

# TECHNOLOGIJOS IR MENAS

# TECHNOLOGY AND ART

2015 / 6

TYRIMAI IR AKTUALIJOS  
RESEARCH AND TOPICALITIES



VILNIAUS TECHNOLOGIJŲ IR DIZAINO KOLEGIJA

VILNIUS COLLEGE OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

---

VILNIUS 2015

## REDAKCINĖ KOLEGIJA

### Nariai:

- prof. dr. Jonas Butkevičius**  
(Vilniaus Gedimino technikos universitetas),
- prof. dr. Rimantas Pranas Deksnys**  
(Kauno technologijos universitetas),
- prof. Albertas Gurskas**  
(Vilniaus dailės akademija),
- prof. habil. dr. Roma Rinkevičienė**  
(Vilniaus Gedimino technikos universitetas),
- prof. habil. dr. Vladas Vekteris**  
(Vilniaus Gedimino technikos universitetas),
- prof. habil. dr. Vilija Targamadzė**  
(Vilniaus universitetas),
- prof. dr. Vaiva Zuzevičiūtė**  
(Mykolo Romerio universitetas),
- dr. Daiva Bukantaitė**  
(Vytauto Didžiojo universitetas, Lietuvos muzikos ir teatro akademija).

**Sudarytojas dr. Andrius Gulbinas**  
(Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija)

## EDITORIAL BOARD

### Members:

- prof. dr. Jonas Butkevičius**  
(Vilnius Gediminas Technical University),
- prof. dr. Rimantas Pranas Deksnys**  
(Kaunas University of Technology),
- prof. Albertas Gurskas**  
(Vilnius Academy of Arts),
- prof. habil. dr. Roma Rinkevičienė**  
(Vilnius Gediminas Technical University),
- prof. habil. dr. Vladas Vekteris**  
(Vilnius Gediminas Technical University),
- prof. habil. dr. Vilija Targamadzė**  
(Vilnius University),
- prof. dr. Vaiva Zuzevičiūtė**  
(Mykolas Romeris University),
- dr. Daiva Bukantaitė**  
(Vytautas Magnus University, Lithuanian Academy of Music and Theatre).

**Composed by dr. Andrius Gulbinas**  
(Vilnius College of Technologies and Design)

## TURINYS

<i>Liucina Kot, Giedrė Dimavičienė</i> Lietuviški tradiciniai tapatybės ženklai (raštai) šiuolaikinių technologijų kontekste.....	5
<i>A. A. Zaytsev</i> Heavy Train Traffic Conditions and Peculiarities within Railway Infrastructure.....	14
<i>Ing. Blanka Kalupová</i> Remote control of rail transport in the Czech Republic.....	20
<i>Bronius Rinkevičius, Saulius Milkintas</i> Fizikinių procesų skysčiuose tyrimas, paremtas lazerinės refraktografijos metodu.....	26
<i>Bronė Mitkienė, Bronius Karaliūnas</i> Tiesiaeigio variklio su trumpa antrine dalimi stabdymo srovės spektrinės charakteristikos .....	33
<i>Jelena Jupatova, Aleksandr Vika</i> Pastato energinio efektyvumo didinimas taikant alternatyvų renovavimo būdą.....	37
<i>Darius Mačiūnas</i> Kaulų audinių karkasų inžinerija: tyrimų metodologijos ir technologijų apžvalga.....	43
<i>Jevgenija Filonova</i> Technikos objektų kokybės inžineriniai sprendimai.....	48
<i>Jurijus Tretjakovas</i> Automobilių plovyklos ratuko modeliavimas baigtinių elementų metodu.....	55
<i>Dominykas Beištaras</i> Kintamo dydžio simplekso taikymas PI regulatoriui derinti .....	58
<i>Magdalena Wierzbik-Strońska, Paweł Mikos, Aleksander Ostenda</i> Smart grids. Case analysis – Katowice school of technology .....	62
<i>A. A. Sidrakov</i> Application of biotechnology aiming to remove toxic pollutants in transport .....	69
<i>Dalius Mažeika</i> Informacinių technologijų sauga studijų procese .....	73
<i>Jolanta Pileckienė</i> Pusiausvyrinės $\text{CuSO}_4$ ir gliukono rūgšties tirpalų charakteristikos.....	78
<i>В. И. Попов, В. Скуднов, А. Васильев</i> Имитационное моделирование и экспериментальные исследования современной гетерогенной телекоммуникационной сети.....	84
<i>Dalia Čiupailatė</i> Sociologinės, antropologinės perspektyvos į interjerą poreikis dizaino edukacijoje.....	87
<i>Andrius Čeponis</i> Energijos surinkimo metodai ir jų taikymo galimybės .....	95
<i>Jolita Grašienė</i> Projekto metodo taikymas ugdant studentų dalykines ir bendrąsias kompetencijas .....	99
<i>Maryia Hristova</i> Potentialities of modern information and communication technologies in logistics and transport.....	104
<i>Olesya Shcherba, Tetyana Nestorenko</i> Cooperation between universities and business in Ukraine: current state and possible ways of development.....	111
<i>U. A. Bikov, V. A. Fadeeva</i> Prospects of developing international transport corridors between European and Asian countries .....	117
<i>Rimantas Matuliauskas</i> Masės sąvoka specialiojoje reliatyvumo teorijoje.....	120

<i>Aurelijus Pitrėnas</i> Dažnio keitiklis su skaliariniu valdymo algoritmu.....	122
<i>Andrius Gulbinas, Paulius Gaučas, Airida Tylienė</i> A++ energinės klasės daugiabučių namų statyba Lietuvoje.....	127
Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos mokslo žurnalo „Technologijos ir menas. tyrimai ir aktualijos“ straipsnių rengimo reikalavimai.....	133
Requirements for preparation of articles for the scientific magazine “Technology and art. Research and topicalities“ of vilnius college of technologies and design.....	134

# LIETUVIŠKI TRADICINIAI TAPATYBĖS ŽENKLAI (RAŠTAI) ŠIUOLAIKINIŲ TECHNOLOGIJŲ KONTEKSTE

Liucina Kot<sup>1</sup>, Giedrė Dimavičienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kauno technologijos universitetas, Studentų g. 56, Kaunas, e. p.: liucina.kot@gmail.com

<sup>2</sup> Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,  
e. p.: g.dimaviciene@vtdko.lt

**Anotacija.** Tobulėjant šiuolaikinei technikai ir gamybos technologijoms, atsiranda prielaidų inovatyviems sprendimams. Ateitis neįsivaizduojama be inovatyvių technologijų. Dabarties ir prognozuojami ateities iššūkiai sudaro sąlygas taikyti inovacijas šiuolaikiniame interjere ir dizaine pasitelkiant lietuviškas tradicijas. Tautos išminties kodai slypi liaudies meno kūrinių raštuose. Lietuvių raštų savitumas yra ornamentų kūrimas, interpretacija ir suvokimas.

Ornamentikoje slypi žmogaus patirtis, civilizacijų sąveikos, tautinis identitetas ir modernios kultūros ištakos. Ornamentai yra savitas kultūros fenomenas, be dekoratyvinės funkcijos dar atspindintis ir koduotą išsaugotą informaciją, kuri šiuolaikiniame mene traktuojama kaip tapatybės ženklo interpretacija.

**Svarbiausios sąvokos:** raštas, inovacijos, lietuviški ženklai, ornamentika, šiuolaikinis dizainas.

## Įvadas

Pastaruoju metu tiek Lietuvoje, tiek pasaulyje grįžtama prie etninės ornamentikos motyvų, autentiškų etnografinių objektų praktinio ir simbolinio pritaikymo.

Susisaistymas su simbolinėmis reikšmėmis sukuria tautinę tapatybę, kaip atskleidžiančią bendrą praeitį, dabartį ir gebančią sėkmingai sutelkti žmones ateičiai [2]. Todėl simboliai ir tam tikri ritualai, kuriuose matyti itin aiški simbolių vartoseną, yra vienas lemiamų veiksnių, kuriančių tautinį identitetą.

Tapatumo problematika plačiai nagrinėjama filosofijos mokslo darbuose. Skiriamos dvi pagrindinės tapatybės teoretikų kryptys: vieni tapatumą apibrėžia kaip nuolatos kintantį, dinamišką parametą, kitų manymu, tapatumas pastovus laiko atžvilgiu.

Lietuvių tautos kultūra archajiška: senųjų laikų tradicijos, papročiai, dainos, tautosaka, tautiniai drabužiai mus pasiekia šiek tiek pakitę.

**Tikslas** – įvertinti ir aptarti lietuviško rašto, kaip vieno iš elemento, panaudojimo galimybes šiuolaikiniame dizaine ir mene.

### Uždaviniai:

- aptarti ornamentikos svarbą šiuolaikiniame mene;
- apžvelgti lietuviškų raštų interpretacijos aspektus;
- išsiaiškinti spalvos įtaką ornamentui.

**Tyrimo metodai:** mokslinės literatūros, straipsnių analizė, kūrybinių darbų analizė.

Ornamentikoje glūdi žmogaus patirtis, tautinis identitetas ir modernios kultūros ištakos. Ornamentai yra savitas kultūros fenomenas, be dekoratyvinės funkcijos dar atspindintis ir koduotą išsaugotą informaciją, kuri šiuolaikiniame mene traktuojama kaip tapatybės ženklo interpretacija.

Daugiausia simbolių prasmių turi spalva, ornamentika, papuošimai bei detalės. Tam tikros kultūros informacija yra perteikiama per ornamento simetrijos

struktūrą. Rašto sistema skirta kalbai užrašyti, bet jai artimos sistemos yra audinio ornamentas, muzikinė notacija, šokio raštas. Ornamentas glaudžiai susijęs su spalvomis, jos įgyja simbolinių reikšmių tradicinėje etninėje kultūroje. Nagrinėjant raštą galima pastebėti įvairių struktūrų ir plokštumoje, ir trimatėje erdvėje ar daikte, pavyzdžiui, lietuvių liaudies audinių raštuose, interjere. Spalvos savitumų analizė suteikia galimybę atpažinti skirtingų Lietuvos regionų ypatumus.

## Lietuviškų ženklų kilmė

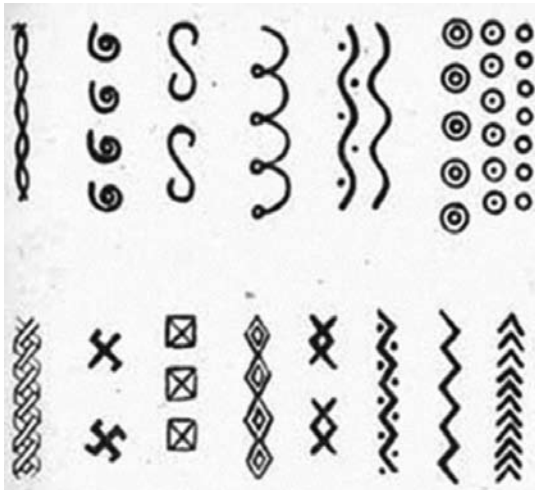
Simbolis – tai daiktinis, vaizdinis ženklas, žymintis kokią nors sąvoką, turintis sutartinę reikšmę ar idėją. Simboliai – tai paslaptis ir mistika.

Simboliai – intelekto priemonės. Anot L. Kriukelienės, tai žmogaus išjausti, iš kartos į kartą perduoti ženklai, kurių reikšmė – žmonių gyvenimas vakar ir šiandien [6].

Simbolių (ženklų, raštų) ištakos siekia seniausius laikus, lietuviški geometriniai ženklai, raštų struktūros – indoeuropiečių tautos laikus. Tyrimai atskleidė, kad egzistuoja raštų struktūros, būdingos tik baltams, kurios bėgant amžiams įgavo tik mums būdingas tobulas raiškos formas.

Bėgant amžiams, vykstant mokslo pažangai, visuomenė tobulėjo, keitėsi požiūris į aplinkinį pasaulį, taip pat simbolių reikšmė. Pavyzdžiui, svastikos ženklas, antikos laikais buvęs kūrybingumo ir harmonijos simbolis, nacionalsocialistų valdomoje Vokietijoje tapo simboliu, kuris šiandien yra kaip piktnaudžiavimo valdžia, prievartos ženklas.

Tačiau yra ženklų, kurie nekinta, teigiama, kad būtent baltų ženklų reikšmė ilgiausiai išliko nepakitusi. (pavyzdžiui, širdis – meilės simbolis, ažuolas – stiprybė ir t. t.). Žmogui simboliai yra būtini ir kiekviena nauja emocija reikalauja išraiškos, o išorinis pasaulis tampa



1 pav. Pirmieji lietuviški simboliai [6]



2 pav. Margučių puošimo ženklai



3 pav. Abstrakčios sąvokos



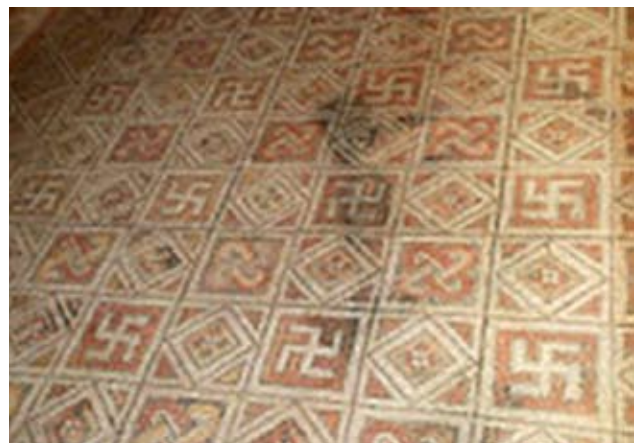
4 pav. Svastika budistų šventykloje



5 pav. Bizantijos laikų dekoras su svastikos ženklu



6 pav. Svastikos ženklas Etiopijos šventykloje



7 pav. Mozaika senovės Romoje

simbolių šaltiniu.

Simboliai turi funkcinę – informacinę reikšmę. Kuo labiau simbolių pažįstame, tuo stipriau jis veikia mūsų sąmonę. Ženkli, kaip amžini tarpininkai, užtikrina keitimąsi informacija. Tokios išsaugotos informacijos dėka žmonės „atsimena“ ir supranta savo ištakas,

reikšmę ir vietą pasaulyje.

Kiekvienos tautos dvasinės kultūros paminklai yra tautosaka ir tautodailė, kuri ir saugo savo identitetą per ženklus iš praeities.





8 pav. Etnografinis interjeras (LLBM ekspozicija)



9 pav. Grindų fragmentai su ornamentais

### Ženkli (raštai) šiuolaikiniame dizaine

Lietuviškas stilius – tai įvairių tautodailės fragmentų – detalių, ornamentikos, raštų, spalvų ir kitų dalykų panaudojimas interjere, pavyzdžiui, lietuviškų staltiesių raštai. Šiuos fragmentus galima atkartoti baldų apmušaluose, tapetuose, jie gali būti matomi grubiose faktūrose, tokiose kaip vilna, linas, medis, kitos natūralios medžiagos. Visa tai susiję su liaudies kūryba. Šios įvairios grubios faktūros vis dažniau naudojamos baldų apmušalams, lovatiesėms, užuolaidoms ir kitoms interjero detalėms [1].

Kitoks šiuolaikinis medžio apdorojimas ir panaudojimas interjere: modernumas yra tas, kad forma lakišiška, o pati faktūra senoviška, grubi. Tarkime, imamas medžio gabalas, gulėjęs lauke, nugludintas vėjo, lietaus. Iš jo, priderinus metalo ar stiklo, galima padaryti kokią tik nori interjero detalę – stalą, krėslą... Ką gamta padaro, žmogus užbaigia. Tada atsiranda bendrumas.

Mūsų paveldo tyrėjų, tokių, kaip J. R. Glemžos, ar lietuviško unikalumo žmonių būstuose ieškotojo Eugenijaus Skerstono, medžiagoje galima rasti tų negausių praeities išsaugotų simbolikos užuomazgų [13].



10 pav. Ornamentai balduose [10]



11 pav. Ornamentai interjere [13]

Etnologė Vida Savoniakaitė pastebi, kad Lietuvos kaimo pavienių enografinių sričių liaudies ypatumus atspindi ir gyvenamųjų namų interjeras, ypač audiniai – rankšluosčiai ir lovatiesės [11]. Lovatiesėms austi buvo naudojami įvairūs verpalai: lininiai, pakuliniai, vilniniai, medvilniniai, kai kada kanapiniai. Senosioms XIX a. pradžios lovatiesėms būdinga nesudėtinga dvinytė technika. Nesudėtingas jų raštas gaunamas spalvų deriniu. Vyraujantys raštai – įvairaus dydžio langai ir dryžiai. Languotose lovatiesėse naudojamos dvi ir daugiau spalvų. Dvispalvėse lovatiesėse parinktas kontrastingas spalvų derinys: raudona ir juoda, raudona ir žalia, mėlyna ir geltona ir pan. Dažniausi 3–4 spalvų deriniai, kurių pagrindą sudaro dvi kontrastingos tamsesnių tonų spalvos, o paryškinimui naudojami šviesūs tonai. Žemaitijai būdingos išilgadryžės lovatiesės, tamsiame, dažniausiai juodame fone žėri beveik visos vaivorykštės spalvos, kurios audinyje išdėstomos atskirais plotais, neįpinant vienos į kitą. Yra žemaitiškų lovatiesių ir su pereinamais spalvų tonais, kurie vienas su kitu tarsi susilieja.

