis HHO dujose esančių aktyvių vandenilio radikalų užsiliepsnojimas mažina variklio energetinį efektyvumą ir daro įtaką variklio ekologiniams rodikliams: mažina nepilno degimo produktų (CH, CO) emisijas bei dūmingumą tačiau didina CO₂ ir NO_x emisijas.

Literatūra

1. Al-Rousan, A.A. 2010. Reduction of fuel consumption in gasoline engines by introducing HHO gas into intake manifold, *International Journal of Hydrogen Energy* 35: 12930–12935.
2. Bari, S.; Esmail, M.M. 2010. Effect of H₂/O₂ addition in increasing the thermal efficiency of a diesel engine, *Fuel* 89: 378–383.
3. Brown, Y. 1978. US patent number 4,014,777 issued on March 29, 1977, and US patent number 4,081,656 issued on March 28, 1978.
4. Eisenberg, D.; Kauzmann, W. 1969. *The structure and properties of water*. Oxford: Oxford University Press.
5. Europos Komisija. *Baltoji knyga*. 2011. Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas. Briuselis: 28–31.
6. Gupta R.B. 2009. *Hydrogen fuel: production, transport, and storage*. Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4200-4575-8. 601 p.
7. Yilmaz, A.C.; Uludamar, E.; Aydin, K. 2010. Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines, *International Journal of Hydrogen Energy* 35: 11366–11372.
8. Karagoz, Y.; Yuca, N.; Sandalcı, T.; Dalkılıç, C.A. 2015. Effect of hydrogen and oxygen addition as a mixture on emissions and performance characteristics of a gasoline engine, *International Journal of Hydrogen Energy* 40: 8750–8760.
9. Kuware, R. S.; Kolhe, A.V. 2016. Effect of Hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in spark ignition (SI) engine – a review. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 5 (10): 17913–17920.
10. Marban, G.; Valdes-Solis, T. 2007. Towards the hydrogen economy? *International Journal of Hydrogen Energy* 32: 1625–1637.
11. Musmar, S.A.; Al-Rousan, A.A. 2011. Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines, *Fuel* 90: 3066–3070.
12. Plambeck, J.A. 1982. *Electro analytical chemistry, principles and applications*. 2nd ed., New York: Wiley. 404 p.
13. Rimkus, A. 2013. *Vidaus degimo variklio darbo efektyvumo didinimas panaudojant Brauno dujas*. Vilnius: Technika, 2013 156 p.
14. Srinivasan, S.; Salzano, F.J. 1977. Prospects for hydrogen production by water electrolysis to be competitive with conventional methods, *International Journal of Hydrogen Energy* 2: 53–59.
15. Surygala, J. 2008. *Wodorod joko paliwo*. [Hydrogen as a fuel]. Warszawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne. 177 p.
16. Wang, H.K.; Cheng, C.Y.; Chen, K.S.; Lin, Y.C.; Chen C.B. 2012. Effect of regulated harmful matters from a heavy-duty diesel engine by H₂/O₂ addition to the combustion chamber, *Fuel* 93: 524–527.
17. Wang, S.; Ji, C.; Zhang, J.; Zhang, B. 2011. Improving the performance of a gasoline engine with the addition of hydrogen-oxygen mixtures, *International Journal of Hydrogen Energy* 36: 11164–11173.
18. Whiete, C.M.; Steeper, R.R.; Lutz, A.E. 2006. The hydrogen-fueled internal combustion engine: a technical review, *International Journal of Hydrogen Energy* 31:1292–1305.

THE EVALUATION OF THE HHO (H₂/O₂) GAS UTILIZATION'S EFFECTIVENESS IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Summary

This article reviews the possibilities and perspectives of using hydrogen as a fuel for the internal combustion engine (ICE). The results of various researchers who investigated ICE energy and ecological indicators by adding HHO gas to the engine were summarised. The energy consumption which is required for the production of HHO gas via the process of electrolysis was determined through experiment, and the energy efficiency for the use of these gas in the internal combustion engine was calculated. The physico-chemical properties of the hydrogen contained in HHO gas and the efficiency of these gas production were evaluated and the positive and negative effects of HHO gas on the indicators of compression and spark ignition engines were explained.

Key words. HHO gas, internal combustion engine, energy efficiency, ecological efficiency.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių inžinerijos katedros docentas

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

Telefonas ir el. pašto adresas: alfredas.rimkus@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus

Science degree and name: doctor, associated professor

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

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

Telephone and e-mail address: alfredas.rimkus@vgtu.lt

MOTOCIKLO STABDŽIŲ ANTIBLOKAVIMO SISTEMOS (ABS) SLĖGIO TYRIMAS

Rasa Žygienė, Arnoldas Kumža, Rūta Jančaitė
Kauno technikos kolegija

Anotacija. Vystantis ir tobulėjant informacinėms technologijoms, didinant motociklininkų ir kitų eismo dalyvių saugumą, didelis dėmesys yra skiriamas stabdžių antiblokavimo sistemos tobulinimui ir diegimui į motociklus. Pavojingoje ar avarinėje situacijoje motocikle įrengta stabdžių antiblokavimo sistema (ABS) sumažina stabdymo kelią ir užtikrina stabilumą stabdant. Straipsnyje pristatomas motociklo stabdžių antiblokavimo sistemos (ABS) mokslinių darbų analizė. Taip pat šiame darbe išnagrinėta tiriamojo motociklo ABS konstrukcija bei jos veikimo principas. Su diagnostine įranga atlikta motociklo stabdžių antiblokavimo sistemos slėgio tyrimas, kai motociklas neužvestas, įjungus degimą, paspaudus stabdžio rankeną ir ramybės būsenoje. Taip pat nustatytas motociklo stabdžių antiblokavimo sistemos hidraulinio moduliatoriaus slėgio kitimas laike. Gautos vidutinės slėgio reikšmės tarpusavyje palygintos.

Reikšminiai žodžiai: Motociklas, ABS sistema, slėgis, hidraulika, moduliatorius.

Įvadas

Stabdžių antiblokavimo sistema (angl. Anti-lock braking system (ABS)) užtikrina stabilumą stabdant tiesiojoje ar didinant greitį neleidžia ratams užsiblokuoti. Taip pat ABS sistema įvertina judančio motociklo pasvirimą posūkyje ir tolygiai paskirsto stabdymo jėgą į ratus.

Nuo 2017 m. Europos Sąjungoje (ES), dėl eismo dalyvių saugumo, įvestas reikalavimas motociklams, kurių variklio tūris didesnis nei 125 cm³, juose privalo būti įmontuota ABS sistema.

Straipsnyje (Levulytė *et al.* 2016), autoriai teigia, kad pavojingoje ar avarinėje situacijoje motociklo lėtėjimo parametrai priklauso nuo motociklo stabdžių sistemos, vairuotojo patirties, aerodinaminių parametrų, kelio dangos tipo ir būklės. Taip pat šiame straipsnyje (Levulytė *et al.* 2016) pateikiama motociklo išilginio lėtėjimo analizė, motociklo stabdymo režimų įtaką, motociklo lėtėjimui.

Atliktas motociklo sistemos tyrimas (Huang *et al.* 2010), naudojant hidraulinį moduliatorių ir valdiklį. Bandymams panaudotas valdiklis, pagal judančio motociklo greitį, kontroliuoja hidraulinį moduliatorių, tam kad apskaičiuoti ratų slydimo santykį realiu laiku. Motociklo ABS bandoma keliuose prie skirtingų pradinių stabdymo greičių, skirtingos kelio dangos, esant skirtingiems sukibimo koeficientams. Bandymo metu (Huang *et al.* 2010) nustatyta, kad hidraulinis moduliatorius ir valdiklis gali išlaikyti slydimo koeficientą 0,2 prie skirtingų stabdymo greičių arba skirtingų sukibimo koeficientų. Palyginus bandymo metu gautus rezultatus su modeliavimo rezultatais nustatyta, kad rezultatai sutampa su realiais. Remiantis eksperimentiniais ir modeliavimo rezultatais [1], nustatyta, kad prie užduotų greičių, su numatyta ABS, stabdymo metu, motociklas saugiai juda tiek drėgna, tiek sausa kelio danga.

Daugelyje tyrimų autoriai (Levulytė *et al.* 2016, Huang *et al.* 2010) daro prielaidą, kad motociklas stabdo tiesiaja. Tačiau dažnai straipsniuose autoriai (Huang *et al.* 2011, Edge *et al.* 2007) nagrinėja motociklo su stabdžių antiblokavimo sistema (ABS) dinamika, motociklui pasvirus posūkiuose. Tam, kad neužsiblokuotu motociklo ratai, stabdymo metu, valdiklis analizuoja priekinių ir galinių ratų stabdžių jutiklių slėgio ir kampinio pagreičio reikšmes bei motociklo pasvirimo kampą ir šoninį pagreitį. Matematinė motociklo judėjimo lygtis yra pagrįsta Weiro (Huang *et al.* 2011) lygtimi. Sukurtame motociklo dinaminiame modelyje (Huang *et al.* 2011) panaudoti ABS moduliatoriaus, padangos ir valdiklio matematiniai modeliai.

Siekiant pagerinti motociklininko saugumą, straipsnyje (Subburaj 2017) autoriai pateikia palyginimus motociklų stabdžių hidraulinės sistemos konstrukcijų, naudojamų skysčių ir dujų sudėties. straipsnyje analizuojami ir lyginami tarpusavyje (Subburaj 2017) skirtingi stabdžių sistemos ABS integralai (angl. Motorcycle Integral Brake System (MIB)) ir jų grandinės.

Kuriamos įvairios elektrinės traukos transporto priemonės, kurios netrukus taps alternatyva transporto priemonėms su įprastinėmis traukos sistemomis. Elektrinio transporto privalumas yra tai, kad elektros varikliai efektyvesni, palyginus su degimo varikliais, o teršalų kiekiai ir triukšmo lygiai yra žymiai mažesni. Trūkumai yra neefektyvios energijos saugojimo sistemos, pernelyg ilgas baterijos įkrovimo laikas. Dėl šių priežasčių nukenčia elektrinių transporto priemonių autonomija, t.y. ji tampa mažesne. Kai kurių elektrinių motociklų stabdymo sistemos yra suprojektuotos taip, kad stabdant galinis ratas neslystų, bet neatsižvelgta į tai, kokia yra kelio būklė. Šios sistemos nepanaudoja viso galingumo, nes stabdymo metu svarbesnė yra sauga. Sukurtas fizinis-loginis algoritmas (Aguilar *et al.* 2017), skirtas atkurti didžiausią energijos kiekį stabdymo procesuose, išlaikant transporto priemonės stabilumą, taip pat atkurti maksimalią stabdymo jėgą, nepakenkiant galinio rato slydimui ir saugumui.

Straipsnyje (Lu *et al.* 2005) pateikiamas motociklo hidraulinės stabdžių antiblokavimo sistemos modelis ir jo matematinė analizė. Suprojektuotas ir išbandytas stabdžių impulsų moduliatorius (angl. Pulse-Width - Modulated (PWM)), stabdžių slėgio reguliatorius, pagrįstas transporto priemonės pagreičiu.

Siekiant patikrinti valdiklio ir modulatoriaus veikimą, imamas trijų etapų kelio dangos ir galinio rato stabdžio bandymas. Eksperimentiniai rezultatai (Lu *et al.* 2005) parodė, kad valdiklis ir hidraulinis modulatorius, sukurti tyrimo metu, gerai veikia stabdžių antiblokavimo sistemoje.

Tiriant ABS dažniausiai atliekamas rato ir kelio tyrimas, nustatant rato slydimą ir slydimo koeficientą (Ozdalyan, 2008, Pacejka, 2002, Sharp *et al.* 2003). Slydimo koeficientas yra:

$$\mu a = \frac{(v_m - v_R)}{v_m}, \quad (1)$$

čia v_m yra transporto priemonės greitis, v_R rato greitis.

Tyrimas (Pacejka, 2002) parodė, kad kai slydimo koeficientas yra 8-30% ribose, transporto priemonę dar galima valdyti, nes šoninis ir išilginis sukibimo koeficientai yra pakankamai dideli.

Atliktas motociklo hidraulinės stabdžių antiblokavimo sistemos tyrimas.

Tyrimo objektas yra motociklo ABS sistemos tyrimas.

Šio straipsnio tikslas atlikti motociklo hidraulinės stabdžių antiblokavimo sistemos (ABS) slėgio tyrimą.

Tiksliui pasiekti suformuluoti šie **uždaviniai**:

- 1) atlikti tiriamo motociklo ABS sistemos konstrukcijos tyrimą ir veikimo principą;
- 2) atlikti stabdžių skysčio slėgio, motociklo ABS sistemos hidraulinėje dalyje, diagnostiką;
- 3) atlikti stabdžių skysčio slėgio motociklo ABS sistemos moduliatoriuje skaitinį tyrimą.

ABS sistemai tirti **naudoti** eksperimentiniai ir skaitiniai **metodai**. Eksperimentiniai metodai atlikti naudojant diagnostinę įrangą. Skaitiniam tyrimui ir rezultatų apdorojimui buvo naudojamos įvairios kompiuterinės programos. Taip pat, nagrinėjama tema buvo atlikta Lietuvos ir užsienio šalių autorių mokslinės literatūros apžvalga.

Tiriamąjo motociklo stabdžių antiblokavimo sistemos (ABS) konstrukcija ir veikimo principas

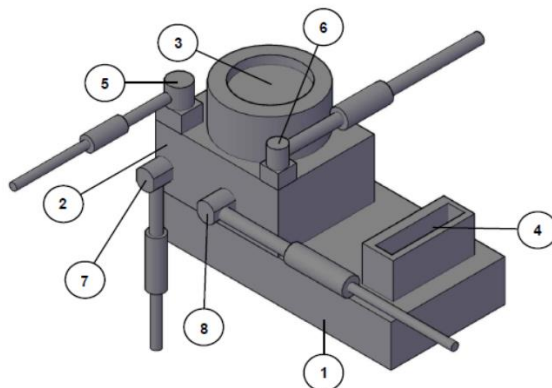
Nagrinėjamo motociklo ABS integralas sudarytas iš: ABS valdymo bloko (ECU), elektrinio siurblio variklio, hidraulinio mazgo (HCU), prijungimo jungties, priekinio ir galinio ratų valdymo elektrinės ir hidraulinės grandinės jungčių. ABS integralas yra pritaikytas specialiems motociklo reikalavimams ir funkcijoms. Nagrinėjamame BMW motocikle ABS sistema yra 2 kanalų, skirtų, atskirai priekiniam ir galiniam ratams (1 pav.).



1 pav. Motociklas BMW R1200 GS

Stabdžių antiblokavimo sistema (ABS) apsaugo ratus nuo slydimo. Jei valdymo blokas nustato rato blokavimą, stabdžių hidrauliniam įrenginyje reikia sureguliuoti slėgį. Tam, pirmiausia, uždaromas įsiurbimo vožtuvas, kad stabdžių slėgis negalėtų plėstis. Elektroninis valdymo blokas (ECU) skaičiuoja rato greitį pagal

rato greičio daviklių impulsų kiekį. Kiekvienas ratų greičio pokytis yra lyginamas su pradine verte. Slėgio jutiklis yra nuolat stebimas ir jo būklės parametrai siunčiami per CAN magistralę.



2 pav. Motociklo ABS integralo bendrinė sandara:

1 - ABS valdymo blokas (ECU); 2 - hidraulinis valdymo blokas (HCU); 3 - elektrinio siurblio variklis; 4 - prijungimo jungtis; 5 – priekinio rato stabdžių sistemos valdymo jungtis; 6 – galinio rato stabdžių sistemos valdymo jungtis; 7 – priekinio rato stabdžių linijos jungtis; 8 – galinio rato stabdžių linijos jungtis

ABS hidraulinis valdymo blokas (HCU) atlieka (2 pav.) hidraulinių valdymo procesą. Hidrauliniam įrenginyje yra valdymo vožtuvai, slėgio jutikliai, slėgio akumulatoriai ir stūmokliai. Priekinio ir galinio rato stabdžių sistemos linijos yra sujungtos su HCU.

Elektrinio siurblio variklio (2 pav.) greitis yra kontroliuojamas ABS valdymo bloko pagal esamą stabdymo jėgą. Dviejų stūmoklių siurblys naudojamas kaip grąžinimo siurblys. ABS valdymo sistema, stabdant, reguliuoja įėjimo vožtuvą, atidarymą ir uždarymą. ABS valdymo sistema didėjant slėgiui atidaro įėjimo vožtuvus, o kitose padėtyse uždaro. Išleidimo vožtuvai uždaryti, esant normaliam stabdymui ir yra atidaryti ABS valdymo operacijoje. Papildomas vožtuvas yra galinėje stabdžių sistemoje tarp stabdžių cilindro ir dviejų stūmoklių siurblio ir būna atidarytas kai išjungiamą įtampa. Stabdant stabdžių vožtuvas yra uždarytas ir neleidžia stabdžių skysčiui patekti į stabdžių cilindrą ir iš jo. Norint sumažinti slėgį, stabdymo metu ši vožtuvą galima atidaryti ar uždaryti bet kurioje padėtyje. Perjungimo vožtuvas yra galinėje stabdžių sistemoje tarp plėtimosi bako ir dviejų siurblio stūmoklių (įsiurbimo pusė) ir yra uždarytas išjungus degimą. Stabdymo pradžioje, stabdžių vožtuvas yra atidarytas. Spyruokliniai slėgio akumulatoriai yra ant hidraulinio siurblio įleidimo pusės. Kiekvienoje stabdžių sistemos pusėje po hidrauliniu siurbliu, yra išdėstytos slėgio mažinimo kameros.

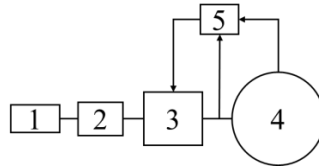
Tiriamąjį motociklo ABS sistemoje yra suprojektuoti vidiniai slėgio jutikliai, skirti kontroliuoti slėgį. Hidraulinio valdymo bloko slėgio jutikliai yra sumontuoti ABS integrale (du elektroniniai slėgio jutikliai sumontuoti slėgio valdymo kontūre). Vienas integruotas jutiklis, stebintis slėgį ratų stabdžių grandinėje, įmontuotas į rato jungtį. O siekiant dar labiau pagerinti ABS kontrolės kokybę ir matavimą, tiriamąjį BMW motociklo antiblokavimo sistemoje, ratų stabdžių sistemoje įmontuoti slėgio jutikliai ir žiediniai sensoriai. Rato greičio jutikliai pagal sensorinio žiedo gradacijas fiksuoja rato greitį impulsais. Slėgio jutikliai veikia pagal pjezoizoliacinį principą, t.y. dėl slėgio pokyčių sistemoje atsiranda elektrinis pasipriešinimas. Kiekviename jutiklio bloke yra temperatūros jutiklis, skirtas stebėti valdymo bloką.

Elektroniniame valdymo bloke (ECU) slėgio informacija naudojama visoms ABS ir integruotoms valdymo operacijoms. Naudojami slėgio jutikliai yra dvigubi. Juose yra slėgio signalo išėjimas (P1) ir slėgio / temperatūros signalo išėjimas (P2T). Signalas P1 išėjimas visada rodo esamą slėgį, o signalas P2T pateikia kompleksinį signalą, kurį sudaro antrasis slėgio signalas (P2) ir temperatūros signalas (T). Slėgio jutiklių matavimo riba iki 190 barų. Temperatūra matuojama diapazone nuo -40 °C iki 125 °C. Jutiklyje yra integruota grandinė, skirta atskirtiems dviejų signalų rodmenų apdorojimui.

Stabdžių žibinto įjungimą, ABS valdymo blokas nustato kaip stabdymo užduotį per slėgio jutiklių sistemą ir siunčia informaciją apie stabdžių šviesos įjungimą į CAN-BUS liniją. Jei sugedo slėgio jutiklis, stabdžių šviesos jungiklio signalas nustatomas transporto priemonės lėtėjimu arba stabdžių šviesa šviečia nuolat.

Kai aktyvuojami stabdžiai, hidraulinis siurblys pradeda tiekti stabdžių skystį į hidraulinę sistemą. Reikalingą sistemos slėgį reguliuoja ABS modulatorius. Reguluojamas stabdžių skystis yra siunčiamas į stabdžių cilindrą. Kai ratas užsifiksuoja, hidraulinio modulatoriaus valdiklis sumažina stabdžių skysčio slėgį sistemoje. O kai stabdžių skysčio slėgis yra nepakankamas, hidraulinio modulatoriaus valdiklis nurodo

hidrauliam moduliatoriui skysčio kiekį sistemoje padidinti. Supaprastinta ABS sistemos schema pateikta 3 paveiksle.

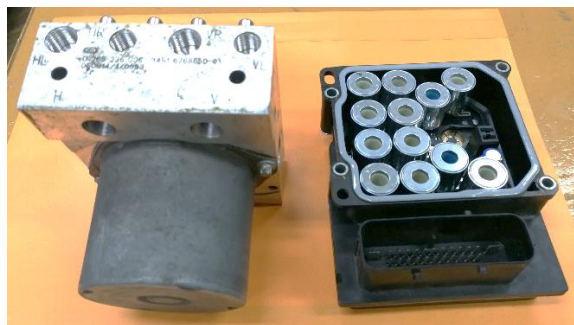


3 pav. Supaprastinta ABS schema:

1 - stabdžių rankena, 2 - stabdžių pompa, 3 - ABS moduliatorius, 4 – rato jutiklis ir žiediniai sensoriai, 5 - valdiklis

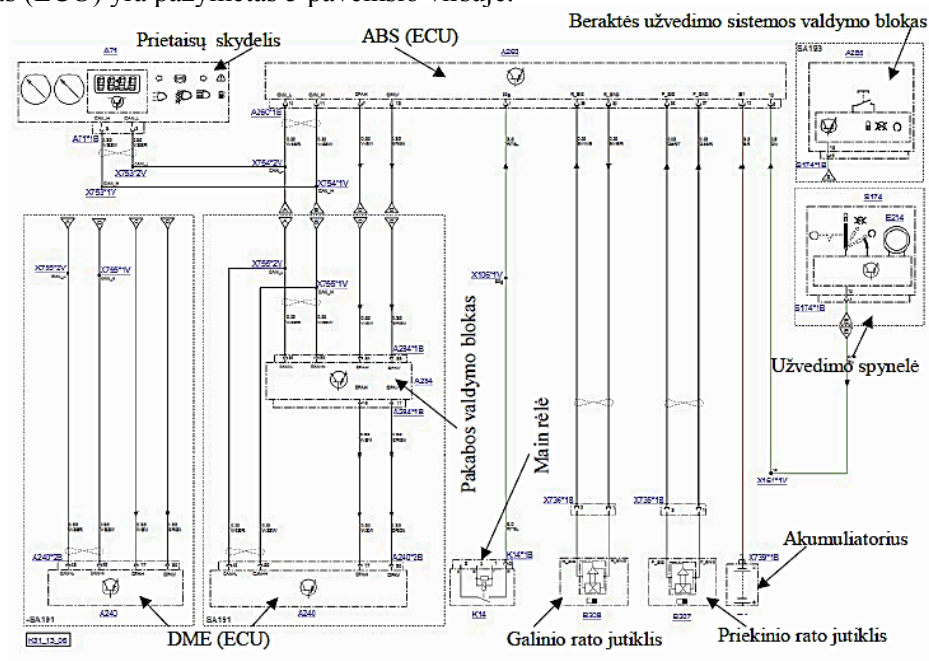
Reguliuojamas stabdžių skystis yra siunčiama į stabdžių kaladėles. Kai stabdant ratas blokuojasi, hidraulinio moduliatoriaus valdiklis sumažina stabdžių skysčio slėgį sistemoje. O kai stabdžių skysčio slėgio reišmė yra maža (nepakankama), valdiklis nurodo padidinti skysčio kiekį hidraulinėje sistemoje.

Vidinei sandarai nustatyti buvo išardytas realus motociklo ABS integralas. Paveiksle 4 parodytas išardytas į dvi dalis (1 dalis - hidraulinė su elektriniu varikliu; 2 dalis - elektroninė su prijungimo jungtimi) stabdžių antiblokavimo (ABS) įrenginys (integralas).



4 pav. Išardytas stabdžių antiblokavimo ABS integralas

Paveiksle 5 pateikta tiriamojo motociklo ABS sistemos elektrinė valdymo - komunikavimo schema. ABS valdymo blokas (ECU) yra pažymėtas 5 paveikslo viršuje.