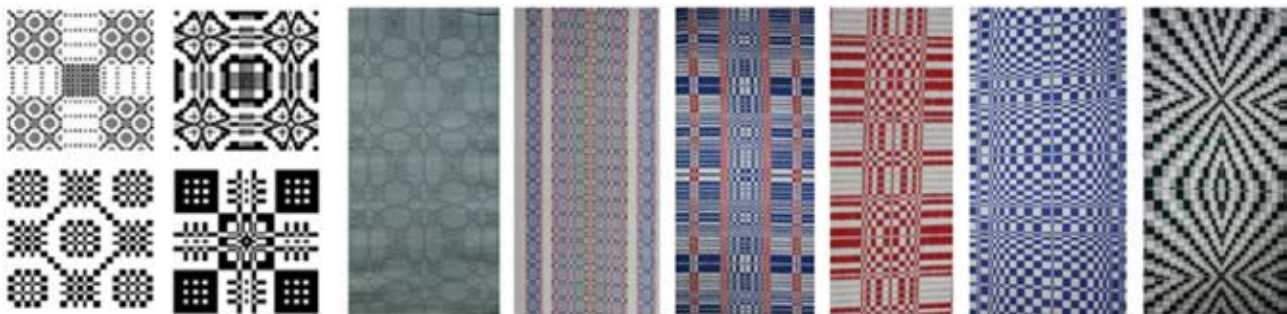
Prieverpstė – tai iš natūralaus medžio pagaminta verpimo ratelio sudėtinė dalis. Prie jos būdavo pritvirtinamas verpiamos vilnos ar linų kuodelis, ji visuomet būdavo puošiama įmantriais bei įvairiais raižinių motyvais. „Šiais laikais prieverpstės tapo solidaus bei išskirtinio namų interjero dalis, taip pat unikali dovana

išrinktajai, draugui, verslo partneriui arba kaip unikalus rankų darbo suvenyras iš Lietuvos užsienyje gyvenantiems draugams. Yra sakoma, kad kieno namuose yra prieverpstė, tiems namams ji nešą ramybę, darną ir laimę“, – apie unikalius savo darbus pasakoja Albinas Šileika [14].

Prieverpstės išsaugojo ir verpsčių raštų simboliką. Daugumą jų vainikuoja apskritimėlis su segmentine žvaigždute. Puošyboje vyrauja saulės motyvai, segmentinės žvaigždės. Šie motyvai dažniausiai naudojami po du, ypač tose prieverpstėse, kurios turi dviejų apskritimų formą. Kiti raštų motyvai geometriniai. Prieverpstėse pasitaiko taip pat stilizuotos augalijos ir gyvūnijos, meilės simbolių (širdžių, paukštelių) motyvų. Kai kur įrėžtos datos ir inicialai, taip pat vaizduojamas gyvybės medis. Augalai kartais panašūs į kraičių skrynių raštus arba realius augalus ir nudažomi tamsiai raudonais, žaliais, geltonais bei juodais dažais.

Siekiant išlaikyti mūsų tautinę savimonę, ypač aktualu panaudoti ir atkurti tautinius senuosius simbolius ir ornamentus šiuolaikiniuose kasdieninio vartojimo tekstilės gaminiuose. Raštas ir audimas mįslėse užmenami labai panašiais tekstais: „Dimną sėklą sėjau, keturi diegai dygsta – ne bet kas pažįsta (audimo raštas) LTt 5 7110“ [15].

Lietuvės kūrėjos I. Ševiakovaitė ir J. Rimkutė dalį savo kūrybinio kelio paskyrė lietuvių tradicinei ir mo-



12 pav. Ornamentai ir XIX a. audiniai (LLBM eksponatai)



13 pav. Prieverpstė (LNM, XIX a. pr.)



14 pav. Prieverpstės (A. Šileikos darbai)





15 pav. Šiuolaikiniai rankų darbo lino audiniai (V.Stigaitės darbai)



16 pav. Žemaitijos ir Suvalkijos regionų moterų išseiginiai drabužiai [5]

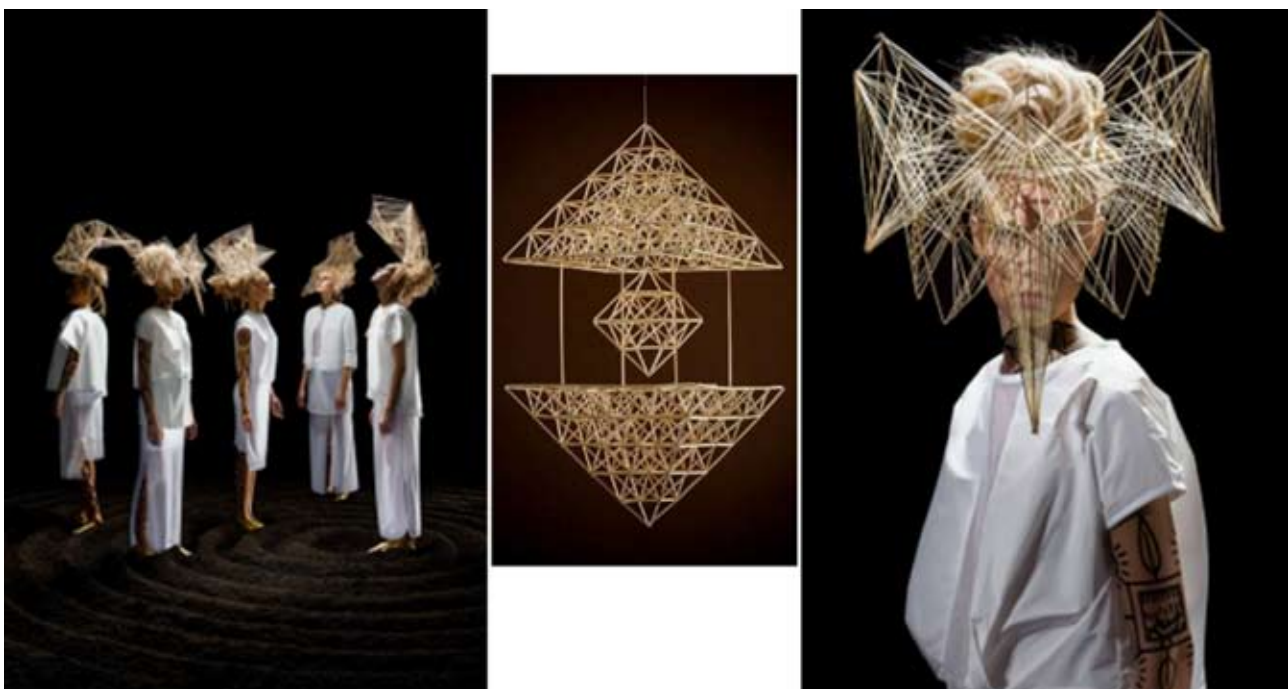
derniai aprangai, jų sąsajoms apmąstyti ir pritaikyti, atsižvelgdamos į dabarties drabužių nešiosenos ypatumus ir iššūkius. Jos įžvelgia, jog kiekvienas Lietuvos regionas turi būdingus audinių piešinius. Tai per daug amžių susiformavusios ypatybės, kurias lėmė ir vietinis kraštovaizdis, ir savita gentinė atmintis. Kiekvienas regionas turi net savą namų struktūrą, dydžius, puošybą, taip pat tikėjimus, tad akivaizdu, kad visa tai perkeliama ir į audinių piešinius, spalvas. Dizainerių kūryboje – žemaičių ryškūs, nesikartojantys, dažniausiai raudono pagrindo ilgadryžiai sijonai, kur dėlioja-

mi stambūs ar smulkūs elementai, juostos pradeda mos vienu piešiniu, o baigiamos kitu; dzūkų – smulkūs langeliai, viskas labai trapu, ypač siuvinėtose drobėse; suvalkietiškos ryškių spalvų lelijos prijuostėse! Dizainerių kurti drabužiai su neįkyriais lietuviškumo (ar priklausymo baltų arealui) ženklais, detalėmis ar spalvomis kalba patys už save [9].

Kabantys šiaudiniai sodai įkūnija žemę ir dangų, tai visatos modelis, pasaulio medis, darnos ir harmonijos simbolis. Dažniausiai aptinkami saulutė, žibintai, kistos ir kristalinių piramidžių sodai [9]. Kabantys



17 pav. Liaudies kostiumo šiuolaikinė interpretacija (dizainerių I. Ševiakovaitės ir J. Rimkutės darbai)



18 pav. „Sodų“ ornamentikos interpretacija šiuolaikinių dizainerių darbuose (A. Mašausko ir A. Pajanok darbai)

sodai Lietuvoje buvo skirtingai vadinami: *voras*, *vorys*, *pajonkas*, *žarondeliai*, *žvakių žvakidė*. Sodai kabinami sakralinėje vietoje – virš stalo gerajame namo gale, prie kurio renkasi šeima. Dažnai sodų piramidėse matomi paukščiukai, kurie kaip sielos palaiko ryšį su mirusiųjų pasauliu. Sodų įvairovė – nuo simetriškos tūrinės geometrijos iki puošniausių disko formos sodų. Piramidės viduje būna kabinami lopšeliai, saulutės ar kiaušinis. Lietuvių kūrėjų kolekcija įkvėpta lietuviškų kabančiųjų sodų, kuriuose susipina žmogiškoji esmė: nuo gyvybės medžio, vyro ir moters pasaulių sąsajos iki universaliausių archetipinių simbolių. Šiauriniai sodai būdavo kabinami virš vestuvių stalo, todėl ir kolekciją pristato sumodernintos nuotakos.

Dizaineris Rapolas Gražys pristatė modulinę lentyną AUDŽIU, suprojektuotą remiantis lietuvių liaudies

tekstilės ornamentika. Tokios lentynos turėtojas kaip tikras audėjas gali pats prireikus lengvai ją keisti – „nusiausti“ dalių kombinacijas ir lentynos funkcinę zonų išdėstymą [4].

L. Šiškutės darbuose logotipas grįstas tradicinės tekstilės motyvais ir atkartoja Lietuvos paviljono architektūrinę formą – du simetriškus kubus. Paviljono erdvės skirtos reprezentuoti Lietuvą kaip senų tradicijų ir aukštųjų technologijų šalį, o tekstilės elementas naudojamas vizualiai ir simboliškai sieti šiandienos laimėjimus su istorine ir kultūrine praeitimi [7].

Puošybinio stiliaus šriftas sukurtas remiantis baltų papuošalų dekoru elementais ir formomis. Šriftui būdinga išskirtinė rašmenų sanglauda (*kerningas*), suteikianti galimybę įvairiems simbolių deriniams kurti atitinkamus raštus. Pagrindinis šio šrifto bruožas yra





19 pav. Etnografinio rašto segmento interpretacija (dizaineris R. Gražys)



20 pav. Lietuvos paviljono parodoje EXPO Milano 2015 logotipas (L. Šiškutės darbai)

jo dvilypumas: rašydami su tarpais tarp simbolių gauname atskirus ženklus, be tarpų simboliai jungiami į naujas, hibridines formas. BALTA sudaro 100 ženklų [16].

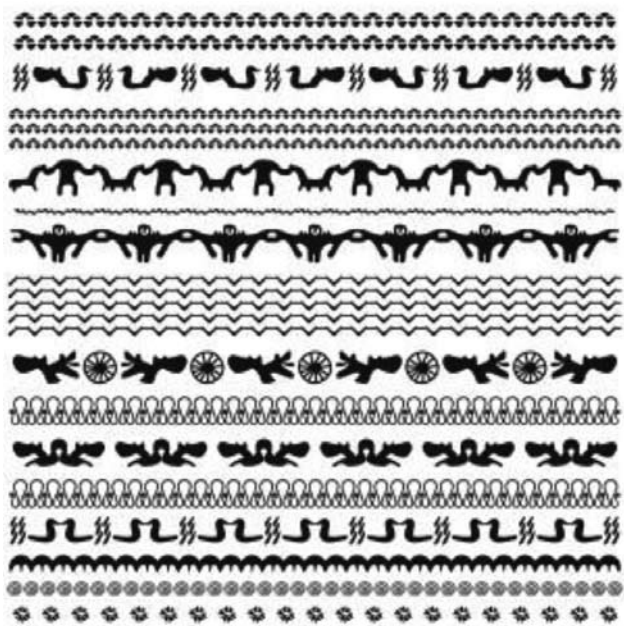
### Ženklų naudojimo galimybės šiuolaikiniame interjere

Interjeras su lietuviškais tapatybės ženklais – tai iš kartos į kartą paveldimas gyvenimo menas.

Tai mes patys. Ženkla, esantys konkrečiuose aplinkos objektuose, sukelia emocijas, veikia sąmonę. Pagarba istoriniam palikimui suteikia galimybę sukurti „lietuviškus“ namus su lietuviška dvasia. Pusę amžiaus daugelio namuose karaliavo standartas – vienodi baldai, jų išdėstymas, tas pats stolas ar sekcija, net vaza.

Galime rasti nesunaikintų autentikos detalių išlikusiųose senesnių pastatų interjeruose – tai girgždantis parketas, lubų gipsatūros ar nišos storose sienose.

Kultūros tyrėjai mano, kad, supratęs ženklus ir jų simbolius, žmogus galės atrasti harmoniją – pusiaus-



21 pav. Puošybinio stiliaus šriftas (M. Vasiliauskaitė)



22 pav. K. Varnelio namų-muziejaus interjero fragmentas [3]

vyrą šioje technologijomis valdomoje dirbtinėje aplinkoje, kuri, anot mokslininkų, tapo kasdieninių poreikių patenkinimo duobe [12].

Simboliai ne tik gali nurodyti kelią, kaip aptikti praejusių epochų dvasinius lobius, bet ir sukelti norą pagal juos gyventi bei dar ir dar kartą priartėti nauja plastine raiška ir požiūriu.

Baltų raštai, ženklai, ornamentai ar simboliai – ateities galimybės menui, aplinkai, dvasiai.

## Išvados

1. XXI a. Lietuvoje grįžtama prie tikrosios XIX a. liaudies meno tradicijos. Dailininkų ir dizainerių darbuose atsispindi tautinio stiliaus ištakos – autentiška tradicija. Menininkai išsamiai nagrinėja, lygina lietuviško ornamento tradiciją, siekiančią archeologinius viduramžius, jos vietinius savitumus, ornamentikos archaizmus, ryšį su mitologija bei etnografija.
2. Ornamentas šiuolaikiniame dizaine pateikiamas kaip puošybos elementas.
3. Šiuolaikinių dizainerių kūrybiniuose darbuose spalva pabrėžia ir išryškina ornamentą.

## Literatūra ir kiti šaltiniai

1. Adomaitytė, S. *Tautiniai raštai ir detalės puikiai papildo modernų interjerą*, 2014 [žiūrėta 2015 m. kovo 26 d.]. Prieiga internetu: <http://www.manonamai.lt/mano-namai/interjero-stiliai/>.
2. Akstinavičiūtė, I.; Petraitytė, D. *Lietuvių tautinės tapatybės simbolinių komponentų konfigūracijos. Filosofija. Sociologija*. Vilnius: Lietuvos mokslų akademijos leidykla, 2007, t. 18, Nr. 2, p. 14–31.
3. Glemža, J. R. *Istoriniai architektūros paveldo interjerai: istorija,*

*tvarkyba, vertinimas*. Vilnius: Vilniaus dailės akademija, 2014, p. 47.

4. Gražys, R. *Audžiu*, 2014 [žiūrėta 2015 m. kovo 20 d.]. Prieiga internetu: <http://rapolasgrazys.com/audziu-weaves>.
5. Jurkuvienė, T. *Lietuvių tautinis kostiumas*. Vilnius: Baltos lankos, 2008, p.13–89.
6. Kriukelienė, L. *Nuo simbolio iki simbolizmo*. Vilnius: Ciklonas, 2009, p. 54.
7. Marzotto, M. *Modernų paviljoną puoš tradiciniai motyvai*, 2014 [žiūrėta 2015 m. kovo 5 d.]. Prieiga internetu: <http://expolietuva.lt/modernu-paviljona-puos-tradiciniai-motyvai>.
8. Mašauskas, A. *Londono publikos euforiją sukėlė lietuvių „A-Twins“ kolekcija*, 2014 [žiūrėta 2015 m. kovo 10 d.]. Prieiga internetu: <http://www.sapnugaudykles.lt/kabantys-sodai.html>.
9. Morozovaitė, R. *Tautinis kostiumas gali būti madingas*, 2014 [žiūrėta 2015 m. kovo 5 d.]. Prieiga internetu: <http://kauno.diena.lt/naujienos/laisvalaikis-ir-kultura/kultura/tautinis-kostiumas>.
10. Narkelūnienė, A.; Serket, T. *Gyvenimas už miesto: šiuolaikinės lietuvių sodybos*, Vilnius: Tyto alba, 2011. p. 95.
11. Savoniakaitė, V. *Lietuvos etnologijos ir antropologijos enciklopedija*. Vilnius: LII leidykla, 2011 [žiūrėta 2015 m. kovo 1 d.]. Prieiga internetu: <http://identitetas.mch.mii.lt>.
12. Skerstonas, E. *Privatus Vilnius. Namų puošyba*. Vilnius: Charibdė, 2013, p. 20–59.
13. Skerstonas, E. *Privatus Vilnius. Interjerai*. Vilnius: Charibde, Conranoctopus, 2012, p.55–89.
14. Šileika, A. *Etninės kultūros globos taryba kviečia į parodą apie Aukštaitijos tapatybės ženklus*, 2014 [žiūrėta 2015 m. kovo 20 d.]. Prieiga internetu: <http://alkas.lt/2014/11/11/etnines-kulturos-globos-taryba-kviecia-i-paroda-apie-aukstitijos-tapatybes-zenklus/>.
15. Tarcijonaitė, M. *Menas prisitaikyti prie užsakovų įgeidžių*, 2013 [žiūrėta 2015 m. kovo 1 d.]. Prieiga internetu: <http://vz.lt/article/2013/11/1/menas-prisitaikyti-prie-uzsakovu-igeidziu>.
16. Vasiliauskaitė, M. *Balta*, 2012 [žiūrėta 2015 m. kovo 28 d.]. Prieiga internetu: <https://www.behance.net/gallery/4693007/Font-BALTA>.