5 pav. Motociklo ABS integralo elektrinė valdymo - komunikavimo schema

Šaltinis: diagnostinės programos ekrano parodymai su autorių komentarais, žymėjimų paaiškinimais

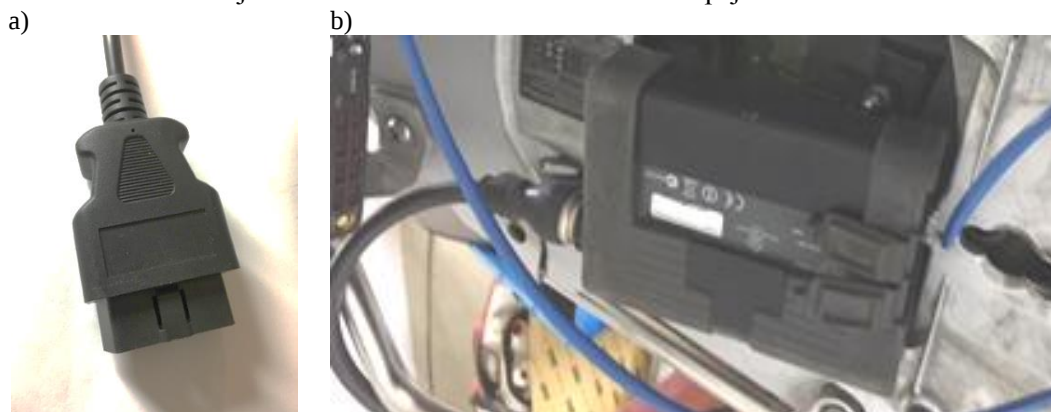
Motociklo ABS hidraulinės sistemos slėgio tyrimas

Motociklo ABS hidraulinės sistemos slėgio tyrimas su diagnostine įranga

Motociklo pagrindinės techninės charakteristikos: 81 kW galios benzininis keturtaktis variklis, kurio sukimo momentas sudaro 120 Nm, 6 pakopų mechaninė pavarų dėžė. Ratų diskai: priekinio rato - 0,4826 m

aukščio, galinio - 0,48318 m. Stabdžių sistema yra sudaryta iš dviejų 0,3048 m aukščio diskų priekyje ir 0,2641 m aukščio galinio stabdžių disko.

Prie motociklo BMW R1200 GS per OBD-2 jungtį pajungta diagnostika. OBD-2 jungties pajungimas prie motociklo parodytas 6 paveiksle. Įjungiamas motociklo BMW R1200 GS degimas. Skydelyje nuolat mirkčioja ABS. ABS mirkčioja iki tol kol motociklas bus užvestas ir pajudės iš vietos.



6 pav. ABS sistemos diagnostika: a) OBD-2 jungtis; b) OBD-2 jungties pajungimas prie motociklo valdymo bloko (ECU) ir diagnostikos įrenginio

Kompiuterio monitoriuje atsiranda programos RHEINGOLD pranešimas apie diagnostikos ir motociklo komunikaciją. Taip pat nurodomi pagrindiniai motociklo duomenys (kėbulo numeris (VIN), serija, modelis, variklio tipas, gamybos metai). Programoje, valdymo blokų sąrašė (Control unit list) pasirenkami ABS bloko funkcija „Slėgio parametrų nuskaitymas“ (Pressure readings), gaunami parametrai, esant neužvestam motociklo varikliui (7 a pav.) ir nuspaudus vienos pusės stabdžių rankeną (7 b pav.)

a)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ECU function</th><th>Function and status information</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ABS: Version coding</td><td>1 Read status</td></tr> <tr> <td>Battery voltage</td><td>Function: Pressure, wheel circuit, rear</td></tr> <tr> <td>Brake status</td><td>Status: 0.30 bar</td></tr> <tr> <td>Control unit status</td><td>Function: Pressure, wheel circuit, front</td></tr> <tr> <td>Pressure readings</td><td>Status: 0.70 bar</td></tr> <tr> <td>Wheel speed</td><td>Function: Pressure, control circuit, rear</td></tr> <tr> <td></td><td>Status: 0.20 bar</td></tr> <tr> <td></td><td>Function: Pressure, control circuit, front</td></tr> <tr> <td></td><td>Status: 0.00 bar</td></tr> </tbody> </table>	ECU function	Function and status information	ABS: Version coding	1 Read status	Battery voltage	Function: Pressure, wheel circuit, rear	Brake status	Status: 0.30 bar	Control unit status	Function: Pressure, wheel circuit, front	Pressure readings	Status: 0.70 bar	Wheel speed	Function: Pressure, control circuit, rear		Status: 0.20 bar		Function: Pressure, control circuit, front		Status: 0.00 bar
ECU function	Function and status information																				
ABS: Version coding	1 Read status																				
Battery voltage	Function: Pressure, wheel circuit, rear																				
Brake status	Status: 0.30 bar																				
Control unit status	Function: Pressure, wheel circuit, front																				
Pressure readings	Status: 0.70 bar																				
Wheel speed	Function: Pressure, control circuit, rear																				
	Status: 0.20 bar																				
	Function: Pressure, control circuit, front																				
	Status: 0.00 bar																				
b)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ECU function</th><th>Function and status information</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ABS: Version coding</td><td>1 Read status</td></tr> <tr> <td>Battery voltage</td><td>Function: Pressure, wheel circuit, rear</td></tr> <tr> <td>Brake status</td><td>Status: 0.30 bar</td></tr> <tr> <td>Control unit status</td><td>Function: Pressure, wheel circuit, front</td></tr> <tr> <td>Pressure readings</td><td>Status: 23.80 bar</td></tr> <tr> <td>Wheel speed</td><td>Function: Pressure, control circuit, rear</td></tr> <tr> <td></td><td>Status: 0.20 bar</td></tr> <tr> <td></td><td>Function: Pressure, control circuit, front</td></tr> <tr> <td></td><td>Status: 23.10 bar</td></tr> </tbody> </table>	ECU function	Function and status information	ABS: Version coding	1 Read status	Battery voltage	Function: Pressure, wheel circuit, rear	Brake status	Status: 0.30 bar	Control unit status	Function: Pressure, wheel circuit, front	Pressure readings	Status: 23.80 bar	Wheel speed	Function: Pressure, control circuit, rear		Status: 0.20 bar		Function: Pressure, control circuit, front		Status: 23.10 bar
ECU function	Function and status information																				
ABS: Version coding	1 Read status																				
Battery voltage	Function: Pressure, wheel circuit, rear																				
Brake status	Status: 0.30 bar																				
Control unit status	Function: Pressure, wheel circuit, front																				
Pressure readings	Status: 23.80 bar																				
Wheel speed	Function: Pressure, control circuit, rear																				
	Status: 0.20 bar																				
	Function: Pressure, control circuit, front																				
	Status: 23.10 bar																				

7 pav. Programos parodymai, esant neužvestam motociklo varikliui:

a) nenuspaudus stabdžių rankenos; b) nuspaudus stabdžių rankeną

Šaltinis: diagnostinės programos parodymai

Nustatyta, kad slėgiai galinio rato stabdžių jutiklių ir priekinio rato jutiklių yra nevienodi. Galinio rato jutiklio slėgio reikšmės išliko tokios pat kaip ir prieš tai (žr. 7 paveikslą), nes buvo nuspaušta tik dešinės pusės stabdžių rankena. Po stabdžių rankenos nuspaudimo, priekinio rato kairės pusės jutiklyje slėgio reikšmė pakilo nuo 70 kPa iki 238 kPa, o priekinio rato dešinės pusės – iki 231 kPa.

Motociklo ABS sistemos modulatoriaus stabdžių skysčio slėgio skaičiavimas

ABS sistemos modeliavimas, imituojant slėgio parametrų kitimą laike, leidžia plačiau ją analizuoti. Nustatomas stabdžių skysčio srautas hidrauliniame moduliatoriuje (Huang *et al.* 2010):

$$Q_i = C_i \cdot A_i \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_i - p_{i+1})}, \quad (2)$$

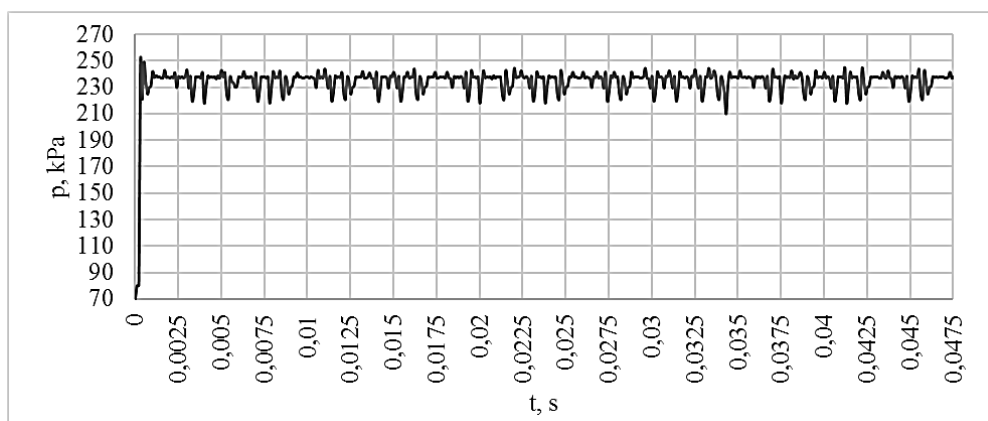
čia p_i - stabdžių skysčio slėgis skaičiuojamajame taške i ; A_i - skerspjūvio plotas; C_i - stabdžių skysčio išleidimo koeficientas; ρ - stabdžių skysčio tankis.

Hidraulinio modulatoriaus slėgio išvestinė (Huang *et al.* 2010):

$$Q_i - Q_{i+1} = \frac{V_i}{\beta_e} \cdot \frac{dp_i}{dt}, \quad (3)$$

čia V_i - stabdžių skysčio tūris skaičiuojamajame taške i ; β_e - elastingumo modulis; t – laikas.

Slėgio p hidrauliniame ABS moduliatoriuje priklausomybė nuo laiko t , kai motociklo judėjimo greitis yra $v = 0$ km/val, motociklo svoris 229 kg, laiko integravimo žingsnis 10^{-5} pavaizduota 8 paveiksle.



8 pav. Slėgio p hidrauliniame ABS moduliatoriuje priklausomybė nuo laiko t

Nustatyta, kad laiko tarpe nuo 0 s iki 0,0475 s, hidrauliniame ABS moduliatoriuje, kai motociklo judėjimo greitis yra $v = 0$ km/val, vidutinis slėgis (8 pav.) yra apie 239,7 kPa. Palyginus diagnostinio įrenginio gautus slėgio reikšmę (238 kPa) su skaičiuojamąja, gauti apytiksliai vienodi rezultatai (239,7 kPa).

Išvados

1. Atlikta tiriamojo motociklo hidraulinės stabdžių antiblokavimo sistemos (ABS) mokslinių darbų analizė.
2. Atliktas tiriamojo motociklo hidraulinės stabdžių antiblokavimo sistemos (ABS) konstrukcijos tyrimas.
3. Nustatyta, kad priekinio rato kairės pusės jutiklio slėgio parodymų reikšmė pakilo nuo 70 kPa iki 238 kPa, o priekinio rato dešinės pusės – iki 231 kPa.
4. Nustatyta, kad vidutinis slėgis hidrauliniame ABS moduliatoriuje, kai motociklo judėjimo greitis yra $v = 0$ km/val, tai vidutinis slėgis yra $p_{vid} \approx 240$ kPa, o tai - apytiksliai vienodi rezultatai palyginus su diagnostinės įrangos gautais rezultatais.

Literatūra

1. Aguilar, J. J. C., Fernández, J. P., García, J. M. V., Carrillo, J. A. C. 2017. Regenerative Intelligent Brake Control for Electric Motorcycles, *Energies* 10(10): 1648. DOI:10.3390/en10101648.
2. Huang C. K., Shih, M. C. 2011. Dynamic analysis and control of an anti-lock brake system for a motorcycle with a camber angle, *Vehicle System Dynamics. International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility* 49(4): 639-656. DOI:10.1080/00423111003663568.
3. Huang, C. K., Shih, M. C. 2010. Design of a hydraulic anti-lock braking system (ABS) for a motorcycle, *Journal of Mechanical Science and Technology* 24(5): 1141-1149. DOI:10.1007/s12206-010-0320-9.
4. Levulytė, L., Venckus, V., Jermolajavas, R., Levulis T. 2016 Research of Motorcycle Braking Parameters, *Science – Future of Lithuania / Mokslas – Lietuvos Ateitis* 8(5): 519–525. DOI:10.3846/mla.2016.968.
5. Lu, C.Y., Shih, M. C. 2005. Design of a hydraulic anti-lock braking modulator and an intelligent brake pressure controller for a light motorcycle. *Vehicle System Dynamics. International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility* 43(3): 217-232. DOI:10.1080/00423110412331282878.

6. Subburaj, R. 2017. Hydraulic System for Motor Cycle – A Review . *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* VI (Jan. - Feb. 2017) 14(1): 71-75. DOI: 10.9790/1684-1401067175.
7. Ozdalyan, B. 2008. Development of A Slip Control Anti-lock Braking System, *International Journal of Automotive Technology* 9(1): 71-80.
8. Pacejka, H. B. 2002. Tire and Vehicle Dynamics, *Society of Automotive Engineers*, Netherlands.
9. Sharp, R. S., Bettella, M. 2003. Tyre shear force and moment description by normalization of parameters and the magic formula, *Vehicle System dynamics*, 39 (1): 27-56.
10. Edge, C., Yeh, P., Roan, G.K., Yun, H. 2007. Development of an Anti-Lock Brake System for Motorcycle, *Vehicle System Dynamics International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility* 24(4-5): 427-444. DOI:10.1080/00423119508969102

RESEARCH OF HYDRAULIC MODULATOR PRESSURE OF MOTOCYCLE ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM (ABS)

Summary

While the information technologies are evolving and improving, by enlarging the safety of motorcycle drivers and other traffic participants, a large amount of attention is dedicated to improvement of anti-lock braking system and installing it into motorcycles. In a dangerous situation anti-lock braking system (ABS) which is installed in a motorcycle, shortens the length of stopping and ensures the stability of stopping. In this article, the analysis of scientific articles of motorcycle anti-lock braking system is being introduced. It is also examined the construction and working principle of the motorcycle which is being analysed. Research of motorcycle anti-lock braking system is made with diagnosis equipment while motorcycles engine is not turned on, while only the ignition is on, while pushing the brake handle and when nothing is being done. It is also established the time changing in hydraulic modulator pressure of motorcycle anti-lock braking system. The medium meanings of pressure is compared between themselves.

Key words: Motorcycle, Anti-lock braking system, pressure, hydraulic, modulator.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas pavardė: Rasa Žygienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto dinamika, transporto elektros sistemos, geležinkelio transportas.

Telefonas ir el. pašto adresas: rasa.zygienne@edu.ktk.lt.

Autoriaus vardas pavardė: Arnoldas Kumža.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto dinamika, transporto elektros sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: arnoldas.kumza@edu.ktk.lt.

Autoriaus vardas pavardė: Rūta Jančaitė.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, studentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto dinamika, transporto elektros sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: zygairut@edu.ktk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Rasa Zygiene.

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associate professor.

Author's research interests: transport dynamic, transport electric system, railway transport.

Telephone and e-mail address: rasa.zygiene@edu.ktk.lt.

Author name, surname: Arnoldas Kumza.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, student.

Author's research interests: transport dynamic, transport electric system.

Telephone and e-mail address: arnoldas.kumza@edu.ktk.lt.

Author name, surname: Ruta Jancaite.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, student.

Author's research interests: transport dynamic, transport electric system.

Telephone and e-mail address: zygairut@edu.ktk.lt.

BIODYZELINO NAUDOJIMO GALIMYBĖS IR PERSPEKTYVOS LIETUVOJE

Alfredas Rimkus, Kristina Čižiūnienė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Lietuvos laukia nauji iššūkiai siekiant, kad iki 2020 metų biodegalai sudarytų ne mažiau kaip 10 % bendros energijos suvartojimo transporto sektoriuje. Siekiant šių rezultatų, labai svarbu palankios teisinė, ekonominė, socialinė, technologinė, bei aplinkosauginė aplinkos, kurios turi būti palankios ir skatinančios, bei užtikrinančios biodegalų gamybą ir platinimą Lietuvos rinkoje. Šiame straipsnyje analizuojami Lietuvos Respublikos įstatymai ir Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos dėl biodegalų ir atsinaujinančių degalų naudojimo transporto sektoriuje skatinimo. Taip pat pateikti aplinkos taršos mokesčių skaičiavimo rezultatai, panaudojant gryną mineralinį dyzeliną, bei vertinamos II kartos biodyzelino *NExBTL* degalų gamybos išlaidos.

Reikšminiai žodžiai: biodyzelinas, taršos mokesčiai, degalų gamybos išlaidos.

Įvadas

2004 metų vasario 5 d. Lietuvos Respublikos Seimas priėmė Lietuvos Respublikos biokuro įstatymo, tuo metu naują redakciją, kurioje skatinama biokuro, biodegalų ir bioalyvų gamyba bei naudojimas. Pažymėtina, kad pagal 2003 m. gegužės 8 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2003/30/EB dėl biodegalų ir kitų atsinaujinančių degalų naudojimo transporte skatinimo, Lietuvoje iki 2005 m. gruodžio 31 d. biodegalai turėjo sudaryti ne mažiau kaip 2 % (tai yra apie 20 tūkst. tonų biodegalų), skaičiuojamus nuo bendro šalies rinkoje esančio benzino ir dyzelino, skirto transportui, energijos kiekio. Tačiau 2012 m. sausio 1 d. ši direktyva buvo panaikinta, nes jos nuostatos sutapo su 2009 m. balandžio 23 d. priimtu tesės aktu 2009/28/EB, dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją. Pagal šią direktyvą Lietuvoje iki 2020 m. biodegalai turi sudaryti ne mažiau kaip 10 % bendro energijos suvartojimo transporto sektoriuje.

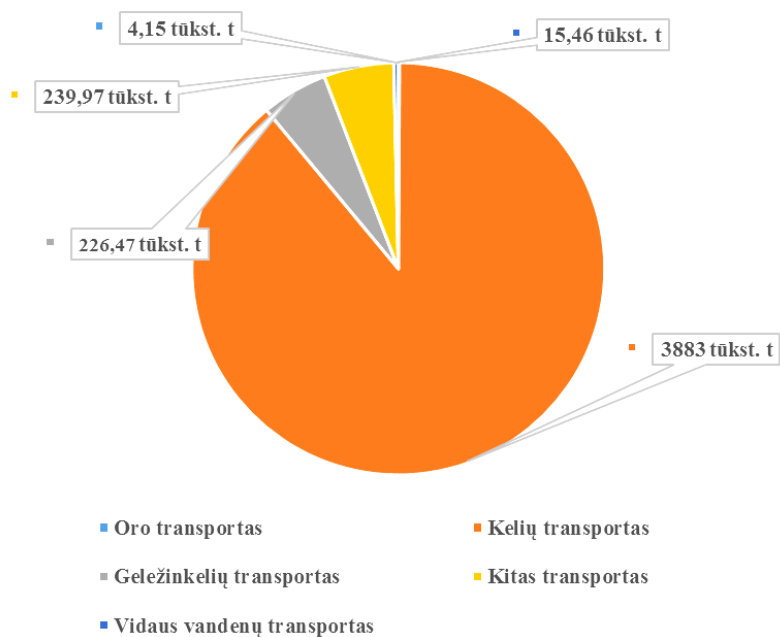
Lietuvos biodegalų gamintojai yra pajėgūs gaminti pirmos kartos biodegalus, tačiau susiduriama su jų realizavimo problemomis. Mažeikių įmonės *Rapsoila* gaminamo biodyzelino *Lukoil* tinkle pavyko parduoti vos 500 tonų, o įmonė pajėgi per metus pagaminti 10 tūkst. tonų šių degalų. Pagrindinė problema yra ta, kad pirmos kartos degalai turi neigiamą poveikį variklio efektyvumui, jei yra naudojamas didesnis jo kiekis. Didesnę kaip 7 % I kartos biodyzelino koncentraciją degaluose riboja ir automobilių gamintojai, teigdami kad šis biodyzelinas neigiamai veikia maitinimo sistemos elementus. Šią problemą išsprendė *Neste Oil* įmonė, savo laboratorijoje sukūrusi II kartos biodyzeliną, pavadintą *NExBTL*. Šių degalų sukūrimas padėjo realizuoti aplinkos apsaugos keliamus reikalavimus išmetamųjų dujų emisijai mažinti, nesukeliant neigiamo poveikio variklio detalėms.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti biodyzelino naudojimo galimybes ir perspektyvas Lietuvoje.

Transporto sektoriaus aplinkos taršos analizė

Transporto sektorius Lietuvoje vidutiniškai išskiria 4.365 tūkstančius tonų pavojingų teršalų per metus (žr. 1 pav.). Automobilių transportas per metus vidutiniškai į aplinką išmeta 3883 tūkstančius tonų teršalų (Aplinkos apsaugos tarnyba 2016). O tai sudaro 88 % viso Lietuvos transporto sektoriaus išmetamų teršalų kiekio.

Šie skaičiai – tai rimtas signalas, verčiantis susirūpinti aplinkos tarša ir jos keliamu neigiamu poveikiu žmonijai. Vertinant tai, kad iškastinio kuro suvartojimas nemažėja, o netolimoje ateityje šio kuro žaliavų kiekiai ženkliai mažės, reikia jau šiandien pradėti ne tik galvoti apie galimas alternatyvas, bet ir ieškoti galimų sprendimų būdų, ne tik globaliu mastu, bet ir tokiose šalyse kaip Lietuva. Viena iš tokių alternatyvų – biodyzelino, tame tarpe ir II kartos, intensyvesnis naudojimas transporto sektoriuje. Tačiau reikia nepamiršti, kad biodyzelino savybės vertinamos visa eile rodiklių, kurių vertę nustato standartai. 2003 m. buvo patvirtintas Europos standartas EN 14214, kurį ES šalys perėmė kaip nacionalinius standartus ar pakeitė bei papildė savo nacionalinius standartus Europos standarto reikalavimais. Minėtas Europos standartas 2004 m. buvo perimtas ir kaip Lietuvos nacionalinis standartas LST EN 14214:2004. 2012 metais šis standartas buvo pakeistas, o 2014 metais papildytas, todėl reikia vadovautis LST EN 14214:2012+A1:2014 standarte pateiktais kokybės reikalavimais. Jie yra privalomi Lietuvos biodyzelino gamintojams ir importuotojams. Standarto privalomumas nurodytas ir ES norminiuose dokumentuose.



1 pav. Lietuvos transporto sektoriaus vidutinis išmetamų teršalų kiekis per metus
Šaltinis: Lietuvos aplinkos apsaugos tarnyba 2016

Kadangi biodyzelinas yra maišomas su mineraliniu dyzelinu ir šis mišinys yra alternatyva dyzelinui, todėl jis turi atitikti mineralinių degalų standartą EN 590:2014. Kitu atveju, jeigu neatitiks standartų ir nebus užtikrinamas taršos mažinimas, bus mokami didesni aplinkos taršos mokesčiai.

Aplinkos taršos mokesčiai ir jų apskaičiavimas

Šiuo metu už aplinkos taršą moka įmonės, kurios vykdo ūkinę, komercinę veiklą ir teršia aplinką iš eksploatuojamų mobilių taršos šaltinių. Mobiliais taršos šaltiniais laikomos motorinės transporto priemonės ir kiti judantys mechanizmai, naudojančius degalus. Motorine transporto priemone laikomi įrenginiai, skirti žmonėms ir (arba) kroviniams vežti. Ši sąvoka apima ir traktorius bei savaeigės mašinos. Mobiliais taršos šaltiniais laikomi ir įvairių tipų laivai – vidaus vandenų, žvejybos, mažieji, pramoginiai, sportiniai ir asmeniniai (www.am.lt). Tačiau nuo šio mokesčio atleidžiami asmenys, kurių transporto priemonėse įrengtos ir veikia išmetamųjų dujų neutralizavimo sistemos.

Mokant mokesčius yra taikomi įvairūs tarifai bei koeficientai. Mokesčio tarifas yra indeksuojamas taikant mokestinio laikotarpio indeksavimo koeficientą. Mokant mokestį už taršą iš mobilių taršos šaltinių už 2016 m., taikomas indeksavimo koeficientas - 1,137. Jei mokesčio mokėtojas nežino tikslaus koeficiento, kaip perskaičiuoti litrus į tonas, jis gali pasinaudoti vidutiniu perskaičiavimo koeficientu, kuris yra patvirtintas Statistikos departamento prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės generalinio direktoriaus 2006 m. lapkričio 24 d. įsakymu Nr. DĮ-226 (Žin., 2006, Nr. 131-4977). Šiuo įsakymu yra nustatyti tokie perskaičiavimo koeficientai. Benzino litrus verčiant į tonas taikomas koeficientas 0,75, dyzeliną – 0,84 ir suskystintas naftos dujas – 0,54.