# TRADITIONAL LITHUANIAN IDENTITY MARKS (PATTERNS) IN THE CONTEXT OF CONTEMPORARY TECHNOLOGIES

Liucina Kot<sup>1</sup>, Giedrė Dimavičienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Kaunas University of Technology*

<sup>2</sup>*Vilnius College of Technologies and Design*

**Annotation.** Rapid development of contemporary production technology stimulates innovation, thus the future cannot be imagined without innovative solutions. Current and future challenges create conditions to implement innovative solutions in contemporary

interior and design while, at the same time, applying Lithuanian traditions. Codes of the national wisdom are hidden inside the patterns of folklore art. The creation, interpretation and perception of ornaments is the uniqueness of Lithuanian patterns.

The ornamentation works embrace individual experience, the interaction of civilizations, national identity as well as the origins of modern culture. Ornaments is a cultural phenomenon having not only a decorative function, but also reflecting the coded information, which from contemporary perspective is perceived as the interpretation of the token of one's identity.

**Key words:** innovation, Lithuanian signs, ornaments, contemporary design.

# HEAVY TRAIN TRAFFIC CONDITIONS AND PECULIARITIES WITHIN RAILWAY INFRASTRUCTURE

Zaytsev A.A.

Moscow state university of railway engineering, Moscow,  
Obraztsov str.9, stroenie 9, zempol@rambler.ru

**Short annotation in Russian:** Развитие железнодорожного транспорта в значительной степени зависит от путей инфраструктуры, т.е. от возможности эксплуатации конструкции пути в различных режимах поездных нагрузок. Одним из условий эффективного функционирования установленных полигонов обращения тяжеловесных поездов является восприятие и передача от подшпального на грунтовое основание вибродинамических параметров возникающих при повышении значительном повышении осевых нагрузок на современном и перспективном подвижном составе. В статье рассматриваются исторические предпосылки и современный уровень исследований, отражающие изучение отклика элементов инфраструктуры, в частности земляного полотна на воздействие подвижного состава при повышенных нагрузках.

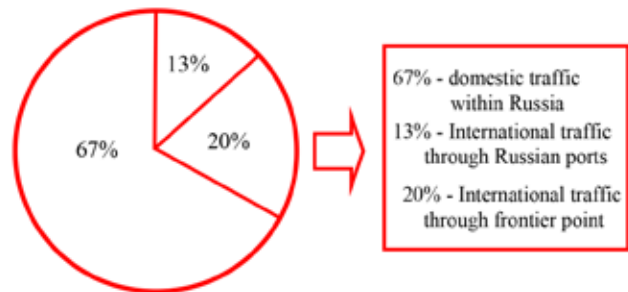
**Keywords:** heavy haul train operation, axle train load, infrastructure of railway track, railway subgrade, centrifuge physical modeling, site experiments, pressure transducers, experimental ring – poligon in Sherbinka, geogrid rigidity.

## Introduction

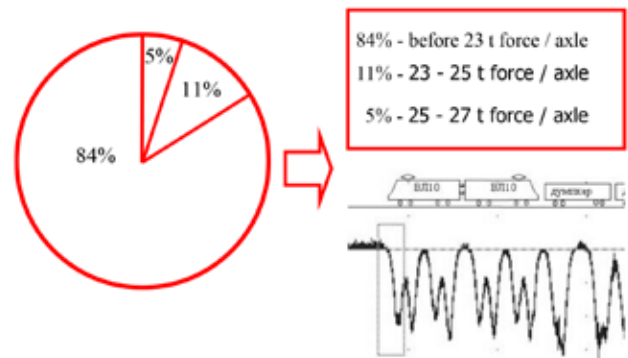
The exploitation length of railways is more than 86000 km in Russian Federation, and more than 50 % of them are electrified. Over the last decade the freight loading amounts to 1.3 billion tons per year, while more than 140 million tons are carried on the international railway network, i.e. about 11 %.

According to the data presented by the Railway Transport Council of the state-members of the CIS and the railway administrations in Bulgaria and Baltic States [3] the main goods transported on the Russian railway network are (table 1): coal – 278 million tons (21.8%); oil and oil products – 218 million tons (17.1%); construction materials and products – 207 million tons (16.3%); iron ore and manganese ore – 101 million tons (7.9%).

The pie chart describes the ratio of domestic and international railway operations in Russia (picture 1), and it shows that 20% of the railway operations are international in character and they come through the frontier points. As result, Lithuanian railways, conserving and developing «a 1520 – millimeter gauge network» is a matter of great importance for Russia. The interaction of the Russian and Lithuanian railways results in providing freight transportation across Belarus to the nonfreezing port in Klaipeda and organizing a transit line to Kaliningrad-region of Russia (across Kibartai and Pagegyai). The proportion of the carbohydrates in cisterns on the railway traffic on Lithuanian railways up to 8 million tons, this is almost 40 percent of all cargo operations.



Picture 1 The relation between domestic and international railway traffic in Russia



Picture 2 The different train axle load ratio for separate section of Big Peripheral Railway Ring route at the Moscow railways and example of dynamic stresses under ballast layer [8]

The task for the increasing and variation in interaction can be solved in perspective by means of the using of the possibilities of new-constructing railway system Rail Baltica [6].

Thus, improving of the trade operations between

Table 1. The typical characteristics parameters of haul cargo process on the Russian Railways

N #/#	Name	tons of cargo×10 <sup>8</sup>	N #/#	Name	tons of cargo×10 <sup>8</sup>
1	Coal	2.78	5	construction materials	2.07
2	oil and oil products	2.18	6	wood goods	0.64
3	iron ore and manganese ore	1.01	7	chemical and mineral fertilizers	0.43
4	ferrous metals	7.30	8	corn and grinding products	2.30

our countries can allow to consolidate of the economic interaction and to make a new impulse for development economic.

## 1. The polygons for heavy haul train operation in Russia

The perspective polygons for heavy haul train operation are Moscow – Smolensk (Big Moscow Railway Ring), Kuzbass – North-West, Kurgan – Volgograd – the Azov Sea and the Black Sea basins [5]. The heavy haul operation also exists and developing at Baikal-Amur trunk line, at the Eastern Polygons – the eastern parts of Trans-Siberian trunk line and others. In all of these cases, the test polygon for checking the current and perspective track infrastructure in conditions of the heavy train load action is the Experimental Ring in Sherbinka [9].

The possibility of the train turnover increase at the Russian railways depends on the tendency to raise of the train weight via load or train length magnification.

Nowadays there is the instruction to make up a train with the number of wagons up to hundred units and the train weight of more than 8000 tons. For example, for coal-ore routes this is 9000 tons and for oil routes – 8000 tons.

The trains with axle load equals 23 tons operate on the separate sections of railways in Moscow region and this is more than 15% of all rolling stock (picture 2), and axle loads of 23-25 tons compose 11%, 25-27 tons are respectively up to 5 % [8].

According to the Russian Standard SP 32-104-98 [7] for designing the earthwork for railways with 1520 mm track in special cases (high embankments, weak foundations etc) the subgrade must be checked on slope stability, foundation stability and the upper part of subgrade must be calculated on the freeze-heave value, elastic settlements from train loading). The temporary loading from trains on the upper part of subgrade is equal to the load from four-axis freight wagons, it means that this value equals 294 kN (30 tons). In practice, subgrade calculation based on the standard SP 32-104-98 for the track design construction under condition when the load is 30 tons is appear some contradiction because there is no operated rolling stock with same parameters.

The special standard 1.07.002.2010 for regulation of the technical specifications of the railway infrastructure on the section with heavy haul train operations was established in the context of the modern technical politic of the JSC RZD in 2010. In common view these specifications include the construction of the jointless track on concrete sleepers; outer rail R65 in the curves less than 1200 meters – the type of rails with the high wearing capacity and contact endurance; spring rail-sleeper conjunctions; sub-ballast layers in case of the insufficient of the soil bearing capacity at the upper

part of subgrade and the safe value factor of slope stability for embankments not less than 1.25.

The individual case is the influence of the soil vibration from trains on the soil parameters, especially on shear resistance of subgrade soil, shear resistance of ballast materials. A.A.Morozova defines the minimum value of dynamic influence on shear resistance of crushed rock as the ballast material: the reducing of the internal friction angle to the 7 % for granite and 5 % for gabbro-diabase [10].

The problem which a lead to axle load growth is obviously depends on the growth of the subgrade deformations. For example, due to the railway net experiment which was holding from 1980 to 1991 indicated that subgrade deformations increase [10]. The subgrade deformations increase at 50% and the slope failure of embankments increase at 12 % [4]. Thus, the task of reliable estimation of the load increase on subgrade is a very actual task which must be solved by number of methods.

## 2. The experiments on exploitation railway track

### 2.1. Experience of the site tests, the historical references.

During the railway exploitation the engineers and scientists provided the wide range of researches on the exploitation sections of the railways, especially in the part of rail – wheel interaction, rolling stock – railway track interaction.

Approximately, in the same period, the 80-90s years of the XIX century important experiments was performed by Dr.Zimmerman on the Elzas – Lotqaringia railways, by Eng. Stetsevich on the Tambov – Saratov and Baltic railways and Eng. Vasyutinsky on the Warsaw – Wein railway [1,2].

Thus during 1897 – 1898 an Engineer A. Vasyutinsky on a experimental site nearby Warsaw did some researches for the permanent way: a railway gauge 1435 mm, the rails with weight 31.45 and 38 kg per meters, wooden sleepers with length 2.7 meters and two variants of the ballast prism: from coarse sand in mixture with gravel and rock stones (picture 3).

The researches where provided with the trains loading from the special train and locomotive axle load equals 13.4 tons [1]. The experiment apparatus consists of the device for photographing and the optical system – magnifying lens. This system where allows to make measurements of the vertical and horizontal displacements of the rails and sleepers. The results of these experiments A.Vasyutinsky presented at the transactions of the advisory Railway Council of track maintenance Engineers in 1898. It was a special report: and one of its conclusions was the necessity to improving of the ballast material properties [1].

Since 1955 in Moscow Institute of Railway Transport Engineers (MIIT) has presented of the Track-research Laboratory under the leadership of professor G.M.Shahuniyants. The specialists of this laboratory in the period from 1958 to 1960 conducted the complex researches on the track section Oshmyany – Gudogay (the Belorussian republic of USSR) with the aim of defining of the modulus of track elasticity. Then the researches were continued on the section Kazlu – Ruda – Pilvishkyai at the Kaunas track maintenance department (Lithuania). On the results of these the requirements to the solid prefabricated concrete plates for the trunk-railway lines for heavy haul train operation were formulated.

**2.2 The current state of questions to dynamic stresses from train loading to the ballast layer and subgrade**

The usual way to the analyze the calculation of dynamic stresses on the upper part of subgrade (embankments, cutting) is to use the methodic for calculation and estimation of the stresses level in the track elements in the edition from 15.06.2000 [11]; in Novosibirsk science school A.L.Isakov accumulated the experience of estimation by the using finite element methods, the work of E.P.Isaenko also well-known.

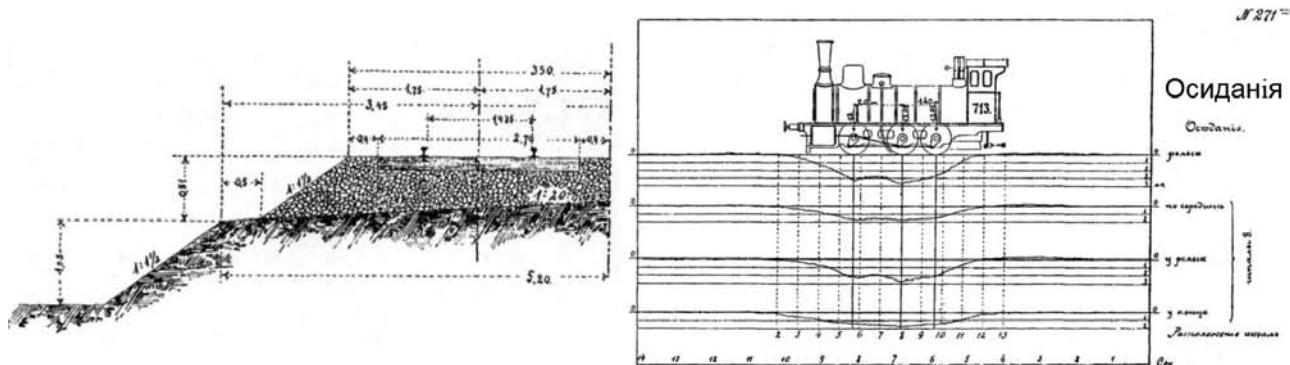
The methods of dynamic stresses calculations within and under the ballast layer include: the model of inertial viscous-elastic media – A.Y.Kogan; the met-

hod of analysis, used from 1954, and which include the methodology for dynamic stresses estimation under the ballast layer and the scheme of load distribution from three sleepers – a method of M.F.Verigo. In 1970 A.M.Golovanchikov proposed to use of the statistical methods for dynamic stresses estimation, with account that border grains of the ballast material possessed friction and cohesion forces [12].

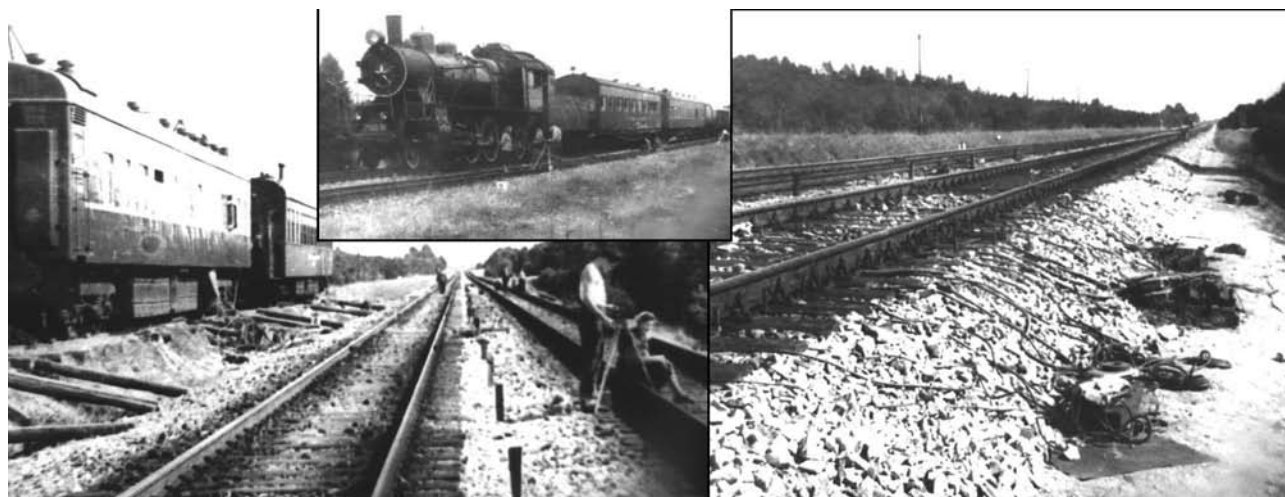
Many scientists dealt with the problem of experimental estimation and the modeling of the dynamic stresses in the ballast layer, on the upper part of subgrade and at the embankment. These are T.G.Yakovleva, V.F.Baraboshin, G.G.Konshin, I.V.Prokudin, V.V.Vinogradov, L.S.Blashko, E.S.Ashpiz, G.M.Stoyanovich, A.A.Zaytsev and others.

Prokudin I.V. established the linear rising of the dynamical stresses 18 kPa every 10 kilometers per hour, this is not actually for the wide train velocity diapason, maximum value of stresses in ballast 330 kPa at the train velocity 60 km per hour and the axle train load 230 kN.

The results of G.G.Konshin experimental complex researches on the joints track allowed to define the impact-dynamical adding stress value, that is typical for freight wagons under the axle load 250 kN. This zone is estimated in joint and nearby joint on jointed track approximately equal 77 centimeters from joint axis. Blashko L.S. provided the technical and technological

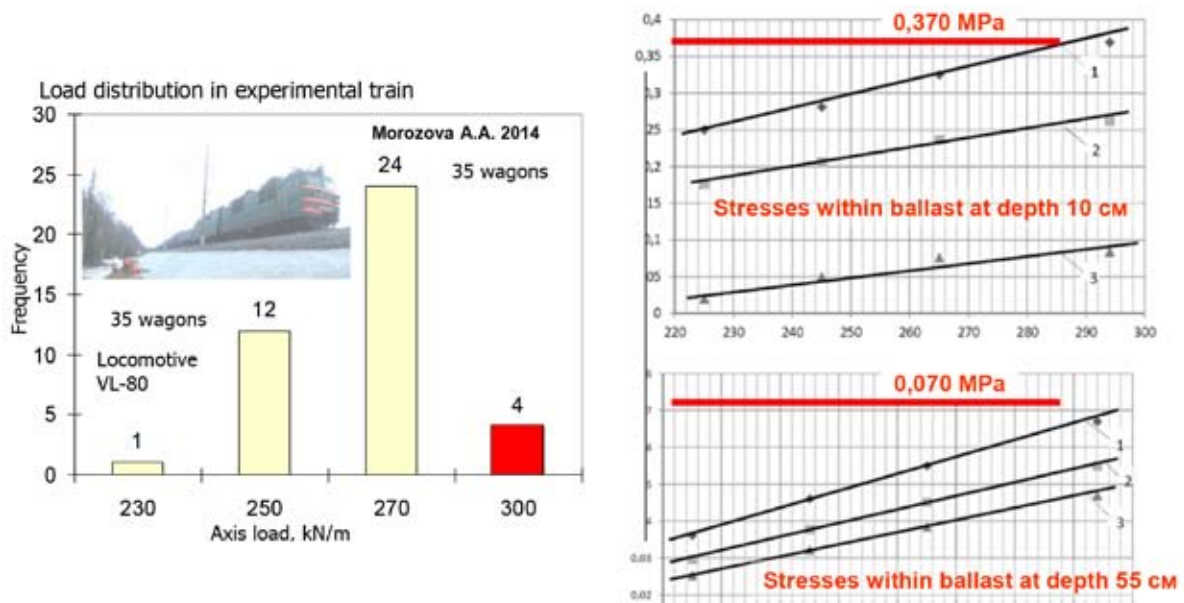


Picture 3 Illustration to the researches by A. Vasyutinsky on Warshawa – Wein railway 1897–1898



Picture 4 The photo from Oshmyany – Gudogay (1958–1960 [12])





Picture 5 The dynamic loads for experimental train after Morozova A.A.

evaluation of reinforcing the track constructions on the section with rolling stock operation and axle load up to 300 kN [13].