1 lentelė

Mokesčio už aplinkos taršą iš mobilių taršos šaltinių tarifai

Transporto priemonės	Degalų rūšis arba ciklas	Mokesčio tarifai, Eur/t (už ciklą)
Kelių transporto priemonės ir kiti ne keliais judantys mechanizmai su vidaus degimo varikliais (motorais)	benzinas	7
	dyzelinas	8
	suskystintos naftos dujos	7
	suslėgtos gamtinės dujos	6
Geležinkelių transporto priemonės	dyzelinas	9
Oro transporto priemonės	už vieną pakilimo ir nusileidimo ciklą	1,7

Šaltinis: Lietuvos aplinkos ministerija 2016

Mokestis už aplinkos taršą iš mobilių taršos šaltinių yra apskaičiuojamas ir mokamas už mokesčio mokėtojo mobiliuose taršos šaltiniuose Lietuvos Respublikoje per mokestinį laikotarpį sunaudotą degalų kiekį tonomis.

Mokėtinas mokestis už aplinkos taršą iš mobilių taršos šaltinių, išskyrus lėktuvus, apskaičiuojamas:

$$M = Q \cdot T \cdot I \cdot k \quad (1)$$

čia: M – mokėtinas mokestis už aplinkos taršą iš mobilių taršos šaltinių (Eur); Q – mobiliuose taršos šaltiniuose Lietuvos Respublikoje per mokestinį laikotarpį sunaudotas atitinkamos rūšies degalų kiekis (t), įskaitant ir užsienyje įsigytus, bet Lietuvoje sunaudotus degalus. Tuo atveju, kai degalų kiekio apskaita vykdoma tūrio vienetais – (litrais), kiekis iš tūrio vienetų į masės vienetus perskaičiuojamas taikant perskaičiavimo koeficientą, kuris yra nustatomas pagal gamintojo kokybės pažymėjime (sertifikate arba pase) nurodytą degalų tankį; T – mokesčio tarifas (Eur/t), nustatytas Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą; I – mokestinio laikotarpio indeksavimo koeficientas gaunamas, Statistikos departamento vartotojų prekių ir paslaugų kainų indeksą, apskaičiuotą pagal Mokesčio už aplinkos teršimą tarifų indeksavimo tvarką, nustatytą Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2000 m. sausio 18 d. nutarimu Nr. 53 (Žin., 2000, Nr. 6-159; 2002, Nr. 92-3934); k – mokesčio už aplinkos taršą iš mobilių taršos šaltinių tarifų koregavimo koeficientas, nustatytas Lietuvos Respublikos Vyriausybės.

2 lentelė

Mokesčio už aplinkos teršimą iš mobiliųjų taršos šaltinių įkainių koregavimo koeficientai

Transporto priemonės apibūdinimas	Koeficientas
dyzelinis variklis, atitinkantis 88/77 EC (EURO–1) normatyvus	0,43
dyzelinis variklis, atitinkantis 91/542 EC (EURO–2) normatyvus	0,37
dyzelinis variklis, atitinkantis EURO–3 normatyvus	0,3
dyzelinis variklis, atitinkantis 1999/96/EB (Euro IV) reikalavimus	0,2
dyzelinis variklis, atitinkantis 2005/55/EB (Euro V) reikalavimus	0,12
dyzelinis variklis, atitinkantis 2007/46/EB (Euro VI) reikalavimus	0,08
Geležinkelių ir vandens transporto priemonės, turinčios dyzelinio variklio konstrukcijos ypatumų	
yra deginių recirkuliacijos sistema	0,5
yra suodžių filtras	0,4

Šaltinis: Lietuvos aplinkos ministerija 2016

Atsižvelgus į Rimkaus *et al* (2017) ir Rimkaus *et al* (2015) atliktų bandymų rezultatus paskaičiuota, kad naudojant gryną antros kartos dyzeliną *NExBTL*, šių degalų tūrio sunaudojama ~3 % mažiau negu gryno mineralinio dyzelino. Atliekant skaičiavimus turi būti įvertintas ir skirtingas degalų tankis (dyzelino – 0,84 t/m³; *NExBTL* – 0,77 t/m³). Naudojant gryną mineralinį dyzeliną, taršos mokestis už toną degalų:

$$M = 1 \cdot 8 \cdot 1,137 \cdot 0,37 = 3,37 \text{ Eur.}$$

Apskaičiuojame taršos mokestį panaudojus *NExBTL* degalus, su kuriais galima atlikti darbą analogišką koks atliekamas darbas vidaus degimo variklyje sudeginus 1 toną dyzelino:

$$M = \frac{1 \cdot 0,97 \cdot 0,77}{0,84} \cdot 8 \cdot 1,137 \cdot 0,37 = 2,99 \text{ Eur.}$$

Apskaičiavus mokesčius, naudojant skirtingus degalus, matomas gana ženklus skirtumas, naudojant *NExBTL* degalus taršos mokestis yra 11 % mažesnis. Vertinant šiuos degalus matoma, kad jie ne tik mažiau teršia aplinką, bet ir naudojant antros kartos biodegalus apskaičiuojamas ir mažesnis taršos mokestis. Todėl tikslinga vertinti, kokie yra šių degalų gamybos kaštai.

***NExBTL* degalų gamybos kaštai**

Viena didžiausių antros kartos biodegalų gamintojų yra *Neste*. Vien per 2014 metus keturiose *Neste* gamyklose buvo perdirbta 1,6 mln. tonų riebalinių atliekų, 2015 metais *NExBTL* gamybos pajėgumas išaugo iki 2,4 mln. tonų, o inovatyvi technologija leido *Neste* tapti matoma gamintoja ne tik regiono, bet ir pasaulio mastu. (Fedaravičius 2015). Nuo 2015 metų grynais *NExBTL* degalais kaip bandomuoju produktu pradėta prekiauti Kalifornijoje.

Nors šių degalų gamybos pajėgumai yra dideli, bet jie labai priklauso nuo paklausos, tačiau paklausa priklausys nuo kainos, kuri vėl priklauso nuo išlaidų. Makroekonominio požiūriu, naudojant biodegalus kils jo kaina ir gamybos sąnaudos, todėl sumažės vartojimas ir gamyba (Soimakallio *et al.* 2009). Tai gali sukelti trumpalaikių neigiamų padarinių ekonomikai. Tačiau galima teigti, kad padidėjęs biokuro naudojimas sustiprins žemės ūkio bei miškininkystės sektorius. Buvo atlikti keli tyrimai apie *BTL* gamybos išlaidas, kurios apima gyvavimo ciklo sąnaudas vienam kilometrui MJ lyginant su mineraliniais degalais ir CO₂ išvengimo išlaidas. Išlaidas pagal atliktus tyrimus galima matyti 3 lentelėje.

BTL gamybos išlaidų rodikliai

Straipsnis	Žaliava	BTL kaina (Eur)			Dyzelino kaina (Eur)			CO ₂ išsaugojimo kaina (eur/ton CO ₂)
		/litro	/GJ	/km	/litro	/GJ	/km	
Van Vliet et al. (2009)	Medienos atliekos	1,12	32,7	0,22	0,41	11,5	0,18	535
Van Vliet et al. (2009)	Salixas	0,7-0,85	20,4-24,8	0,25	0,41	11,5	0,23	211
Quirin et al. (2004)	Celiuliozė		15-42	0,03-0,08*			0,01-0,02*	100-550
Edwards et al. (2007)	Mediena			0,034*		11,9		188-237
The German Energy Agency (2006)	Mediena	0,7-1,05						
Boerrigter (2006)	Mediena		15-30					
Vogel et al. (2008)	Mediena		23-26					
Tijmensen et al. (2002)	Tuopos mediena		14-32					
Bright and Strømman (2010b)	Medienos atliekos	0,68-0,90				5-7		
Tock et al. (2010)	Mediena		15-24,7					
Seiler et al. (2010)	Mediena	0,7-1,2						

Šaltinis: Sunde et al. 2011

Sintetinių degalų gamybos kaštus galima suskirstyti į tris dalis:

1. Biomasės pristatymo į gamyklą kainos,
2. Kitos kintamos sąnaudos,
3. Kapitalo išlaidos, kurių 40 – 60 % išlaidų sudaro biomasės kaina ir 17 – 40 % investicijos (Tock et al. 2010).

Prieš tai pateikti rezultatai rodo, kad sintetinių degalų gamybos kaina yra ~2 – 3 kartus brangesnė negu iš iškastinio kuro gaminami mineraliniai degalai. Norint, kad būtų toliau gaminami ir parduodami šie degalai, kiekviena valstybė turi sukurti tam palankias sąlygas – aiškią finansavimo strategiją. Pavyzdžiui, Vokietijos valdžia į antros kartos biodegalų gamybą investavo 400 – 600 mln. eurų. Lietuvoje Susisiekimo ministerija nustatė, kad BTL gamybai gali prireikti nuo 27 mln. iki 45 mln. eurų. Vyriausybė norėtų, jog BTL dalis 2020 metais siektų 0,5 %, o iš maisto gaminamų biodegalų – ne daugiau kaip 7 %. Šiuo metu transporto sektoriuje biodyzelinas sudaro 4,56 %, bet 2020-aisiais jo dalis turės siekti 10 procentų.

Todėl galima teigti, kad esant palankioms politinėms, ekonominėms, socialinėms ir technologinėms sąlygoms, realu iki 2020 metų pasiekti numatytus rezultatus.

Išvados

1. Siekiant sumažinti išmetamųjų dujų emisijos kiekį transporto infrastruktūroje, reikalingi pokyčiai degalų gamybos rinkoje – reikia didinti II kartos biodegalų panaudojimą vidaus degimo varikliuose.
2. Dėl žymiai geresnių II kartos biodegalų fizikinių – cheminių savybių, palyginus su I kartos degalų savybėmis, išauga II kartos biodegalų taikymo galimybės.
3. Apskaičiuota, kad mineralinį dyzeliną pakeitus NExBTL degalais, aplinkos taršos mokestis sumažėtų ~11 %.
4. BTL gamybos kaštai ~2 – 3 kartus didesni už mineralinio dyzelino. Dauguma šalių, atsižvelgdamos į aplinkosauginius rodiklius bei energetinę saugą, kompensuoja dalį šių degalų gamybos. Siekiant skatinti II kartos biodyzelino gamybą ir naudojimą Lietuvoje, tikslinga subsidijuoti šiuolaikines biodegalų gamybos technologijas.

Literatūra

1. Aplinkos apsaugos agentūra [Interaktyvus] [žiūrėta 2017 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://oras.gamta.lt/cms/index?rubricId=91e32574-8fa1-473e-b478-2d726cff16ed>.
2. Aplinkos apsaugos ministerija [Interaktyvus] [žiūrėta 2017 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: http://www.am.lt/VI/rubric.php3?rubric_id=740.

3. *Degalų kokybės įstatymas Nr. 1-348/D1-1014/3-742* [Interaktyvus] [žiūrėta 2017 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F18F5AE4CFD5>.
4. Demirbas, A. 2007. Progress and recent trends in biofuels. *Prog Energ Combust* 33:1–18.
5. Fedaravičius, T. 2015. *Iš Porvo gamyklos – degalai be purvo*. [Interaktyvus]. Lietuvos žinios [žiūrėta 2017 m. gegužės 05 d.]. Prieiga per internetą: <http://lzinios.lt/lzinios/Trasa/is-porvo-gamyklos-dyzelinas-be-purvo/212227>.
6. *Mokestis už aplinkos teršimą iš mobiliųjų taršos šaltinių* [Interaktyvus] [žiūrėta 2017 m. gruodžio 4 d.]. Prieiga per internetą: http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=6669
7. Rimkus, A., Ščerbuk, A.R., Melaika, M. 2017. Antros kartos biodyzelino ir dyzelino mišinių naudojimo slėginio uždegimo varikliuose efektyvumo tyrimas. Mokslinių straipsnių žurnalas=Engineering and educational technologies: scientific journal. Kaunas: Kauno technikos kolegija. ISSN 2029-9303, Nr. 1, p. 89-94.
8. Rimkus, A.; Žaglinskis, J.; Rapalis, P.; Skačkauskas, P. 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. 1109–1117.
9. Soimakallio, S.; Antikainen, R.; Thun, R. 2009. Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies, *Technical Report*.
10. Sunde, K.; Brekke, A.; Solberg, B. 2011. Environmental impacts and costs of woody Biomass-to-Liquid (BTL) production and use. *Forest Policy and Economics*. 591–602.
11. Ščerbuk, A.R. 2017. Antros kartos biodyzelino ir dyzelino mišinių naudojimo slėginio uždegimo varikliuose efektyvumo tyrimas. Magistrinis darbas. VGTU.
12. Tock, L.; Gassner, M.; Maréchal, F. 2010. Thermochemical production of liquid fuels from biomass: Thermo-economic modeling, process design and process integration analysis. *Biomass and Bioenergy* 34, 1838–1854.

POSSIBILITIES AND OPORTUNITIES OF BIODIESEL USE IN LITHUANIA

Summary

Lithuania is facing new challenges to ensure that by 2020, biofuels account for at least 10% of the total energy consumption in the transport sector. In order to achieve these results, the favorable legal, economic, social, technological, and environmental environments that are supportive and encouraging, and ensuring the production and distribution of biofuels in the Lithuanian market, are very important. This article analyzes the laws of Lithuania Republic and the Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels and other renewable fuels for transport. Also, the results of calculating environmental pollution taxes using pure mineral diesel are also provided, and the production costs of the second generation biodiesel *NExBTL* fuel are estimated.

Key words. biodiesel, pollution taxes, fuel production costs.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių inžinerijos katedros docentas

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

Telefonas ir el. pašto adresas: alfredas.rimkus@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė

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

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

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

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus

Science degree and name: doctor, associated professor

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

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

Telephone and e-mail address: alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname: Kristina Čižiūnienė

Science degree and name: doctor, associated professor

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

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

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

AKUSTINIO LAUKO POVEIKIO KAMPO ĮTAKOS DALELIŲ AGLOMERACIJAI TYRIMAI

Audrius Čereška, Irina Grinbergienė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Šiame darbe pateikti kietųjų dalelių (aerolio) taršos mažinimo galimybių akustinės aglomeracijos būdu tyrimai. Eksperimentiniams tyrimams atlikti naudoti specialūs dviejų konstrukcijų stendai su matavimo įranga. Darbe pateikti eksperimentinių stendų veikimo principai ir eksperimentų atlikimo metodikos. Atlikti kietųjų dalelių aglomeracijos efektyvumo, priklausomai nuo akustinio lauko poveikio kampo, eksperimentiniai tyrimai. Akustinio lauko žadinimui naudoti vienas ir du garso generatoriai. Atlikus tyrimus nustatyta dalelių aglomeracijos efektyvumo priklausomybė nuo akustinio signalo dažnio ir poveikio kampo. Gauti tyrimų rezultatai palyginti ir atlikta jų analizė. Tyrimų rezultatai pagrįsti atlikus kameroje nusodintų dalelių granulimetrinę analizę.

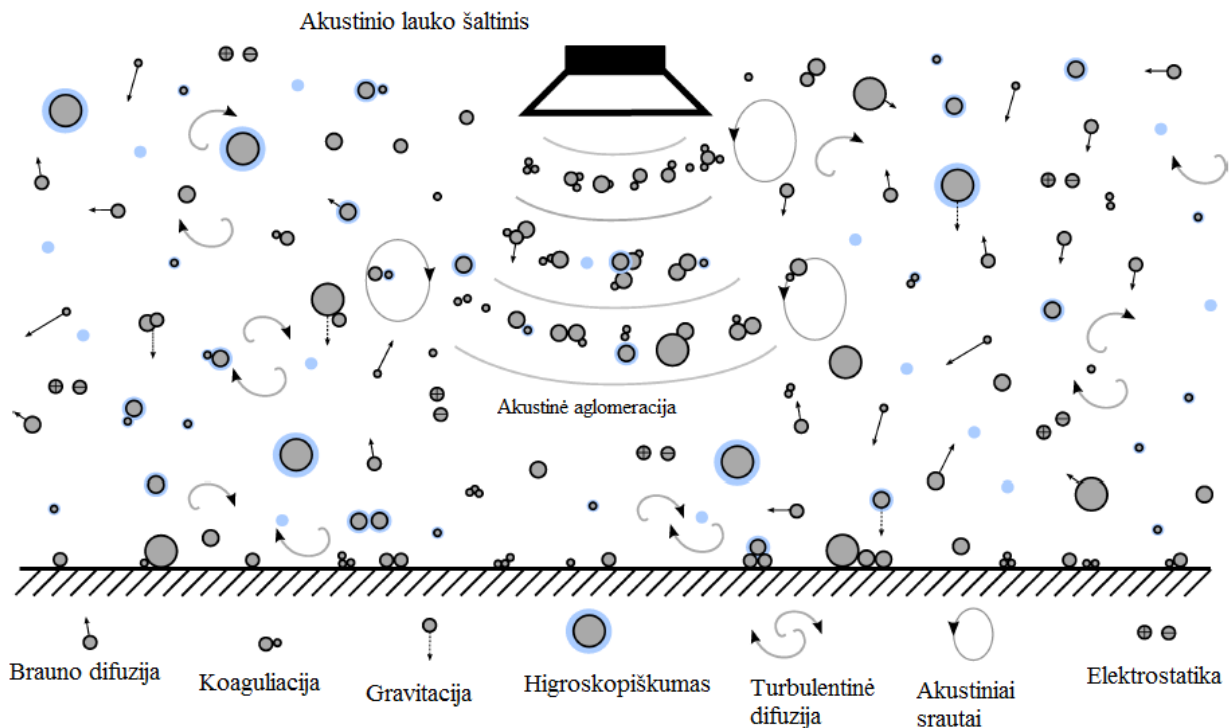
Reikšminiai žodžiai: dalelės, akustikos generatorius, granulimetrinė analizė, aglomeracija.

Įvadas

Įvairių atmosferos teršalų sklaidos mažinimas yra pagrindinė aplinkosaugos problema. Didžiausius išmetimus į atmosferą sukelia metalo apdirbimo pramonė, kietojo kuro deginimas, emisijos iš dyzelinių variklių. Pusę visų į atmosferą patenkančių kietųjų dalelių sudaro itin smulkios – iki 10 µm skersmens. Dėl itin mažų dydžių šios dalelės atmosferoje gali nukeliauti didelius atstumus. Teršalų daleles, kurių skersmuo yra mažesnis negu 10 µm, neutralizuoti naudojant įprastus valymo įrenginius (ciklonus, skruberius ir t.t.) sudėtinga. Oro valymui nuo itin smulkių dalelių reikalingos sudėtingos, daugiapakopės oro valymo sistemos. Ir šiomis dienomis yra nuolat ieškoma naujų metodų padėsiančių efektyviai mažinti aplinkos taršą smulkiosiomis dalelėmis.

Teršalų daleles, kurių skersmuo mažesnis negu 10 µm, pašalinti iš užteršto oro naudojant įprastus valymo įrenginius (ciklonus, skruberius ir tt) yra itin sunku, todėl net po oro valymo proceso jos ir toliau patenka į atmosferą (Gallego et al., 1999: 3843-3849, Heidenreich et al., 2000: 2895-2905). Ciklono valymo efektyvumas tik 50 % valant 1 µm dydžio daleles (Yuen et al., 2017: 79-89), taip pat elektrostatinų filtrų efektyvumas taikant juos tose pramonės šakose (pvz. kuro deginimas elektros gamybai), kur pagrindiniai susidarantys teršalai yra 0,1-1 µm skersmens dalelės, valymo efektyvumas krenta nuo 99,5 % iki 92-95 %. (Bin et al., 2018: 27-33). Smulkios teršalų dalelės pavojingos ne tik tuo, kad prasiskverbia giliai į plaučius ir kitus gyvybiškai svarbius organus, bet ir tuo jog turi savybę absorbuoti kitus cheminius teršalus (Shen et al., 2018: 145-150). Taip pat nustatyta, jog itin smulkios dalelės (iki 2,5 µm) ilgai išlieka aplinkos ore ir perneša įvairius virusus bei bakterijas, kurios lengvai patenka į žmogaus organizmą per kvėpavimo takus, odą ir akis. (Zu et al. 2017: 62-67). Oro valymui nuo itin smulkių dalelių reikalingos kelių pakopų oro valymo sistemos, kurioms reikia didelių energijos sąnaudų, galingų ventiliatorių ir t.t. Taip pat tokios sistemoms reikia didelių patalpų. Tokios sistemos ne tik sudėtingos, bet ir brangios (Хмельев ir kt., 2010: 22).

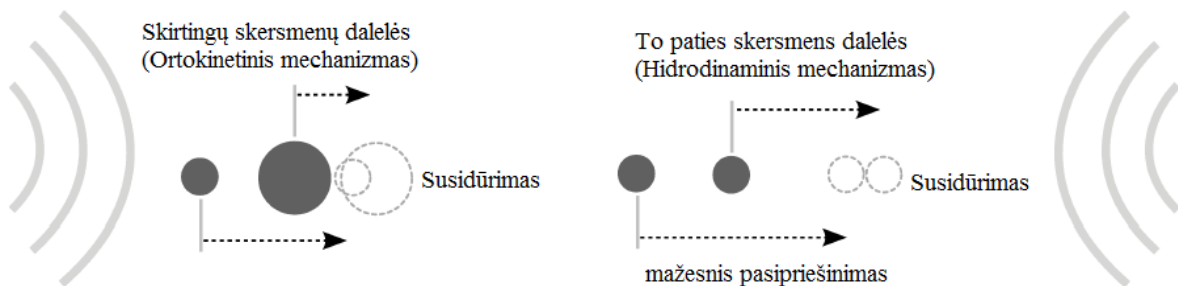
Smulkios dalelės dėl įvairių tarp jų vykstančių procesų gali aglomeruoti. Dėl itin mažų skersmenų tarp minėtųjų dalelių veikia itin stiprios Van Der Valso, elektrostatinės ir kapiliarinės jėgos, kurios kartu sudaro traukos jėgą. Dėl šios jėgos tokios dalelės gali sudaryti stambesnius aglomeratus (Guo 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, intensyvėja sąveikos tarp pačių dalelių ir tarp dalelių ir terpės. Susidarę aglomeratai gali būti lengvai pašalinami iš užteršto oro ciklonų ar kitokiais valymo įrenginiais (Gallego et al., 1999: 3843-3849, Sarabia et al., 2005: 277-281; Dong et al., 2006: 540-553). Aglomeracija veikiant akustiniam laukui priklauso nuo įvairių veiksnių, vykstančių tarp dalelių, bei tarp dalelių ir dujinės terpės (pvz. oro). Dalelių aglomeracijos eksperimentiniais ir skaitiniais tyrimais (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) patvirtinta, kad po dalelių poveikio akustiniu lauku padidėja stambesnių dalelių kiekis. Daleles veikiantys veiksniai pavaizduoti schemoje 1 pav.



1 pav. Daleles sraute veikiantys mechanizmai

Šaltinis: Ng et al., 2017

Veikiant akustiniu lauku dalelių aglomeracija vyksta pagrindu dviem būdais: orto kinetiniu ir hidrodinaminiu. Kiti veiksniai tokie kaip turbulencija, ir akustiniai srautai yra priskiriami antriniam veiksniam sąlygojantiems dalelių susidūrimus (Ng et al., 2017: 1-26). Ortokinetinė sąveika vyksta tarp skirtingų skersmenų dalelių, esančių viena šalia kitos ne didesniu atstumu negu akustinės bangos poslinkio amplitudė. Tai yra dalelių tarpusavio sąveika. Tuo tarpu hidrodinaminė sąveika vyksta tarp dalelių ir terpės. Hidrodinaminė sąveika vyksta tarp dalelių esančių viena nuo kitos kur kas didesniu atstumu nei akustinio lauko poslinkis. Ir tuo pačiu šis principas gali veikti tarp vienodo skersmens dalelių, kas nebūdinga orto kinetiniam. Skirtumai tarp šių principų matomi 2 pav.



2 pav. Ortokinetinis ir hidrodinaminis mechanizmai

Šaltinis: Ng et al., 2017

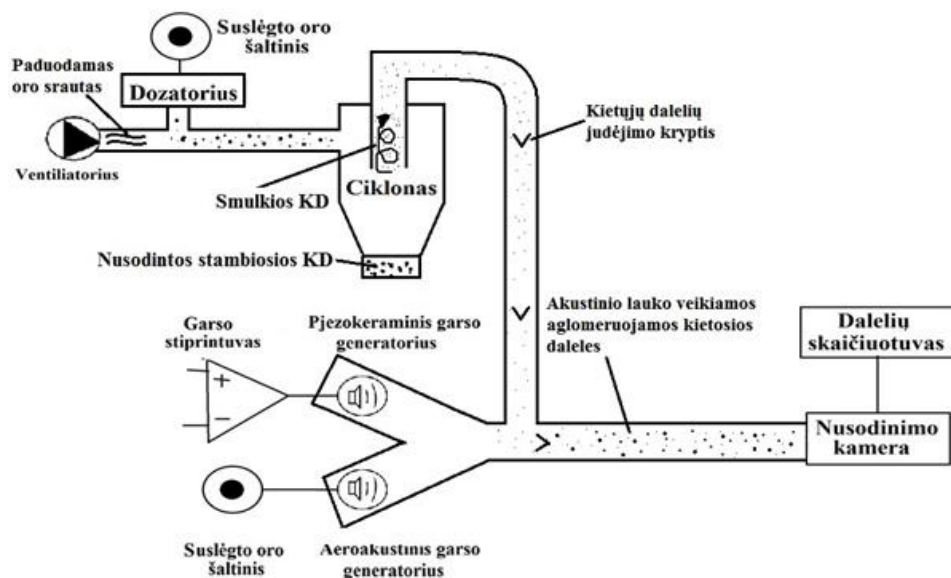
Mokslininkai iš įvairių pasaulio šalių pastoviai ieško naujų būdų pagerinančių dalelių aglomeracijos efektyvumą.