Morozova A.A. performed the research at the Experimental Ring in Sherbinka, where the track profile is on zero level, ballast material – rock stones, the thickness of the ballast layer is 0.55 meters. The subgrade soil is fine sand with gravel of average density, then the foundation layer with thickness 1.1 meters – clay in a semisolid condition and clay loam in tightly-plastic condition. The permanent way of the railway track: concrete sleepers with distribution of 2000 units per kilometers, spring rail-sleeper conjunctions – ARS, rails P65. The train velocity is equal to 70 kilometers per hour. The scheme of this experimental train (picture 5) includes the locomotive VL80 with 35 wagons. Four wagons from all are with 300-kN axle load, twenty four wagons are with 270-kN axle load, twelve wagons are with 250 kN axle-load and one wagon is with 230 kN axle-load.

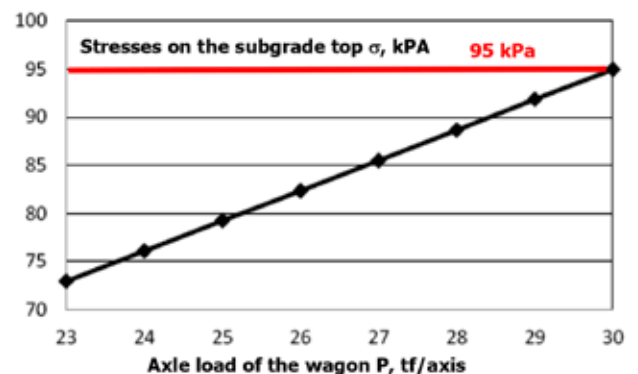
The scheme of pressure transducers establishing within ballast prism provides the data acquisition from three vertical planes in 15 centimeters (the end of the sleeper, the rail-axis plane and in the distance of 55 cm from rail-axis to track-axis). Two adding transducers were established in a lower part of the ballast prism on the track-axis and on length 50 cm from the end of the sleeper to the field side, in the picture 5 the results from this experiments are presented (Morozova A.A. 2014). Thus, for train velocity 70 km per hour and in the diapason of the axle load from 230 kN to 300 kN was founded that at the level of 10 cm under the sleeper the linear increase of the vertical stresses took placed.

The value of the dynamic stresses: increasing dynamic stresses from 250 kPa to 370 kPa for the maximum range in the plane through the rail-axis and in

the depth of 55 cm under the sleeper has the common trend to decrease the stresses.

It was defined that the dynamic stresses for axle load 300 kN and the bearing capacity of the ballast layer with thickness 0.55 meters are able to reduce and distribute the dynamic stresses with decreasing coefficient to 5.3 time (reducing from 370 kPa at the top of the layer and 70 kPa at the bottom of the layer). For the depth of the ballast layer in 40 cm under the sleeper, the distribution function of the ballast layer equals 3.8 times, i.e. dynamic stresses equal 96 kPa at the train velocity of the experimental train 70 km per hour.

Naumov V.V. in accordance with the methodology (Methodic estimation, 2000) provided the analysis to the defining of the dynamic stresses on the upper part of the embankment. In this study the load from freight wagons and bogies “TSNII-H3” is used with the different axle loads and train velocity 45 kilometers per hour (picture 6). The dynamic stresses were defined and equaled 95 kPa at train velocity 45 kilometers per hour. The dynamic stresses in this study in correlation with the experimental study performed by Morozova A.A. equaled 96 kPa.



Picture 6 The dynamic stresses under ballast layer

### 3. Physical modeling of railway embankments on the geotechnical centrifuge

In 2011 the research of physical modeling embankment was conducted in the group of centrifuge modeling of research center «Modeling of engineering construction» of the track and track facilities Department in MIIT.

The prototype height equals 11 meters, the first six meters slope grade 1:1.5, then 1:1.75. Soil of the embankment model is clay loam with moisture content 27% and density of dry soil 1.5-1.57 gram per cubic centimeters.

The application of the static loading instead of dynamical is compensated by increasing the intensity of the pressure value (surcharge) on the upper part of subgrade. This value increased on 20%, i.e. common load equals 115 kPa. In fact, this load is defined at the wagon train velocity equals 70 kilometer per hour and ballast layer thickness equals 33 centimeters or on reducing the bearing capacity of the layer at the process of ballast pollution.

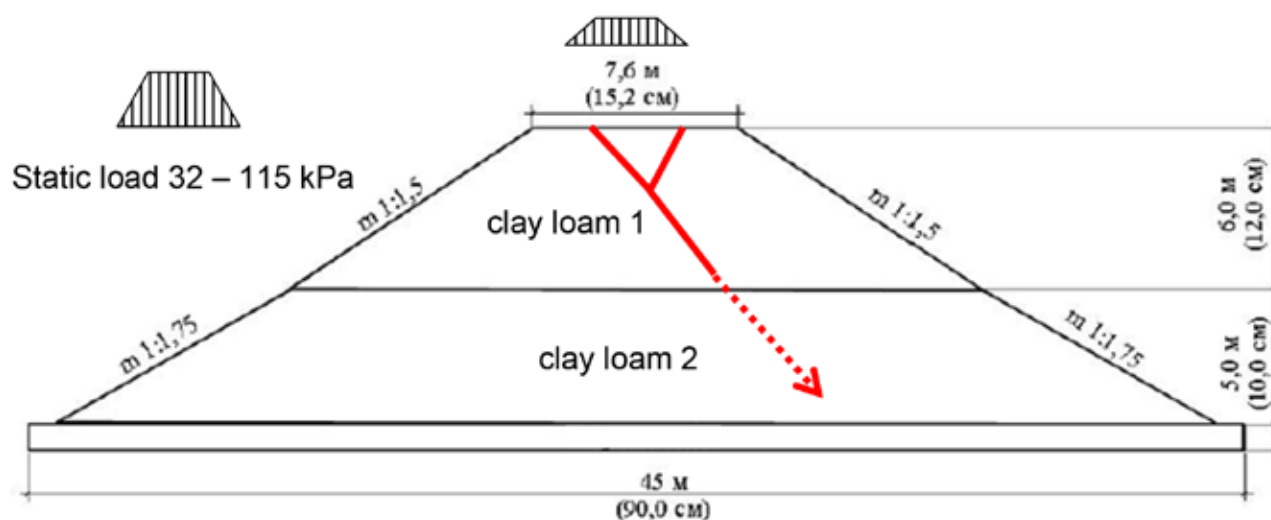
Three stages of the physical modeling with inten-

sity of the surcharge – static pressure 32, 50 and 115 kPa and was defined that at static load 32 kPa of the settlements at the upper part of embankment occurred without any obvious deformation of model section. At the stage with pressure 115 kPa the embankment settlements increased with the further inside the central part and the slope part of the model with the formation of the failure surface (picture 7).

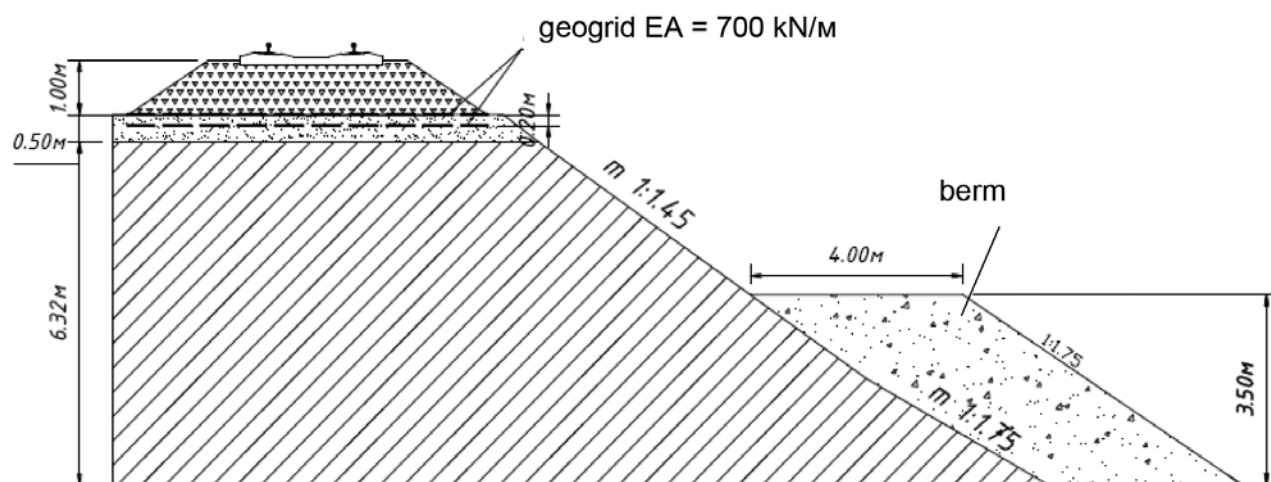
The complex decisions for embankment reinforcing in these cases can be the reinforcing of the sub-ballast zone by special sub-ballast material from sand-gravel mix and one layer of geogrid with rigidity  $EA = 700$  kN/m [8] as the element with a reinforcing and stabilization function and reinforcing of the embankment slope in the lower part by berm (picture 8).

### Conclusions

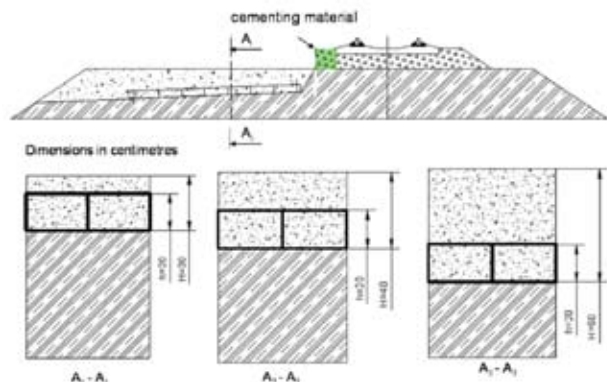
Considering the results of the research in field of the high train load influence on the infrastructure of the railway track it is possible to make a conclusion that ballast material is the most important factor which



Picture 7 The cross-section of the embankment prototype with marking of the failure surface



Picture 8 The cross-section of the embankment reinforcing (after Naumov V.V. 2013)



Picture 9 The layering of the protection sub-ballast layer with using of the geocell on the geotextile and sand- gravel mix (Zaytsev A.A., Bubnovsky V.V. 2014)

influenced on the value of the dynamic stresses on the upper part of the subgrade.

In this connection it is necessary to continue the work in the estimation of applicable ballast material and the designing the requirement of the shear resistance parameters besides the existing GOST-parameters of the grain size distribution and forms of grains.

The physical modeling on the centrifuge with providing for embankments from clay loam at the three stages of experiments. It was established that at static loading with pressure 115 kPa on the embankment model of the failure of the upper part and the center of a model as of the slope failure occurs. As the measures for solving stabilization problem some actions can be estimated for improving the soil and ballast characteristics, optimization of sub-ballast layers, prevention nailing of the subgrade, construction of the berms etc. In more cases the construction of sub-ballast layers is the effective decisions for reducing and improving the distribution of function for dynamical stresses.

The example of the construction sub-ballast layer with geocells is presented on picture 9 [14]. The subgrade behavior in this case – after the realization of the reinforcing measurements can supply the equal safety in the exploitation period for the load level and in conditions of heavy haul operations.

## Literature

1. Vasyutinsky A. The observes under temporary deformations in permanent way of Warsaw'a-Wein'skoi railway in 1898 // Transactions and Proceedings of Advisory Council of Engineers track maintenance at Russian railways, 1899, *Tovarishestvo «Pechatnya S.P.Yakovleva»*, 62 p.p., reedition JSC «RZD», 2005 (in Russian).
2. Die Wirkungsweise der Betting nach Versuchen der Reichseisenbahnen, von Dr.Zimmerman, Organ, 1888, V. (in German).
3. Booklet to 15-th Anniversary of Council of the CIS countries and railway administrations in Bulgaria and Baltic States, 2007, 20 p.p. (in Russian).
4. Lebedev A.V. The behavior of the subgrade at railway net (in Russian) // Proceedings of XI International Conference “The current problems of projection, construction an exploitation of the railway track”, Moscow, MIIT, 03-04 April 2014, P.15-27. (in Russian).
5. The strategy of railway transport elaboration in Russian Federation before 2030 year: Russian Government Regulations from 17 June 2008. (in Russian).
6. Burak Jadvyga. Implementation of Rail Baltica Project // Oral presentation at International Scientific and Practical Conference “Technological Innovation For Sustainable Society – 2015”, Vilnius, 19 March 2015.
7. SP 32-104-98 Russian Standards: Design of earthwork for railways with 1520 mm track.
8. Naumov V.V. The supplying of the workability of the railway embankments at the sections with heavy dual operations / Candidate thesis, Moscow, 2013.-165 p.p. (in Russian).
9. Morozova A.A. The bearing capacity of the railway track foundation / Candidate thesis, Moscow, 2013.-184 p.p. (in Russian).
10. The regulations of technical desigions for reinforcing and stabilization of the top level of subgrade at sections with heavy haul train operation with high axle and lineal loads, heavy haul and long-length trains, 1993.- 75 p. (in Russian).
11. Methodic of evaluation of the rolling stock influences on track / Russian Railways from 15.06.2000 (in Russian).
12. The report and materials of the experiments on the Oshmyany – Gudogay Belarusian railways / typescript, MIIT, Moscow, 1958. (in Russian).
13. Blashko L.S. Technical and technological evaluation of reinforcing of track constructions at section with rolling stock operation and axle load before 300 kN / Doctoral thesis, Sankt-Petersburg, 2003.-331 p.p. (in Russian).
14. Zaytsev A.A., Bubnovsky V.V. Three-dimensional plastic geocells in the construction of railroads // Proceedings of the 10 ICG, 21–25 Sept, 2014, Berlin, 8 p.p. ISBN: 978-3-9813953-9-6

# REMOTE CONTROL OF RAIL TRANSPORT IN THE CZECH REPUBLIC

Ing. Blanka Kalupová

College of Logistics, Palackého 25, CZ – 750 02 Přerov, Czech Republic

E-mail: [blanka.kalupova@vslg.cz](mailto:blanka.kalupova@vslg.cz)

**Annotation.** Rail transport is an integral part of the transport system in the Czech Republic. Along with road transport it is the backbone of the Czech transport system for domestic and transit traffic. For effective management of rail transport it is necessary to ensure adequate technical and technological conditions.

Modern traffic management on major railways in the Czech Republic is carried out remotely from a central Traffic Dispatch Control Centre „TCC”. Traffic Dispatch Control Centre „TCC” is conceived as a workplace for long-distance train traffic on the section of line controlled lines. For the purposes of central management the Czech Republic is divided into two parts. Rail traffic on the corridor routes in Moravia is controlled from a central dispatching center in Přerov. Another center for remote control of traffic on the Czech territory is being built in Prague.

**Keywords:** Remote Control of Rail Transport, Traffic Dispatch Control Centre

## Introduction

Rail transport is an integral part of the transport system in the Czech Republic. Along with road transport, rail transport is the core of the Czech transport system for domestic and transit traffic.

Modernization of railway transport, increasing speed of trains and the desire for greater efficiency requires seeking new possibilities of modern rail traffic management. On selected routes in the Czech Republic a modern method of rail traffic control from the dispatcher Traffic Control Centre „TCC” is introduced.

Dispatchers in Traffic Control Centre „TCC” directly control the operation of the assigned area and control remotely the security devices in controlled railway stations. Method for controlling a long track section must respect not only linear but also local operational and technological processes. Specific requirements are imposed on the media device, i.e. ensuring trackside connection with controlled railway stations or connection to the train driver.

## 1. Rail transport in the Czech Republic

Rail transport in the Czech Republic has its origins back in the early 19<sup>th</sup> century. Historically, the first railway line was horse-drawn line leading from the city of Linz in Austria to the city of České Budejovice in the Czech Republic (1828). The main railway network was built in the 19<sup>th</sup> century. Construction of lines has become a challenging engineering work due to significantly uneven terrain of today’s Czech Republic.

The predominant owner and operator of the railway lines on our territory throughout the history was mostly the state. However, the network was built primarily by private owners.

Nowadays, the owner of the majority of railway lines in the Czech Republic is the state represented by the Railway Infrastructure Administration, state organization and Czech Railways, joint-stock company, which is also the biggest national carrier.

Throughout its existence our railway transported billions of passengers and billions of freight tons. At present it holds the 4<sup>th</sup> position in Europe with its volume of transportation.

Currently, the railway network in the Czech Republic has the length of 9,560 km; construction length of tracks is 15,607 km (Picture 1, <http://www.szdc.cz>). The railway network density is 12.2 km per 100 km<sup>2</sup> of the land, which is the second densest railway network in the world. There is a mixed traffic on the railway – shared passenger and freight transport (Table 1, <https://www.sydos.cz>).

Since the beginning of the 21<sup>st</sup> century the railroads go through significant organizational and operational changes.