Šio darbo tikslas yra atlikti dalelių aglomeracijos eksperimentinius tyrimus naudojant du skirtingų parametrų akustinio signalo šaltinius po vieną ir kartu, bei nustatyti kuris iš šių akustinio signalo generavimo būdų yra efektyviausias.

Tyrimų įranga ir metodika

Dalelių aglomeracijos eksperimentiniam tyrimams atlikti suprojektuotas ir pagamintas specialus tyrimų stendas, kurį sudaro: ventiliatorius, dozatorius, ciklonas, akustinė kamera, optinis dalelių koncentracijos analizatorius, aeroakustinis garso generatorius, pjezokeraminis garso generatorius, nusodinimo kamera, pjezoelektrinio garso generatoriaus stiprintuvas.

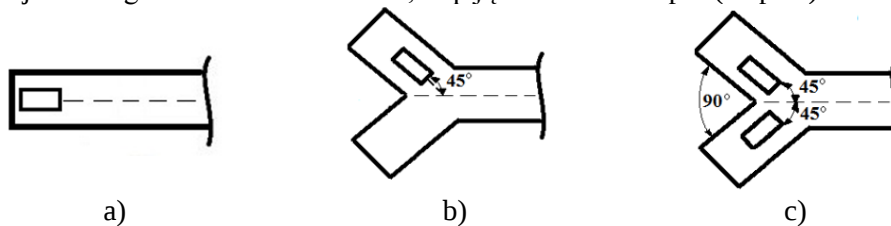
Tyrimo stendo principinė schema pateikta 3 pav.



3 pav. Tyrimo stendo principinė schema

Į sistemą ventiliatoriumi tiekiamas oro srautas, dozatoriaus pagalba tiekiamos kietosios dalelės. Naudojant cikloną iš srauto pašalinamos didesnės negu $10\ \mu\text{m}$ skersmens dalelės. Toliau smulkios kietosios dalelės keliauja link akustinio signalo šaltinių. Atliekant šį tyrimą buvo naudoti dviejų tipų garso generatoriai: aeroakustinis (8kHz, 138 dB) ir pjezokeraminis (24 kHz, 136 dB). Tyrimas buvo atliktas trimis būdais:

1. Naudojant vieną garso generatorių, sumontavus jį išilgai dalelių srauto (4a pav.);
2. Naudojant vieną garso generatorių, sumontavus jį 45° kampą į dalelių srautą (4b pav.);
3. Naudojant abu generatorius vienu metu, tarp jų esant 90° kampui (4c pav.).

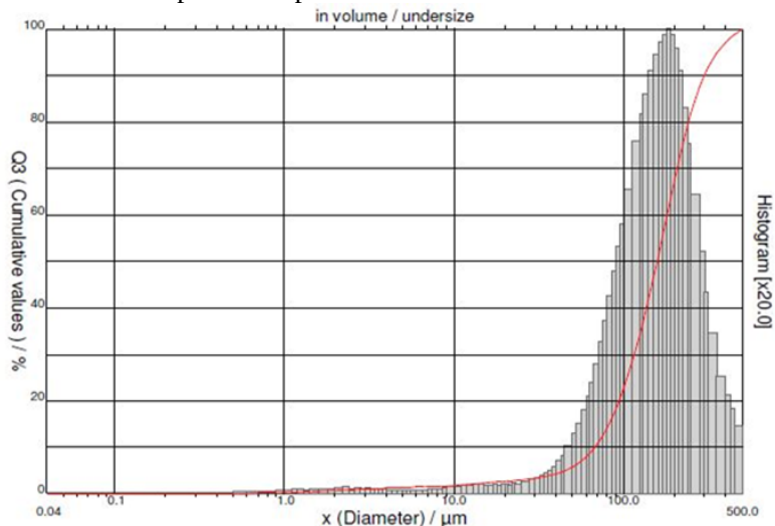


4 pav. Garso generatorių išdėstymo schemas

Aglomeravusių dalelių kiekio matavimai buvo atlikti nusodinimo kameroje optiniu dalelių skaičiuotuvu Ergo Touch Pro 2.

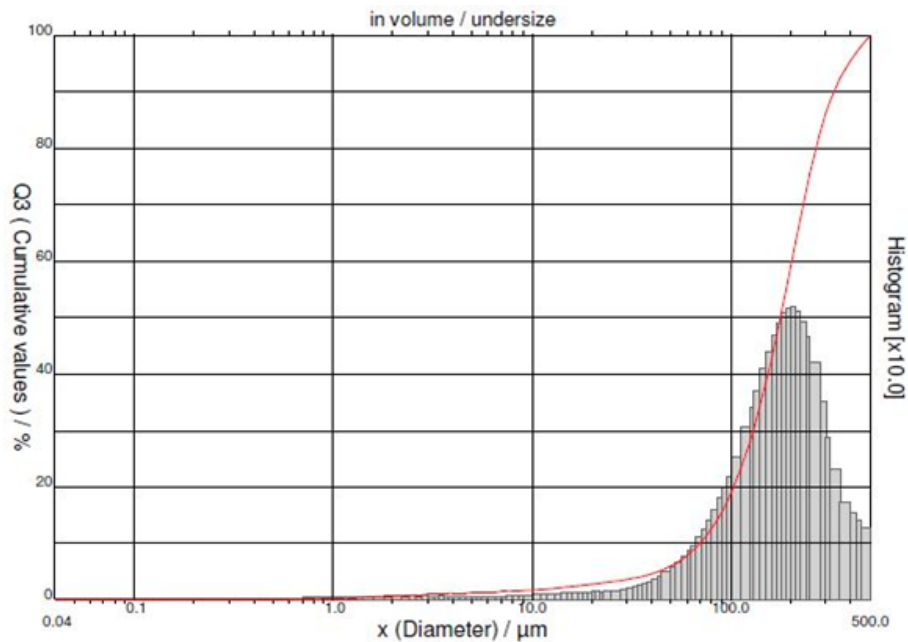
Rezultatai ir jų analizė

Prieš tyrimą buvo atlikta dalelių, naudojamų eksperimentui, sudėties granuliometrinė analizė. Granuliometrinės analizės rezultatai pateikti 5 pav.



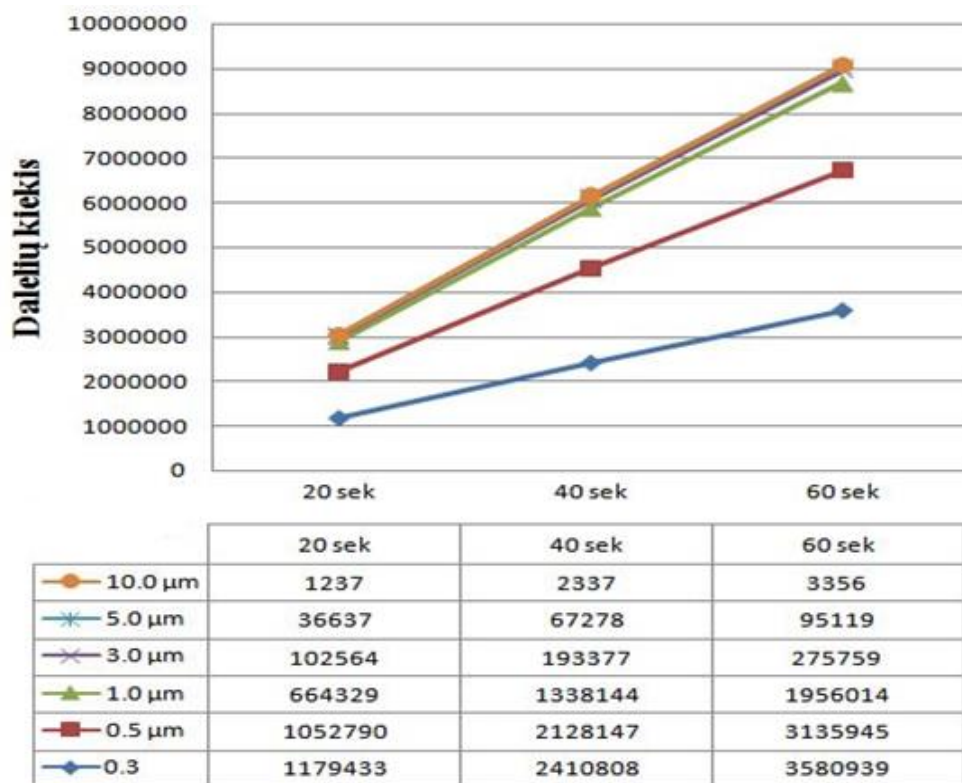
5 pav. Pirminių dalelių granuliometrinė sudėtis

Siekiant, kad į aglomeracijos zoną patektų ne didesnės kaip 10 µm dydžio dalelės, buvo ištirta ir dalelių nusėdusių ciklone granulimetrinė sudėtis. Rezultatai pateikti 6 pav.



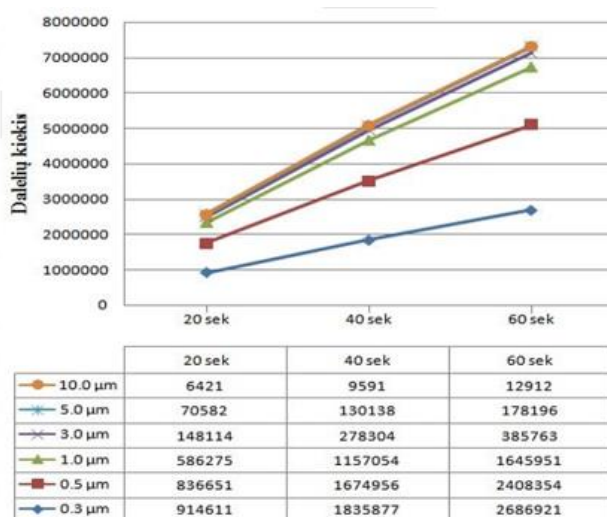
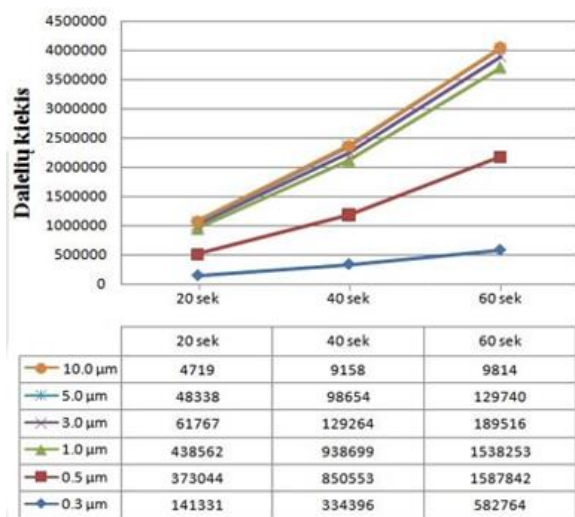
6 pav. Dalelių, nusodintų ciklone granulimetrinė sudėtis

Prieš atliekant eksperimentus su akustinio signalo šaltiniais, buvo išmatuotas tiriamųjų dalelių kiekio sraute pasiskirstymas. Tai svarbu nustatinėjant dalelių aglomeracijos efektyvumą. Rezultatai pateikti 7 pav.