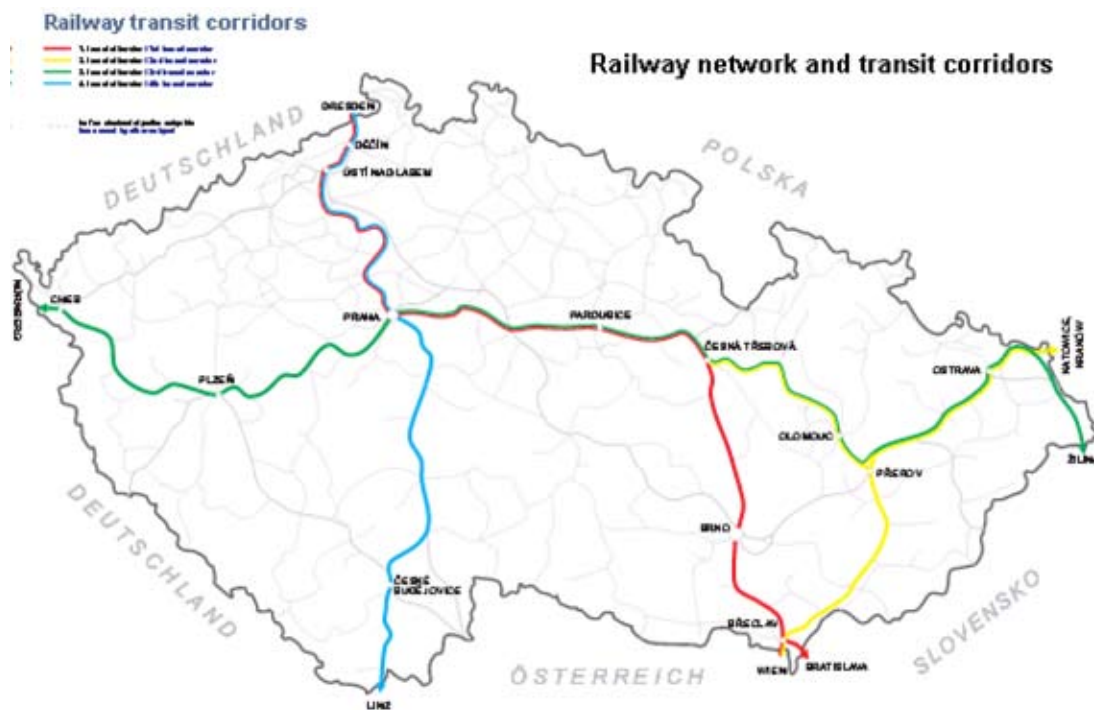
The Czech Railway system went through a major transformation in 2002, including a large-scale restructuring which has divided the infrastructure and transportation elements into two separate entities. Rail tracks and rail traffic is separated since 1<sup>st</sup> January 2003. Operation of the railway – transport infrastructure is performed by the state organization called Railway Infrastructure Administration (Správa železniční dopravní cesty “SZDC”). Rail traffic is performed by České dráhy Inc., CD Cargo Inc. and by other carriers e.g. Advanced World Transport Inc. or METRANS Inc.

Simultaneously, in accordance with national transport policy and EU transport policy railway corridors are being modernized on railway lines included in the TEN – T. The selected railway network of the Czech Republic, representing a part of the European Railway system, must comply with the requirements for interoperability.

## 2. Modernization of railway transport

Modernization of railway transport focuses mainly on the corridor lines. Four transit railway corridors were defined for the Czech Republic. Modernization is preferably carried out on these corridors according to





Picture 1 The Railway network and transit corridors in the Czech Republic

Table 1. The Railway network in the Czech Republic (in km)

Railway network in the Czech Republic (km)	2014	Railway network in the Czech Republic (km)	2014
Total length of operated lines	9 560	Total non-electrified lines	6 345
by number of tracks		Total electrified lines	3 216
single track	7 635	by number of tracks	
double tracks and more	1 925	single track	1 363
by gauge of tracks		double tracks and more	1 852
standard gauge (1435 mm)	9 459	by type of current	
narrow gauge	102	50 Hz/25 000 V	1 383
by nature of traffic		15 000 V, 16 2/3 Hz	14
passenger and goods transport	9 560	DC 3 000 V	1 795
		DC 1 500 V	24

the parameters contained in the European Agreements AGC (Agreement on International Railway Lines) and AGTC (Agreement on Important International Combined Transport and related objects), to which the Czech Republic adheres, and also in accordance with the development plans of railway networks developed by the European Union and the International Union of Railways (UIC).

The basic parameters for optimization and modernization of railway transit corridors are:

- track speed of 160 km.h<sup>-1</sup> (120 km.h<sup>-1</sup> by the Agreement AGC),
- spatial continuity UIC GB, load class D4 UIC (22.5 t/axle),
- prior-ride length of about 750 m (700 m according to AGTC).

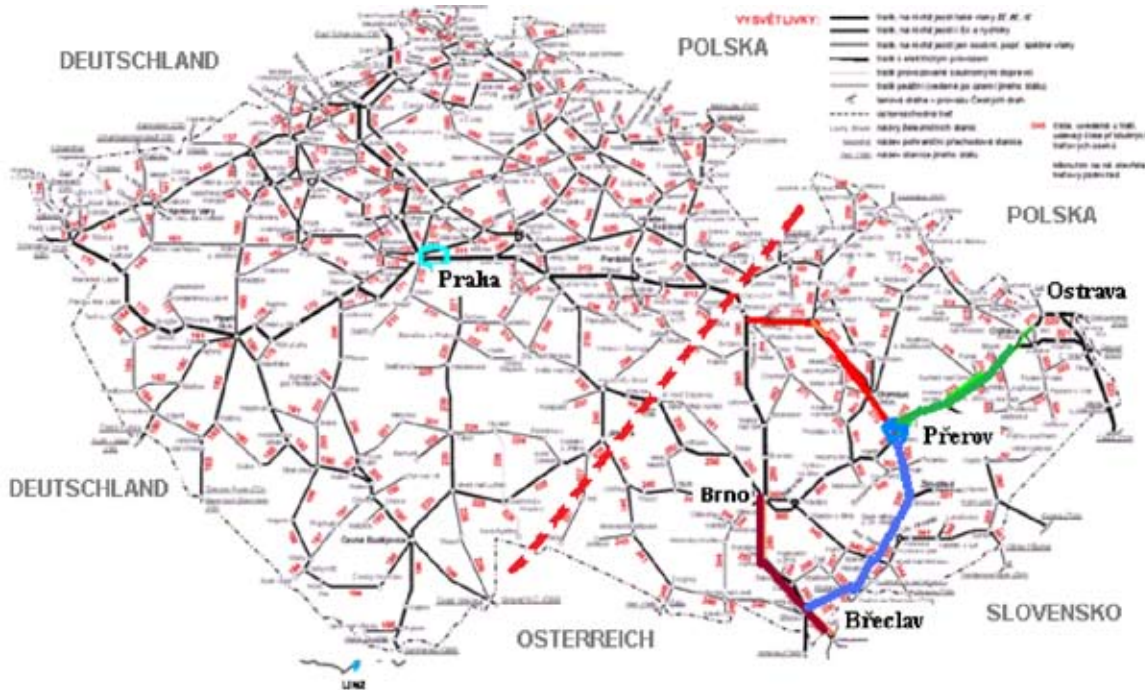
Within the framework of modernization of the corridor lines railway superstructure and substructure is reconstructed. Dozens of new bridges are built, many power stations are rebuilt, overhead traction lines are renovated. Railway stations are also modernized gra-

dually. Simultaneously new station signaling and communications equipment is being built on railway corridors. New advanced communication and information technologies are established into operation.

### 3. Remote control of railway transport

Modernization of railway transport, increasing speed of trains and the demand for greater efficiency allows implementing the project for remote control of rail transport. Remote control of rail transport in the Czech Republic will be located in two central departments. One office for the Bohemian region (western part of the republic) will be situated in Prague, the other one for Moravia (eastern part of the republic) was built in the city of Prerov.

Traditional rail traffic control can be seen as a model of dispatching control (central dispatcher and dispatchers in individual sections) with traffic management in each railway station. Train dispatcher is in



Picture 2 Remote control of railway transport from Prerov

charge of operations in the railway station including security equipment.

Technical advance in security technologies enables the control of the track with approximately 250 rail switches using electronic interlocking ESA developed by AŽD Praha company. It is able to control one or more railway stations from one centre.

Technical resources for managing several neighbouring circuits can be focused into the Traffic Control Centre „TCC”. The assigned track section is then controlled from a single centre.

Remote control of rail traffic uses advanced computer technology for controlling and safety equipment for railway traffic.

Remote traffic control includes the following operations[1]:

- Direct operation of signalling equipment for railway and shunting paths at all stations in the controlled area
- Traffic control (i.e. a sequence of trains) on the entire railway and to the nearest station on branch lines,
- Planning of train operation, assembling shift plans, etc.,
- Train-completing work at selected stations,
- Local work, i.e. delivering and collection of trucks to loading and unloading locations and operations of railway sidings,
- Traffic control during emergencies and equipment failures at transport lines.

### 3.1. Traffic Control Centre in Prerov

Traffic Control Centre „TCC” located in Prerov was built in 2009 with the intention to build a central-

ly controlled traffic on the main corridors of Moravia. Prerov has suitable conditions for centralized management of rail transport due to its position in relation to the controlled trails. A new dispatching centre, which is part of the SŽDC, was built here.

Currently, only a single modern central dispatch Traffic Control Centre „TCC” is in operation in Czech Republic. Trains for whole Moravia should be driven from here by 2025. Similar equipment is being built in the capital city of Prague (Picture 2, processed by <http://www.szdc.cz>).

The Traffic Control Centre „TCC” in Prerov is a five-storey building with central stairway hall (Picture 3). Control dispatchers rooms and offices are located along both longer sides of the building. Background facility is built on the first and second floor due to the risk of flood in the area. Traffic dispatch halls are built on the third to the fifth floors. It is assumed that up to 16 tracks will be controlled from this building. [2]

TCC enables centralization of the control of the railway section into one Traffic dispatch hall. Each track has its own Traffic dispatch hall. TCC dispatchers directly control the operation of the assigned area and they remotely control the security devices in the controlled railway stations, too. Method for controlling a long track section must also respect the given local operational and technological processes. Specific requirements are imposed on the communication equipment, i.e. to ensure trackside connection with controlled railway stations or connection with the train driver.

Four tracks are currently controlled from Prerov:

- Prerov – Polanka nad Odrou (direction to Slovakia), a total of 75 km,



Picture 3 Traffic Control Centre Building “TCC” Prerov – excursion of students of College of Logistics

- Prerov – Břeclav (direction to Austria and Slovakia), a total of 100 km,
- Prerov – Česká Třebová (direction to Prague – the capital of the Czech Republic), a total of 108 km,
- Brno – Břeclav – Lanžhot (direction to Slovakia), a total of 68 km.

Supervision of technical subsystems of the controlled routes is centralized into a single workstation – workplace of the dispatcher of the railway. This is a united workplace for all the controlled railway lines.

#### 4.2. Remote control of a selected railway track – railway track Prerov – Břeclav

Track Prerov – Břeclav is the first remote-controlled line in the Czech Republic. Suitable conditions were created here for the implementation of the necessary technical equipment for the central management of railway transport. The section is 100 km long; it has 15 controlled railway stations (Table 2).

Table 2. Overview of the selected characteristics of the Prerov – Břeclav track

The total length of railway track with a remote control device (km)	100
The total number of remote railway stations (outside of Prerov and Břeclav)	15
Total number of railway stops	8
Total number of turnouts	506
Number turnouts equipped with electric heating	204
Line speed	160 km.h <sup>-1</sup> with local restrictions

The basis of centralized traffic control operation of one technological unit on a relevant railway line is its centralization into one dispatching hall. All information on the operation of the railway track are gathered in this hall. This ensures efficient operation of the railway.

Remote control of the signalling equipment in all fifteen stations is possible due to the remote control system DOZ 1 from AZD Praha. This system also can transfer the numbers of trains on the railyard relief. The information and control system for the traffic is a graphic-technological extension of the signaling equipment (GTN).

Graphic-technological extension GTN automatically runs all electronic traffic documentation, shows the current and prospective (expected) traffic situation, communicates the data to the higher information and control systems of the rail transport (i.e. ISOR – operational management information system).

Four juxtaposed large screen displays with a diagonal measurement of 67“ (VEZO) are used for showing of all tracks across the railroad. 12 LCD monitors are located above these displays, showing the subways and platforms from camera systems placed at railway stations. It is possible to switch between these cameras.

Track Prerov – Břeclav is managed by two track dispatchers and three local dispatchers. Track dispatcher I (Prerov – Staré Město u Uherského Hradiště, except for the railway station Prerov) and the track dispatcher II (Nedakonice – Břeclav) controls the transit traffic in the controlled area. Workplace of these track dispatchers is in the second line in front of the large screen display VEZO (Picture 4, processed by. Polach, V. Centrální dispečerské pracoviště Prerov – pilotní projekt. *Vědeckotechnický sborník ČD*. 2006, No. 22. (page 41)

Local dispatchers are primarily intended for managing heavy railway traffic in Hulín, Staré Město u Uherského Hradiště and Hodonín stations. If it is necessary, they can direct the operation of any station in the controlled area. Workplace of these local dispatchers is in the first line in front of the large screen display VEZO.

Traffic operators, which are serving GTN, camera systems and passenger information system have their workplace in the third line in front of the large screen display VEZO.

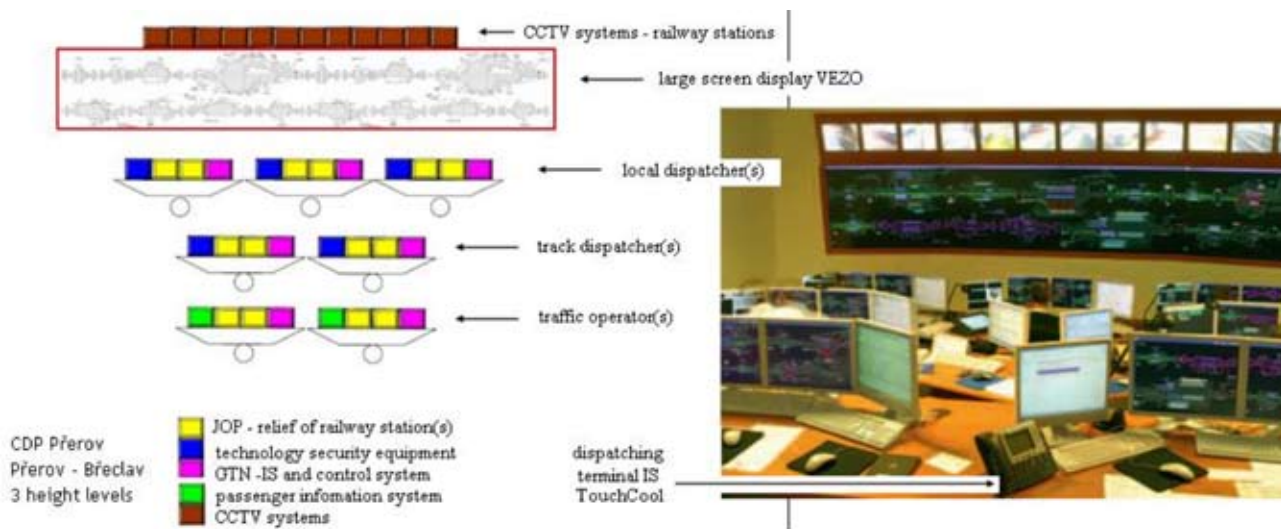
#### 3.3. Workplace the dispatcher

Workplace the dispatcher consists of commanding computer security equipment and application GTN. Track connection, AUT, TRS, MRTS are integrated into a common operator terminal TouchCall.

#### Interlocking systém remote control (CTC) type DOZ1 [2]

Remote control system DOZ-1 is designed to control several station interlocking systems from a single location (one dispatcher’s centre). To increase reliability the stations are connected by two independent communication branches. Station relief is displayed on VDU eventually it can be supplemented by large screen display. The control is carried out from dispatcher’s commanding computer by keyboard and mouse. Because the display covers the entire track section (even





Picture 4 Dispatching hall

more than 100 km) the remote control dispatcher has a much better general of traffic situation in the area, helping him in decision making. This way the traffic control becomes more efficient. Besides the improvement of general view and orientation, each DOZ-1 remote control is equipped by transmission of a train number and GTN application. GTN application automatically process electronic traffic documentation, displays actual traffic overview, communicate with superior railway informative and control systems in data way (e.g. information system of operational control).

- Electronic system connected to station interlocking systems, communication through fibre optic or metallic cables. Updating of relief display each 200 m.s-1.
- Possibility to carry out mandatory documented (safety critical) operations.
- Remote control allows to control any signalling equipment (electronic and other upgraded by relevant interface).
- Low maintenance cost.

### 3.3.1. The Unified active control place „JOP“

The unified active control place “JOP” has been designed as an interface between a railway employee and the interlocking system. In electronic interlocking and remote control centres (DOZ) it forms system operative level.

JOP Commanding control place is connected to the interlocking system and consists of:

- a) Commanding Computer (ZPC),
- b) GTN computer (GPC).

#### ad a) Commanding Computer (ZPC)

It provides overview railway display on VDUs and technological information on special VDU (Picture 5):

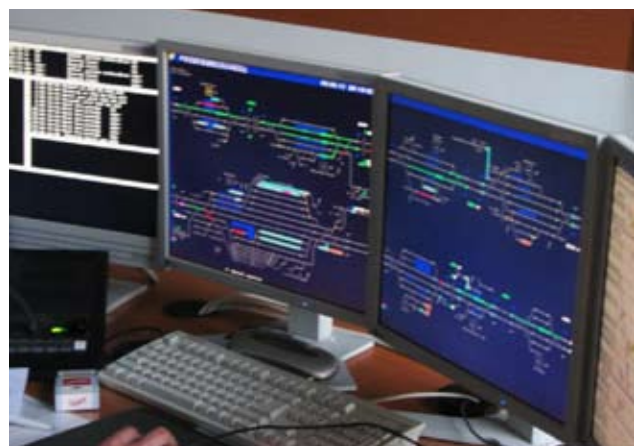
- Display of the system current states:
- the railway – associative symbolic displaying a rail-

lyard, VDU indications are secured by the equipment technological characteristics,

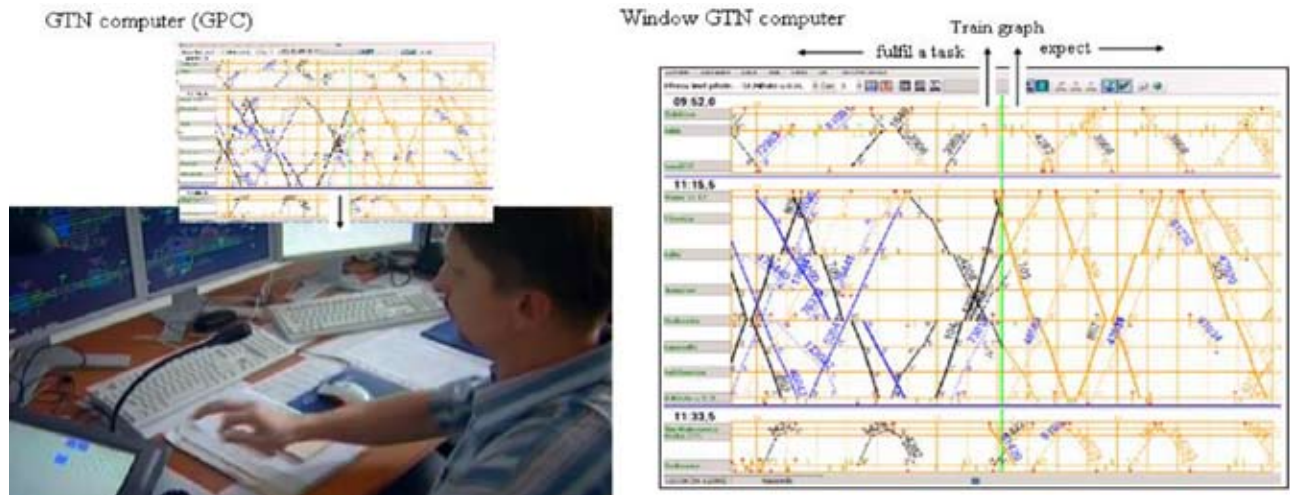
- technology – equipment supervision and operation pages, overview diagnostics and event archive,
- important states supplemented by acoustic indications,
- Commands entry:
- commands from menu are entered by using mouse and/or keyboard,
- safety critical commands have to be officially authorised,
- technology – risk information during entry of safety critical command.
- Check input of Personal Identification Cards (PIK):
- each person authorised to operate or maintain interlocking equipment at JOP control place

#### ad b) GTN computer (GPC):

GPC with GTN application is not an essential part of the commanding control place but it is recommended for support of traffic control. It is used on lines with remote control of interlocking equipment and in detached railway stations.



Picture 5 Commanding computer



Picture 6 GTN computer – window train graph

### Graphical and technological layer of signalling systems – GTN

Graphical and technological layer can be used at workplace of a remote control dispatcher to support the line and local traffic control processes. Provides two-way data exchange with information systems of operational control. Presents the current survey of the traffic situation in the real time. Can be used installed to ordinary PC at any office with connection to Intranet of the Railway route operator.

GTN is a telematics layer of the signalling equipment designed to support traffic processes at defined section of the railway network. The basic requirement is a train number transmission within the signalling system. Its use is preferred on lines with remote control system but it can be applied also at independent stations.

GTN represents computer application (Picture 6) which:

- monitors the signalling system operation in a real time,
- displays and records traffic of respective track sections and at relevant stations by the train graph,
- checks the train routes set related to train number,
- continuously updates train position and instantaneously evaluates traffic process situation,
- signalizes conflicting situations in the current train graph,



Picture 7 Dispatching terminal IP TouchCall

- in conjunction with electronic interlocking type ESA<sup>®</sup>11 and type ESA<sup>®</sup>33 it provides automatic route setting according to train graph.

### 3.3.2. TouchColl

Dispatching terminal IP TouchCall (Picture 7) provides connectivity to all types voice services necessary for traffic dispatcher (mb lines, radio, MRTS, TRS, GSM-R). Dispatcher facilitates communication with the control station, the driver of the train, etc.

## Conclusion

Current time places great demands on the management of transport systems. The modern transports include rail transport, which is safe, quick and environmentally friendly. Railway traffic control is very difficult and challenging. Remote control of rail transport from Traffic Control Centre “CDP” allows perfectly organize its operation. The dispatcher control room is centered management throughout the controlled area. Here are concentrated accurate information about traffic control area. This enables more efficient and qualitatively enhancing the management and security of railway traffic. The remote control also saves operational staff.

## Literature

- [1] Polach, V. Centrální dispečerské pracoviště Přeřov – pilotní projekt. *Vědeckotechnický sborník ČD*. 2006, No. 22. (pages 37 – 43)
- [2] SZDC [interaktive]. Prague: SZDC Home page [viewed on Februar 12, 2015]. Access via Internet < <http://www.szdc.cz>
- [3] AŽD Praha Products [interaktive]. Prague: Systems for rail transportation [viewed on Februar 12, 2015]. Access via Internet < <http://www.azd.cz>



# FIZIKINIŲ PROCESŲ SKYSČIUOSE TYRIMAS, PAREMTAS LAZERINĖS REFRAKTOGRAFIJOS METODU

Bronius Rinkevičius\*, Saulius Milkintas\*\*

\*Nacionalinis mokslinių tyrimų universitetas MPEI, Krasnokazarmenajos g. 14111250, Maskva, Rusija, e. p.: rinkevbs@mail.ru,

\*\* UAB „Altechna“, Mokslininkų g. 6A, 08412 Vilnius, Lietuva, e. p.: saulius.milkintas@gmail.com

**Anotacija.** Šiame straipsnyje aprašomi inovatyvios matavimo technologijos – lazerinės refraktografijos principai. Ši technologija naudojama diagnozuoti paribio ar sadūros sluokniuose susidarancius temperatūros arba koncentracijos gradientus. Šis būdas yra pagrįstas tiriamos skaidrios terpės zondavimu struktūriniu lazerio spinduliuote, gautų interferogramų registravimu ir skaitmeniniu apdorojimu. Pateikta eksperimentinė lazerinės refraktografijos schema, skirta paribio sluoksniui skysčiuose šalia kaitinamo arba šaldomo kūno tirti. Tyrimui naudojami puslaidininkiniai lazeriai su optiniais elementais, pluoštą išskleidžiančiais į liniją arba į koncentrinis apskritimus, tiriamo skysčio talpa, skaitmeninė kamera, fiksuojanti lūžusios šviesos formuojamą struktūrą, matinto stiklo ekranas ir kompiuteris, įrašantis ir apdirbantis lūžusio pluošto struktūrą. Taip pat pateikiamos pavyzdinės eksperimentinės 2D ir 3D-refraktogramos, patvirtinančios skaičiavimų rezultatus.

**Svarbiausios sąvokos:** struktūrinis lazerio pluoštas, šviesos lūžis, difrakcinis optinis elementas, 3D refraktograma, optiškai nevienalytė medžiaga.

## Įvadas

### Optiniai ir lazeriniai tėkmių tyrimo metodai

Optiniai metodai dujų tėkmių tyrimams pirmą kartą pademonstruoti vokiečių mokslininko Ernesto Macho, jais buvo pavaizduota smūginė banga ore [3]. Metodas paremtas šviesos lūžių tėkmių sukuriama, nevienalyčio lūžio rodiklio terpėje ir pavadintas Šliereno (*Schlieren*) metodu. Šiuo principu veikiančiuose prietaisuose erdviniai filtrai (*Zernike, Hilbert, Fuco*) pastatomi židinio plokštumoje. Šliereno prietaisuose naudojami brangūs optiniai elementai, o atvaizdų apdorojimas ganėtinai sudėtingas. Tokie šešėlių matavimo prietaisai buvo šimtą metų sėkmingai naudojami optinei terpės vizualizacijai, kur terpės lūžio rodiklis priklauso nuo koordinatų. Dažniausiai ta nevienalytė terpė yra dujų srautas nuo smūginių bangų. Šliereno prietaisai labai jautrūs, bet per dideli ir per sunkūs, kad juos būtų galima naudoti eksperimentams orlaivyje skrydžio metu.

Po lazerių išradimo 1960 m. prasidėjo naujas tėkmių tyrimų metodų raidos etapas [2]. Buvo sukurtas Doplerio efektu paremtas lokalinio dalelių greičio matavimo tėkmėje metodas, paremtas nuo judančių dalelių išsklaidytos lazerinės spinduliuotės dažnio pokyčiu. Lazerinės Doplerio Velosimetrijos (LDV) šalininkų nuomone, tiriamą tėkmę yra optiškai vienalytė ir į ją

patenka smulkios dalelės, kurių judėjimo greitis sutampa su skysčio ar dujų tekėjimo greičiu.

Dalelių atvaizdo velocimetrijos (DAV) technologija paremta impulsine lazerio veikla, skaitmeniniu atvaizdų su tėkmėje judančiomis dalelėmis registravimu ir moderniu atvaizdų koreliacijos apdorojimu [2]. Matavimas šiuo metodu taip pat remiasi tuo, kad tiriamą dujų srovę yra optiškai vienalytė ir dalelių judėjimo greitis sutampa su srovės greičiu.

Pagrindinės lazerinių ir optinių metodų charakteristikos yra pateiktos 1 lentelėje: metodai, juose pasitelkiami optiniai efektai, matuojami tėkmės parametrai ir optiniai medžiagos parametrai (OVM – optiškai vienalytė medžiaga, ONM – optiškai nevienalytė medžiaga).

Iš lentelės matyti, kad medžiaga yra vienalytė (1–4 metodai), 5 ir 6 metodai tinka nevienalytės medžiagos tyrimui.

Tiriamos tėkmės lūžio rodiklis priklauso nuo daugelio parametrų: spinduliuotės bangos ilgio –  $\lambda$ , temperatūros –  $T$ , slėgio –  $p$ , tankio –  $\rho$ , drėgmės –  $v$ , elektrinio ir magnetinio lauko buvimo –  $E, M$ .

$$n(x, y, z, t) = f(\lambda, T, p, \rho, v, E, H, \dots). \quad (1)$$

Turėtų būti atsižvelgta į išorinių veiksnių įtaką medžiagos optinėms savybėms, panaudojant optinius

1 lentelė. Lazeriniai ir optiniai tėkmių tyrimo metodai

	Metodas	Optinis efektas	Parametrai	Medžiaga
1	Atvaizdo rašto koreliacijos technologija (ARKT)	Atspindys	Deformacija	$n = \text{const}$ , OVM
2	Infraraudonoji termografija (IRT)	Spinduliavimas	Temperatūra	$n = \text{const}$ , OVM
3	Lazerinė doplerio velocimetrija (LDV)	Doplerio efektas	Greitis	$n = \text{const}$ , OVM + dalelės
4	Dalelių atvaizdo velocimetrijos (DAV)	Sklaida	Greitis	$n = \text{const}$ , OVM + dalelės
5	Šešėlių paremtas Šliereno metodas (ŠŠM)	Lūžis	Grad $n(x, y, z, t)$	$n \neq \text{const}$ , ONM
6	Lazerinė refraktografija (LAREF)	Lūžis	Grad $n(x, y, z, t)$	$n \neq \text{const}$ , ONM

ir lazerinius tėkmių tyrimo metodus. Dujų ir skysčių lūžio rodiklio ir jo išvestinės pagal temperatūrą vertės He-Ne lazerio linijai pateiktos 2 lentelėje [4].

2.lentelė. Dujų ir skysčių lūžio rodikliai ties  $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$

Nr.	Terpė	n	dn/dT (°C <sup>-1</sup> )
1	Oras	1.0002724	0,927x10 <sup>-6</sup>
2	Azotas	1.0002793	0,949x10 <sup>-6</sup>
3	Vandens garai	1.0002354	0,798x10 <sup>-6</sup>
4	Vanduo	1.332	- 0,985x10 <sup>-4</sup>
5	Benzolas	1.495	- 6,4x10 <sup>-4</sup>

**Struktūriniai lazeriniai pluoštai**

Lazerio pluošto kelyje pastačius difrakcinį optinį elementą (DOE) galima gauti sudėtingą erdvėje moduluotą struktūros pluoštą. DOE yra plona plokštelė su tam tikru faziniu atvaizdu, kuris atlenkia lazerio pluošto erdvines komponentes sukurdamas erdviškai moduluotą pluoštą. Toks pluoštas vadinamas struktūriniu lazerio pluoštu (SLP) [4].

Pradinis lazerio pluoštas turi ašinę simetriją. Su difrakcinės gardelės tipo DOE pluoštas yra padalijamas į daugelį besiskeičiančių pluoštų, esančių vienoje plokštumoje. Su kitu, cilindrinio lęšio tipo DOE, pluoštas yra išskaidomas į besiskeičiantį lazerinių linijų struktūrinį pluoštą. Tokia dviejų elementų kombinacija galima gauti iki 100 linijų pluoštą, sudėtingesnės struktūros DOE – skirtingų struktūrų pluoštus: kryžiaus formos SLP, sudarytą iš dviejų statmenų linijų SLP, kūginio pluošto, kūginių pluoštų rinkinio ir t. t.

SLP naudojimas suteikia naujų galimybių refrakcinių tyrimų metodų raidai. Pagrindiniai lazerinės refraktografijos (LAREF) principai pateikti [1,4], tai nauja

plonų paribio sluoksnių nevienalytiškumo skysčiuose, dujose ir plazmoje tyrimo ir vizualizavimo technologija. Ši technologija yra paremta:

- Šviesos lūžiu optiškai nevienalytėse tėkmėse.
- Struktūrinio lazerinio pluošto (SLP) lūžiu.
- Skaitmeniniu laužto pluošto struktūros registravimu CCD kameroje.
- Skaitmeniniu laužto pluošto struktūros apdorojimu.
- Eksperimentu gautų ir teoriškai sumodeliuotų 2D refraktogramų skaitmeniniu palyginimu.







**Lazerio pluošto lūžis nevienalytėse terpėse  
Lazerio pluošto lūžis tiesiškai nevienalytėse medžiagose**

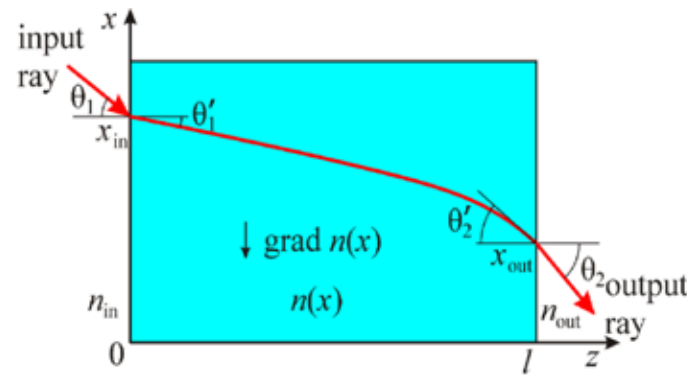
Kai tiriamos medžiagos savybės koordinatėse kinta pakankamai lėtai, lazerio pluošto eiga gali būti aprašoma remiantis geometrinės optikos aproksimacija. Tokiu atveju struktūrinis lazerinis pluoštas atitinka identiškų pluoštų rinkinį. 1 a) paveikslas parodo pluoštų sklidimo trajektorijas medžiagoje su mažėjančio lūžio rodiklio sluoksniais. Pluoštas krenta į medžiagą kampu  $\theta_1$  taške, kurio koordinatė  $x_{in}$  ir išeina iš medžiagos taške  $x_{out}$  kampu  $\theta_2$ . Išėjimo pluošto parametrai, žinant lūžio rodiklio kitimo funkciją  $n(x)$  ir įeinančio pluošto parametrus, gali būti aprašomi formulėmis (2, 3),

$$\sin \theta_2 = \sqrt{\frac{n^2(x_{out}) - n^2(x_{in}) + n_{in}^2 \sin^2 \theta_1}{n_{out}^2}} \quad (2)$$

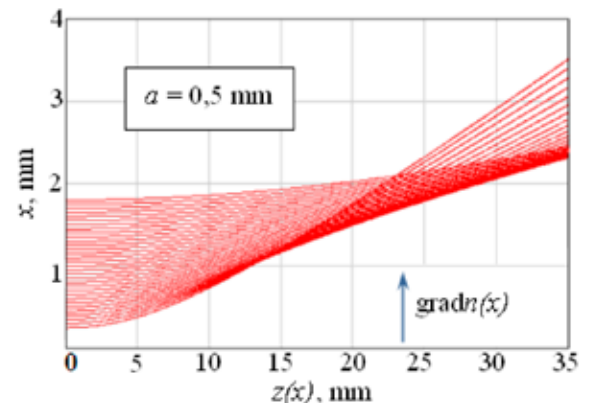
$$l = \int_{x_{out}}^{x_{in}} \sqrt{\frac{n^2(x_{in}) - n_{in}^2 \sin^2 \theta_1}{n^2(x) - n^2(x_{in}) - n_{in}^2 \sin^2 \theta_1}} dx \quad (3)$$

3 lentelė. Tipiniai SLP, gaunami su DOE

Linija	Kryžiukas	Lygiagrečios linijos	Apskritimas	7 koncentriniai apskritimai	Taškas
					



a)



b)