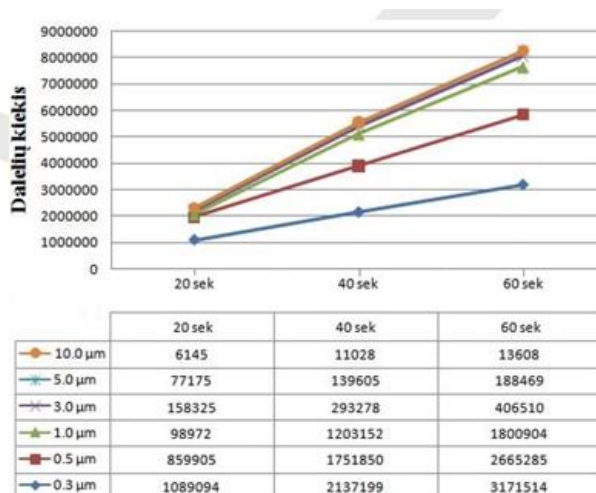
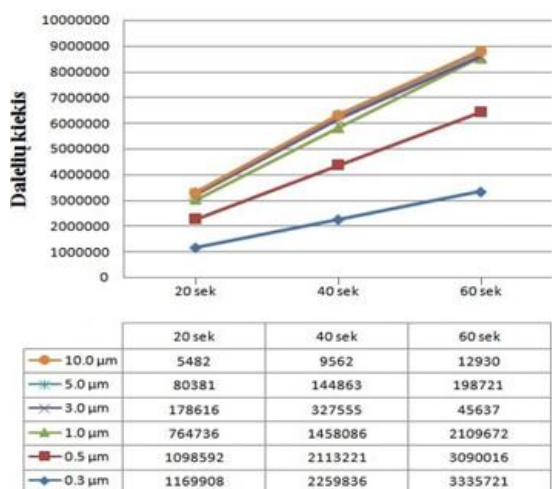
7 pav. Dalelių kiekio pokytis kintant laikui, neveikiant akustinio signalo šaltiniui

Po to buvo atliekami tyrimai naudojant akustinio signalo šaltinius. Akustinio signalo šaltiniai buvo išdėstyti, dalelių srauto atžvilgiu, įvairiais kampais. Generatoriai sumontuoti skirtingais būdais: vienas garso generatorius išilgai dalelių srauto (4a pav.); vienas garso generatorius pakreiptas į dalelių srautą 45° kampu (4b pav.); du garso generatoriai, tarp jų 90° kampas į dalelių srautą 45° kampu (4c pav.). Rezultatai pateikti grafikuose (8, 9, 10 pav.).



a) b)
8 pav. Dalelių skaičiaus pokytis kintant laikui, kai generatoriai išdėstyti išilgai dalelių srauto:
a –piezokeraminis garso generatorius, b - aeroakustinis garso generatorius

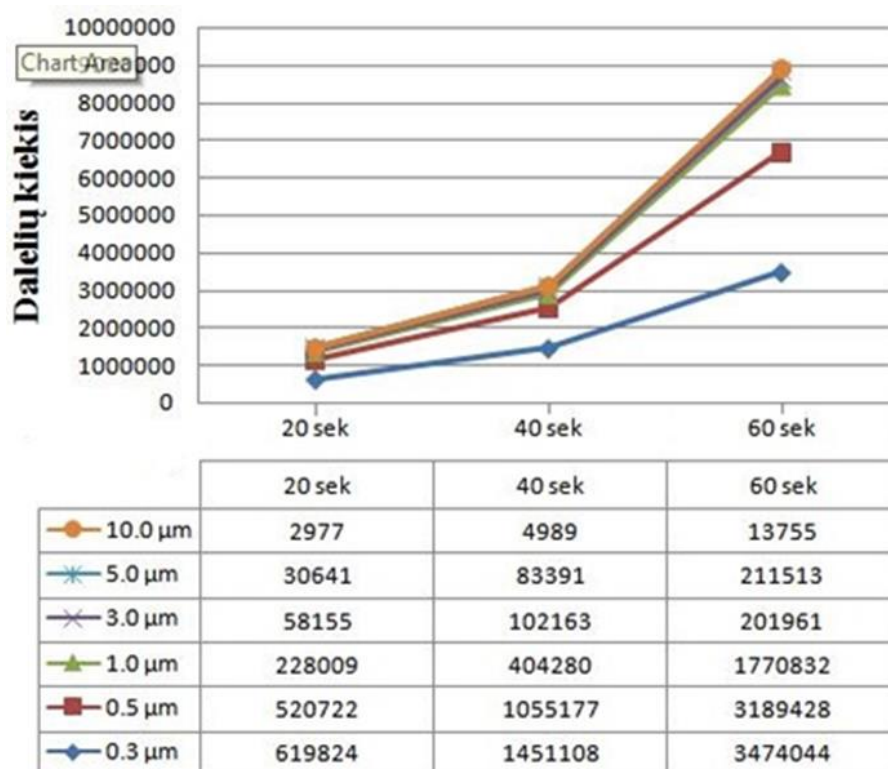
Vertinant generatorių sukuriama akustinio lauko įtaką dalelių aglomeracijai kai jie buvo sumontuoti išilgai dalelių srauto, nustatyta, kad aeroakustinio generatoriaus sukuriamas akustinis signalas dalelių aglomeracijai yra efektyvesnis negu piezokeraminio generatoriaus. Tai matoma iš padidėjusių stambesnių dalelių (nuo 5 iki 10 μm) kiekio.



a) b)
9 pav. Dalelių skaičiaus pokytis kintant laikui, kai generatoriai išdėstyti 45° kampu į srautą:
a –piezokeraminis garso generatorius, b - aeroakustinis garso generatorius

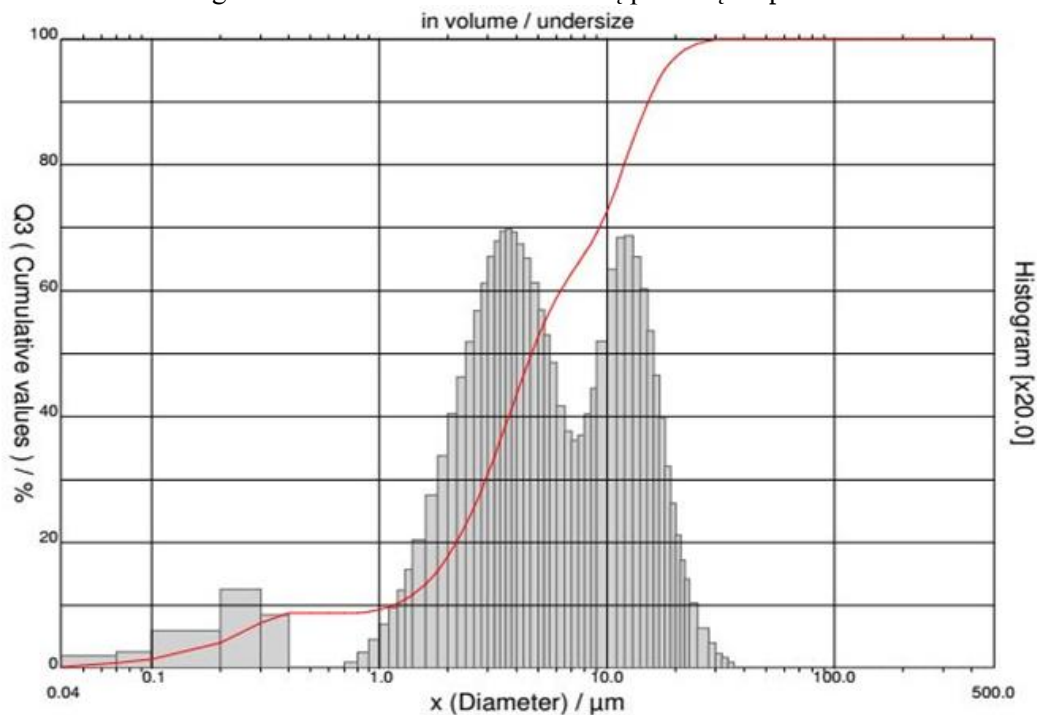
Iš aeroakustinio garso ir piezokeraminio garso generatorių akstinių laukų veikiančių dalelių srautą 45° kampu dalelių aglomeracijos rezultatų matoma, kad stambesnių dalelių (5 iki 10 μm) kiekis padidėjo. lyginant su kiekiu, gautu veikiant daleles išilgai jų srauto.

Tai reiškia, jog akustinio signalo poveikio kampas turi įtakos aglomeracijos efektyvumui.



10 pav. Dalelių skaičiaus pokytis kintant laikui, kai tarp garso generatorių 90° kampas

Iš gautų rezultatų matoma, kad geriausias dalelių aglomeracijos rezultatas gautas veikiant akustiniam signalui, kuris buvo sugeneruotas dviem 90° kampų, vienas kito atžvilgiu, sumontuotais garso generatoriais. Taikant šį garso šaltinių išdėstymo variantą ženkliai padidėjo 3 ir 5 μm dydžio dalelių lyginant su tyrimais, atliktais naudojant po vieną generatorių. Tai reiškia, kad smulkesnės dalelės (iki 1 mikrometro) aglomeravosi į stambesnes. Tai matoma iš granulimetrinės analizės rezultatų pateiktų 11 pav.



11 pav. Dalelių, aglomeravusių naudojant du 90° kampų išdėstytus generatorius, granulimetrinė sudėtis

Iš granulimetrinės dalelių sudėties rezultatų matoma (11 pav.), kad labai padidėja dalelių, didesnių negu 1 μm skaičius, o dalelių kurių skersmuo mažesnis negu 0,5-0,7 μm visai nėra. Tai reiškia, kad veikiant vienu metu dviem garso generatoriams, tarp kurių 90° kampas, minėtosios dalelės efektyviai aglomeruoja į stambesnes ir nusėda kameroje.

Išvados

1. Atlikus tyrimus nustatyta dalelių aglomeracijos efektyvumo priklausomybė nuo akustinio signalo dažnio ir poveikio kampo.
2. Nustatyta, kad akustinio signalo poveikio kampas turi įtakos dalelių aglomeracijos efektyvumui.
3. Atliktų eksperimentų rezultatai rodo, jog geriausias dalelių aglomeracijos rezultatas pasiektas veikiant akustiniam signalui, kuris buvo sugeneruotas dviem 90° kampu, vienas kito atžvilgiu, sumontuotais garso generatoriais.

Literatūra

1. Bin, H.; Yang, Y.; Zhou, L.; Shen, A.; Cai, L.; Yang, L.; Roszak, S. 2018. Experimental and DTF studies of PM_{2,5} removal by chemical agglomeration. *Fuel* 212: 27-33.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Hoffmann, T.L. 2000. Environmental implications of acoustic aerosol agglomeration. *Ultrasonics* 238 (1–8): 353–357.
8. Yuen, W.T.; Fu, S.C.; Chao, Y.H. 2017. The effect of aerosol size distribution and concentration on the removal efficiency of an acoustic aerosol removal system. *Journal of aerosol science*. 104: 79-89.
9. 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.
10. Ng, B.F.; Xiong J.W.; Wan M.P. 2017 Application of acoustic agglomeration to enhance air filtration efficiency in air-conditioning and mechanical ventilation (ACMV) systems. *PLoS ONE* 12(6): 1-26.
11. 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): 1023–1058.
12. 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.
13. Shen, G.; Huang, X.; He, Ch.; Zhang, Sh.; An, L. 2018. Experimental study of acoustic agglomeration and fragmentation on coal-fired ash with different particle size distribution. *Powder Technology* 325: 145-150.
14. 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.
15. Zu, K.; Yao, Y.; Cai, M.; Zhao, F.; Cheng, D.L. 2017. Modeling and experimental study on acoustic agglomeration for dust particle removal. *Journal of Aerosol Science* 114: 62-76.
16. 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

INVESTIGATIONS OF ACOUSTIC FIELD ANGLE ON THE INFLUENCE TO THE AGGLOMERATION OF PARTICLES

Summary

Researches of hard particles (aerosol) of pollution reduction with acoustic agglomeration method are presented in this work. Special dual - constructions stands with measuring equipment are used for experimental investigations. The principles of operation of experimental stands and experimental techniques are presented in this work. Experimental investigations of the agglomeration efficiency of hard particles, depending on the acoustic field angle are done. One and two sound generators are used for acoustic field excitement. There are established the dependence of agglomeration efficiency on the acoustic signal frequency and angle of impact after researches. The obtained results were compared and were analyzed. The results of the researches were based after granulometric analysis of the particles precipitated in the chamber.

Key words: particles, acoustic generator, granulometric analysis, agglomeration.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vietą ir poziciją: 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

Autoriaus vardas, pavardė: Irina Grinbergienė

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantė, lektorė

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų 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, Mechanics and materials 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, Mechanics faculty, Mechanics and materials engineering department associated lecturer

Author's research interests: problems of environmental pollution

Telephone and e-mail address: +370 686 60623, irina.grinbergiene@vgtu.lt

ISSN 2029-9303

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2017 Nr. 2

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