1 pav. a) pluošto trajektorija sluoksniuotoje medžiagoje, kur didėja lūžio rodiklis, b) lygiagrečių pluoštų trajektorijos sluoksniuotoje medžiagoje

Pluošto trajektorija, pavaizduota 1 b) paveiksle, parodo, kaip sklinda lygiagretūs pluoštai didėjant lūžio rodikliui vertikaliajame koordinateje:

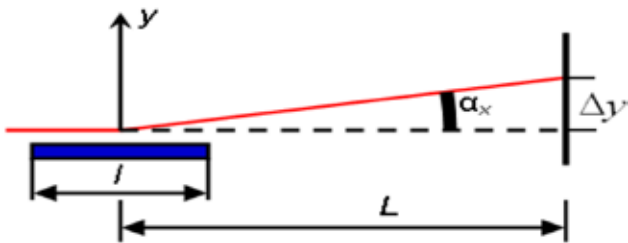
$$n(x) = n_0(1 + \Delta n e^{-x/a}), \Delta n = 0.01, a = 0,5 \text{ mm}. \quad (4)$$

2 paveiksle pavaizduota pluošto trajektorija virš kaitinamos plokštelės, kurios ilgis –  $l$ . Pluoštas sklinda atstumą  $L$  ir patiria nuokrypį, kur:

$$\Delta y = \alpha_x L, \quad (5)$$

$$\alpha_x \approx \left( \frac{dn}{dT} \right) l \frac{1}{n_0} \text{grad}_x T, \quad (6)$$

$$(\text{grad}_x T) \approx \Delta y_{\min} n_0 \frac{1}{\left( \frac{dn}{dT} \right) Ll} \quad (7)$$



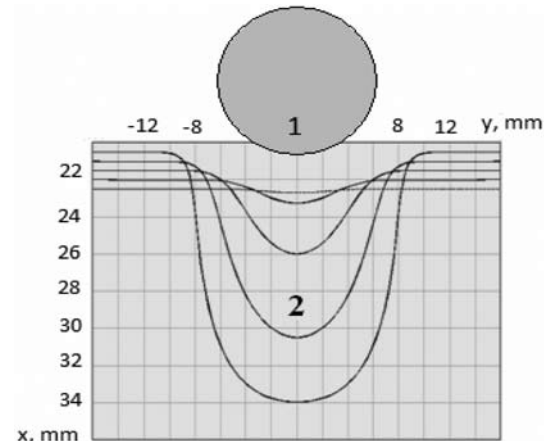
2 pav. Pluošto trajektorija virš kaitinamos plokštelės

Pavyzdžiui:  $\Delta y_{\min} = 10 \mu\text{m}$ ,  $l = 50 \text{ mm}$ ,  $L = 500 \text{ mm}$ ,  $\frac{dn}{dT} = -10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  (vanduo),  $(dT/dy)_{\min} = -0,05 \text{ }^\circ\text{C/mm}$ .

### Plokščių linijų SLP lūžis sferinio nevienalytiškumo medžiagoje

Teorinės pluošto trajektorijos sferinio netiesiškumo medžiagoje yra išnagrinėtos monografijoje [1]. 4 ir 5 paveiksluose pateikti rezultatai, sumodeliuoti pagal

minėtas formules. 4. paveiksle matyti penkios lazerinių linijų refraktogramos, gautos pluoštui sklindant kaitinamo rutulio šaltame vandenyje paviršiaus paribiu.



3 pav. Sumodeliuotos plokščių lazerinių linijų 2D refraktogramos sferinio nevienalytiškumo medžiagoje: 1– kaitinamas rutulys, 2 – SLP projekcija ekrane

5 paveiksle sumodeliuotos šešių koncentriščių apskritimų 2D refraktogramos sferinio nevienalytiškumo medžiagoje, kur šaltame vandenyje yra kaitinamas rutulys dviem skirtingais atstumais tarp rutulio ir SLP centrų.

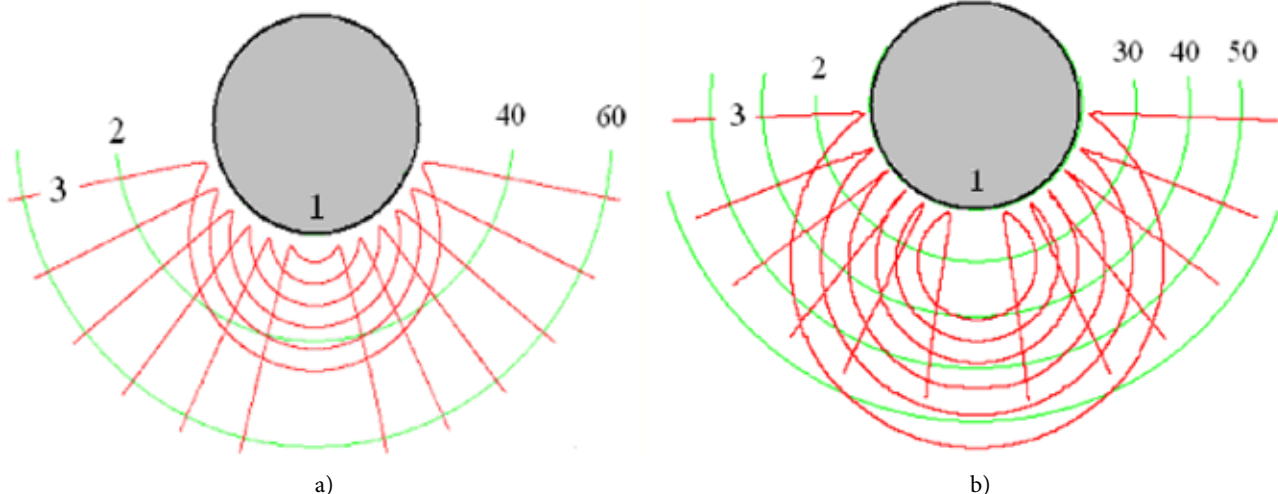
### LAREF eksperimentinis tyrimas

#### Eksperimentinė schema

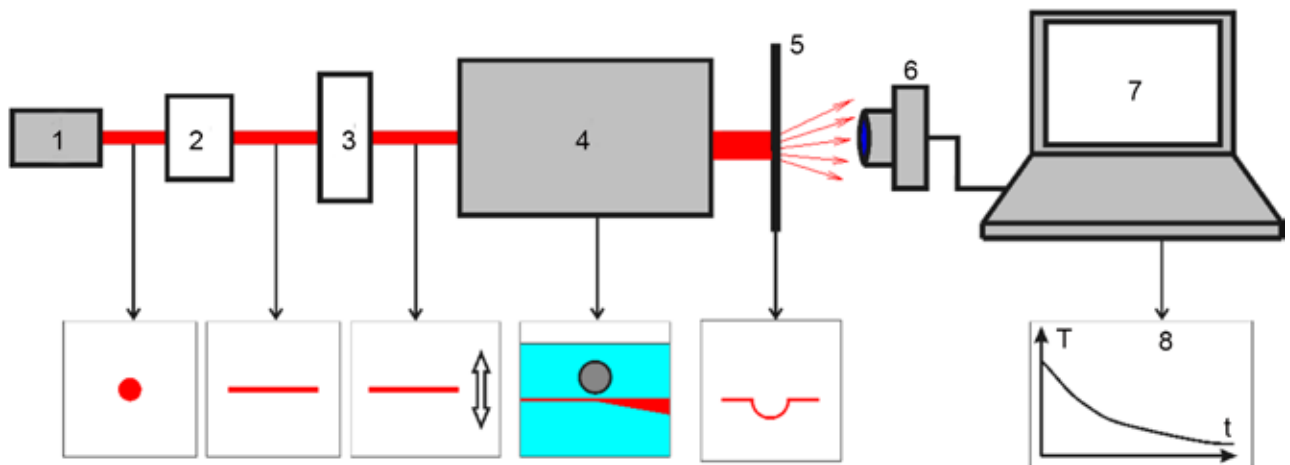
Paribio temperatūros sluoksnių tyrimui skysčiuose, dujose ir besimaišančiuose sluoksniuotų skysčių sluoksniuose schema pateikta 6 paveiksle.

Schemoje naudojamas puslaidininkinis lazeris 1, spinduliuojantis raudoną arba žalią šviesą. Spinduliuotės galia yra 25 mW. Lazerio pluoštas praeina DOE 2, kuris transformuoja pradinį siaurą lazerio pluoštą į skirtingų formų SLP, pavyzdžiui, linijas, kūginius arba kryžiaus formos lazerio pluoštus. Skenavimo X–Y sistema 3 pluoštą nuvedamas tiriamo objekto link.

Stikliniame 150 x 200 x 300 (mm) inde 4 yra tiriama

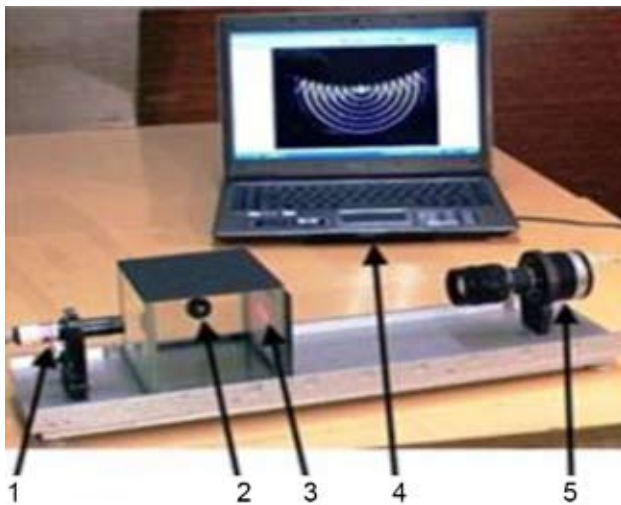


5 pav. Sumodeliuotos šešių koncentriščių apskritimų SLP 2D refraktogramos sferinio netiesiškumo medžiagoje: 1– kaitinamas rutulys, 2 – tinklėlis; 3 – SLP projekcija ekrane



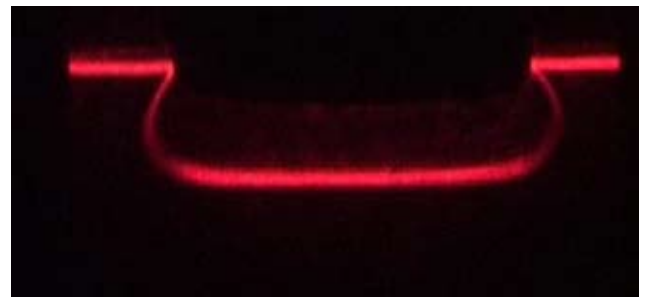
6 pav. Eksperimentinė LAREF schema: 1 – lazeris, 2 – optinė sistema, 3 – skanavimo sistema, 4 – tiriama medžiaga, 5 – difuzinis ekranas, 6 – CCD kamera, 7 – kompiuteris + programa, 8 – rezultatas

temperatūra ir koncentracija ribiniuose sluoksniuose, esančiuose greta šildomų arba aušinamų kūnų, analogiškai tiriama ir difuziniai sluoksniai. Difuziniame ekrane 5, pastatytame už 100–250 mm nuo indo, stebima dvimatė refraktograma, kuri nuskaityta su kamera 6 ir perduodama į kompiuterį 7. Skaitmeninio apdorojimo metu gaunama informacija apie paribio sluoksnių parametrus. 6 paveiksle pavaizduoti pluošto transformavimo žingsniai, kol gaunama 2D refraktograma.



7 pav. LAREF eksperimento nuotrauka: 1 – lazeris, 2 – kaitinamas rutulys, 3 – ekranas, 4 – kompiuteris, 5 – CCD kamera.

skirtingais objektais: po gretasienu, kurio dugno dydis – 38 x 27 mm, po plieno rutuliu kurio skersmuo – 41.2 mm. Šie objektai buvo kaitinami iki temperatūros  $T$ , tada dedami į šaltą vandenį 45–50 mm gylyje. Lazerinės linijos plotis lygyje  $1/e$  buvo 0.07 mm, t. y. gerokai mažiau nei paribio sluoksnio storis. 8 ir 9 paveiksluose matyti, kad pluoštas buvo deformuotas dėl optinio nevienalytiškumo medžiagoje. Ši deformacija priklauso nuo atstumo tarp lazerio pluošto ir objekto paviršiaus, nuo laiko. Deformacijos forma taip pat priklauso nuo šildomo objekto formos. Atvėsus objektui, lazerio pluoštas sugrįžta į pradinę formą. Deformacijos atkūrimo laikas suteikia galimybę nustatyti objekto ataušimo ar įkaitimo trukmę. 10 paveikslas parodo kūginio pluošto refraktogramas praėjus palei šildomo rutulio paviršių.



8 pav. 2D refraktograma, lazerinės linijos SLP praleistas po įkaitintu metaliniu gretasienu

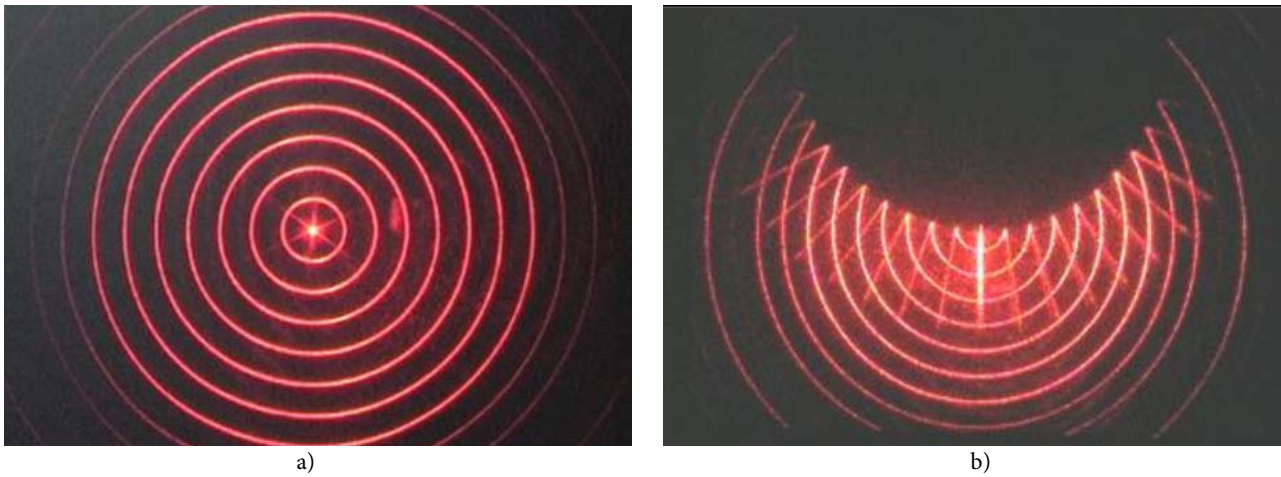
### Eksperimentinės 2D refraktogramos Paribio sluoksnio 2D refraktogramos

Įvairių paribio sluoksnių šalia šildomų arba vėsiamų kūnų eksperimentiniai tyrimai išsamiai išnagrinėti monografijoje [1]. Eksperimento metu nevienodi DOE buvo naudojami norint gauti skirtingus SLB: plokščias lazerio pluoštas arba lazerinė linija, kryžiaus tipo, o koncentrinė apskritimų pluoštai.

Lazerinės linijos pluošto pėdsakas ant ekrano pavaizduotas 8 paveiksle. Lazerinė linija sklido po



9 pav. 2D refraktograma, lazerinės linijos SLP praleistas virš ataušinto metalinio rutulio

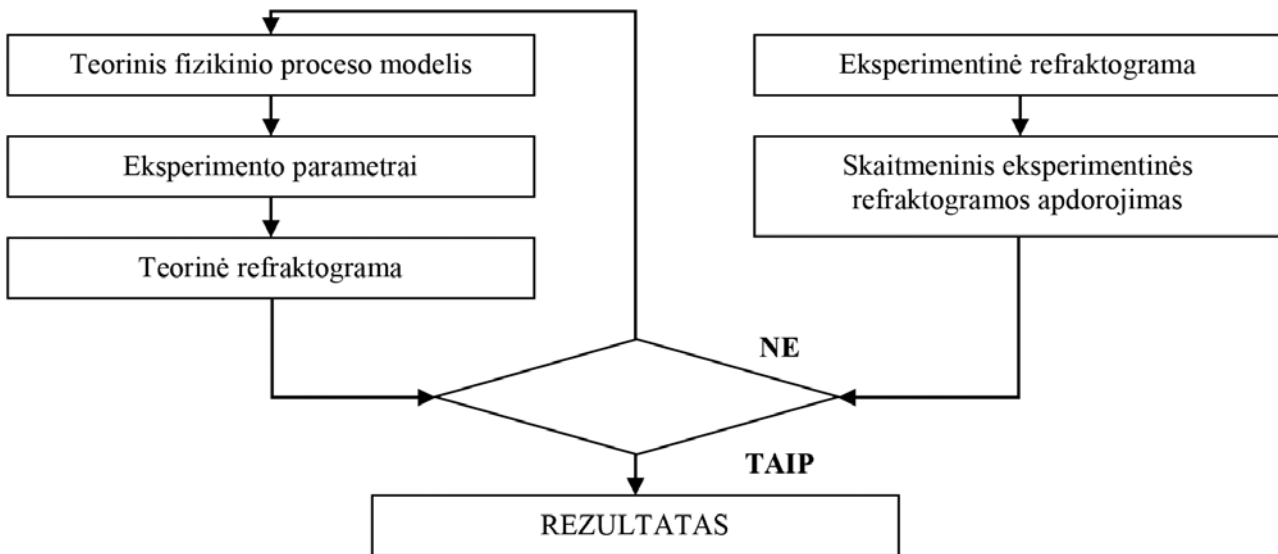


10 pav. Kūginio pluošto atvaizdai: a – pradinis kūginis pluoštas, b – 2D refraktograma praėjus palei kaitinamą rutulį

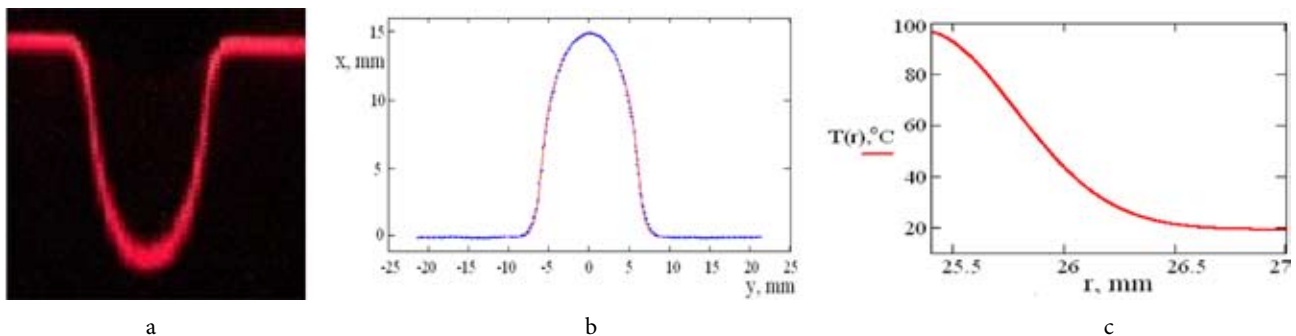
**Refraktogramų kompiuterinis apdorojimas ir palyginimas**  
**Eksperimentinių ir sumodeliuotų refraktogramų palyginimo algoritmas**

Eksperimentinių ir teorinių refraktogramų palyginimas suteikia galimybę atkurti temperatūrinius laukus paribio sluoksnyje, t. y. kiekybinę informaciją

[1]. 11. pav. pavaizduota eksperimentinės ir teorinės refraktogramų palyginimo schema įkaitintam 50,5 mm skersmens rutuliui šaltame vandenyje (9. pav.). Remiantis eksperimentinės refraktogramos ir teorinio situacijos modelio palyginimu buvo atkurta paribio sluoksnio temperatūros pokyčio diagrama.



11 pav. Refraktogramų palyginimo algoritmo schema



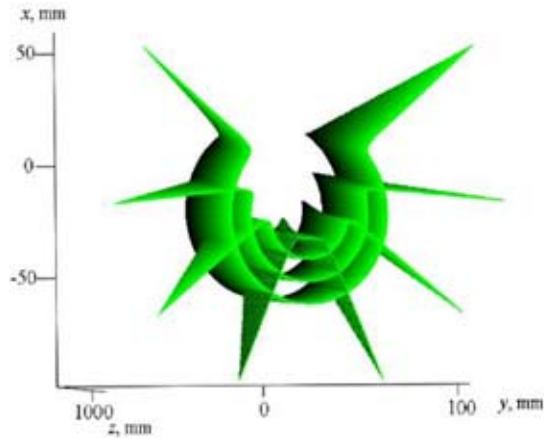
12 pav. Eksperimentinės ir teorinės interferogramų palyginimas: a – eksperimentinė refraktograma, b – sumodeliuota (mėlyna) ir eksperimentinė (raudona) refraktogramos, c – atkurtas radialinis paribio sluoksnio temperatūros profilis



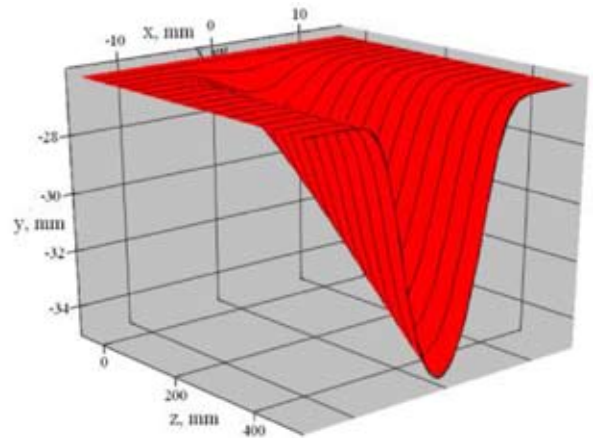
### 3D Lazerinė refraktografija

3D refraktograma – tai paviršius, sukurtas iš trasuojančių geometrinių SLP pluoštų [1]. Refraktogramoms modeliuoti naudojamas SLP sklidimo matematinis modelis, įskaičiuojantis lūžį ir difrakciją. Ta pati eks-

perimentinė schema suteikia galimybę atlikti tiek 2D, tiek 3D kiekybines refraktogramų vizualizacijas skaidrijoje terpėje, diskreti SLP forma – refraktogramas užregistruoti ir apdoroti skaitmeniškai. 13 pav. parodytos teorinės 3D refraktogramos, 14 pav. – eksperimentinės 3D refraktogramos.

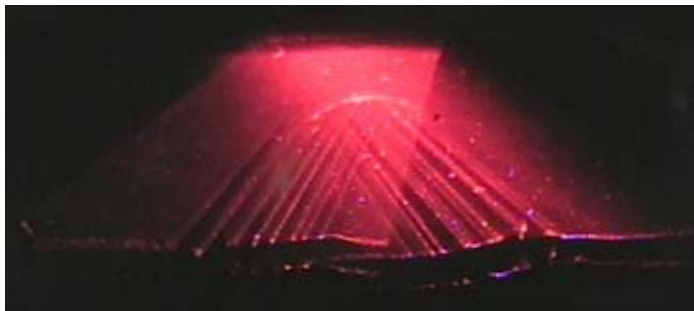


a)

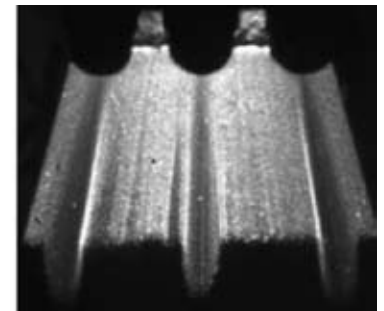


b)

13 pav. Sumodeliuotos 3D refraktogramos: a – kūginis pluoštas praeina palei kaitinamą rutulį, 2 – linijos pluoštas praeina palei kaitinamą rutulį



a)



b)

14. pav. Eksperimentinės linijos pluošto 3D refraktogramos: a – palei įkaitintą rutulį, b – palei įkaitintus tris cilindrus

### Išvados

1. Lazerine refraktografija galima ne tik vizualizuoti skysčių nevienalytiškumą, bet ir nustatyti temperatūros gradiento kryptį, temperatūros pasiskirstymą erdvėje bei konkrečias jos vertes.
2. Lazerinė refraktografija gali būti taikoma:
  - Stacionarių ir nestacionarių procesų diagnostikai.
  - Terminių procesams skysčiuose, dujose, plazmoje charakterizuoti.
  - Konvekcijai šalia kaitinamo ar šaldomo kūno matuoti.
  - Skysčių maišymo procesuose.
3. Naujos lazerinės refraktografijos galimybės:
  - Adaptavimas įvairioms paviršiaus formoms.
  - Informatyvių 3D atvaizdų formavimas.
  - Kelių skirtingų erdvinių atvaizdų vienalaikis matavimas.

- Kiekybinė medžiagų nevienalytiškumo diagnostika.
- Nestacionarių procesų diagnostika.

### Literatūra

1. Rinkevichyus, B. S.; Evtikhieva, O. A.; Raskovskaya, I. L. *Laser Refractography*. – Springer, New York, 2011. p. 201. ISBN 978-1-4419-7396.
2. Rinkevichyus, B. S. *Laser Diagnostics in Fluid Mechanics*. Begel House, Inc. New York, 1998. p. 341. ISBN: 1-56700-109-2.
3. Settles, G. S. *Schlieren and shadowgraph techniques: visualizing phenomena in a transparent media*. Springer-Verlag: Berlin, 2001. p. 376. ISBN 978-3-642-56640-0.
4. Thys, M. et. al. *Laser Beams Theory. Properties and Applications*. Nova Science Publishers. Inc. New York, p.399–414, 2011. ISBN: 978-1-60876-266-8.

## INVESTIGATION OF TEMPERATURE GRADIENTS IN FLUIDS BASED ON LASER REFRACTOGRAPHY MEASUREMENT TECHNIQUE

**Bronyus Rinkevichyus\*, Saulius Milkintas\*\***

*\* National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Department of Physics V.A. Fabrikant, Krasnokazarmennaya str., 14, 111250 Moscow, Russia,*

*\*\*Altechna UAB, Mokslininku st. 6A, 08412 Vilnius, Lithuania.*

**Abstract.** Considered in this article is the principle of a novel measurement technique – Laser Refractography used to diagnose near-wall and boundary layers developing in liquids and gases as a result of temperature or concentration gradients occurring therein. This technique is based on the probing of the transparent medium of interest with a structured laser radiation and the digital recording and processing of the refraction patterns obtained. A description of an experimental laser refractography setup is presented

intended for investigations of boundary liquid layers near heated or cooled bodies. The setup uses visible semiconductor lasers, an assembly of optical elements to produce plane (sheet) and cylindrically structured laser radiation formed with help of diffractive optical elements, a test cell for the liquid of interest, a digital photo camera to record the refraction patterns observed on a diffuse glass screen, and a PC to record and process the digitally recorded refraction patterns. Article introduces theoretical simulation of temperature gradients occurrence and evolution, relation between temperature gradient and refractive index of the medium and defines algorithm which his used to retrieve boundary liquid layer's temperature parameters combining experimental results with theoretical calculations. Also exemplary theoretical and experimental 2D and 3D-refractograms are presented, confirming the results of the calculations performed. Expected practical applications for Laser Refractography technique are proposed as well as fundamentally new capabilities for aforementioned technique.

**Key words:** laser beam, refraction, optical inhomogeneous medium, boundary layer, structured laser beam, 3D-refractogram

# TIESIAEIGIO VARIKLIO SU TRUPMA ANTRINE DALIMI STABDYMO SROVĖS SPEKTRINĖS CHARAKTERISTIKOS

Bronė Mitkienė, Bronius Karaliūnas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,  
 e. p.: b.mitkiene@vtdko.lt; b.karaliunas@vtdko.lt.

**Anotacija.** Literatūros šaltinių apžvalga rodo, kad tiesiaeigių asinchroninių variklių (TAV) su trumpa antrine dalimi stabdymo režimai dar mažai nagrinėti. Šiame straipsnyje pateiktas tokio variklio teorinis skaičiuojamasis modelis, kuriame gali būti lyginis, nelyginis arba trupmeninis aktyviųjų (sužadintų) zonų skaičius. Šiuo atveju pirminio magnetinio lauko ir antrinių srovių sąveika galima tik judančio elemento ir induktoriaus aktyviosios zonos sutampančioje dalyje. Stabdymo srovės spektrinėms charakteristikoms skaičiuoti šiame darbe naudotas spektrinės analizės metodas. Neperiodinėms stabdymo srovės tūrinio tankio funkcijoms pritaikius Furjė ir Laplaso integralinius pakeitimus, gautos ištiesinių amplitudinių spektrų analitinės išraiškos. Tos išraiškos gerai tinka pirminio ir antrinio magnetinio lauko spektrinių charakteristikų analizei.

Pagal gautas išraiškas atlikti skaičiavimai rodo, kad ištiesinių spektrų forma ir plotis priklauso nuo stabdymo srovės pusbangių porų skaičiaus, pusbangės ilgio bei sutampančiosios dalies santykinio ilgio.

**Svarbiausios sąvokos:** tiesiaeigis asinchroninis variklis (TAV), trumpa antrinė dalis, aktyvioji zona, TAV stabdymas, stabdymo srovės tūrinis tankis, spektrinis metodas, spektrinė charakteristika.

## Įvadas

Šio darbo objektas yra tiesiaeigio asinchroninio variklio (TAV) su trumpa antrine dalimi stabdymo režimų tyrimas, taikant magnetinių laukų ir charakteristikų spektrinę analizės metodą. **Straipsnio tikslas** – apskaičiuoti TAV stabdymo srovės spektrines charakteristikas, kurių reikia tolesnei tokių variklių analizei, kuriant apibendrinantį matematinį modelį.

## Uždaviniai:

- apžvelgti ir išanalizuoti literatūros šaltinius, susijusius su darbo tema;
- suformuluoti techninę problemą ir pagrįsti temos aktualumą;
- sudaryti variklio stabdymo režimų teorinį skaičiuojamąjį modelį;
- apskaičiuoti stabdymo srovės tūrinio tankio neperiodines funkcijas;
- taikyti integralinius Furjė pakeitimus;
- apskaičiuoti stabdymo srovės spektrines charakteristikas ir atlikti gautų rezultatų analizę.

Specialioms technologijoms, kurioms reikia tiesiaeigio ar slankiojamojo judesio, naudojami TAV, kurių antrinė dalis trumpesnė už induktorių. Toks variklis bėgamoju elektromagnetiniu lauku išstumia elektrai laidžią antrinę dalį iš induktoriaus aktyviosios zonos. Jis taip pat gali atlikti elektromagnetinio stabdžio, slopintuvo, spyruoklės, amortizatoriaus ir kitas specialias funkcijas. Asinchroniniai varikliai, kurių antrinė dalis trumpesnė už induktorių, pritaikyti audimo staklių šaudyklės pavarai, savirašiuose ir dvikoordinačiuose vykdymo įtaisuose, konvejeriuose ir transporteriuose, vertikalojo kėlimo mechanizmuose [1], kai kuriose naujose transporto sistemose [4] ir kituose objektuose. Elektromagnetiniai procesai magnetohidrodinaminė-

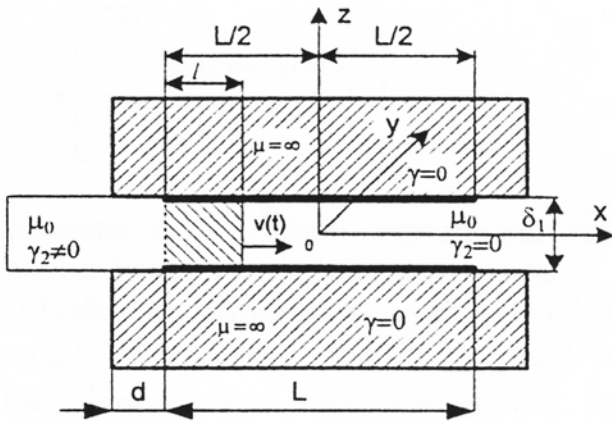
se (MHD) mašinos su laidžia riboto ilgio antrine dalimi analizuojami Cylevo ir kitų [6]. Bugenis ir kiti [5] aptaria TAV, kurio antrinė dalis trumpesnė už induktorių, magnetinio lauko ir charakteristikų skaičiavimo klausimus.

Pastaraisiais metais buvo kuriami nauji tokių variklių matematiniai modeliai [2; 3], autoriai –Karaliūnas, Matkevičius. Tačiau tuose darbuose analizuojami tik nusistovėjusio režimo stacionarieji elektromagnetiniai procesai, pritariant nuomonei, kad trumpa laidži antrinė dalis induktoriaus magnetiniame lauke juda pastoviu greičiu. Tačiau stabdymo metu šis greitis nėra pastovus, o tokio variklio magnetinis laukas – nestacionarus, todėl praktiškai taikant tokio tipo variklius susiduriama su jų stabdymo problema. Šios problemai spręsti darbe taikomas spektrinis metodas. Papildžius šį metodą Laplaso integraliniais pakeitimais, gaunamas iš esmės naujas matematinis modelis, tinkantis nestacionariųjų magnetinių laukų ir stabdymo režimų analizei.

## Teorinis skaičiuojamasis modelis

TAV su trumpa antrine dalimi teorinis skaičiuojamasis modelis parodytas 1 pav.

Trumpa neferomagnetinė antrinė dalis, kurios magnetinė skvarba  $\mu_0$  ir elektrinis laidis  $\gamma_2$ , greičiu  $v(t) \neq const$  įleikia į induktoriaus aktyviąją zoną  $L$ . Zonos ilgyje  $L$  bendruoju atveju gali būti lyginis, nelyginis arba trupmeninis sužadintų zonų arba stabdymo srovės pusbangių skaičius. Induktoriaus magnetolaidžiai su idealiaisiais parametrais  $\mu = \infty$  ir  $\gamma = 0$  turi pailgintas dalis  $d$ , per kurias užsidaro šuntuojantieji magnetiniai srautai. Šiuo atveju pirminio magnetinio lauko ir antrinių srovių sąveika galima tik sutampančioje judančio elemento ir aktyviosios zonos dalyje, kurios ilgis  $l$ . Aišku, kad, judant antrinei daliai  $x$  ašies teigiamąja krypti-



1 pav. TAV su trumpa antrine dalimi teorinis skaičiuojamasis modelis:  $l$  – antrinės dalies ir aktyviosios zonos sutampančiosios dalies ilgis

mi, sutampančioji dalis  $l$  nuolat ilgėja, o elektromagnetinė sąveika stiprėja. Magnetinis laukas oro tarpelyje  $\delta_1$  yra vienmatis, jam būdingos plokščiojo ir lygiagretaus lauko savybės.

Stabdymo srovės tūrinis tankis aktyviojoje zonoje  $L$  priklauso nuo stabdymo būdo ir išreiškiamas ne realiomis, bet kompleksinėmis funkcijomis. Kai stabdymas dinaminis, nuolatinė srovė sukuria tūrinio tankio stovinčiąją bangą, kurios kompleksinė amplitudė:

$$j_{-d}(x) = \underline{J}_m e^{-i\alpha_1 x}, \text{ kai } |x| \leq \frac{L}{2}; \quad (1)$$

čia  $\underline{J}_m = J_m e^{i\psi}$  – kompleksinė amplitudė, įvertinanti pradinę fazę  $\psi$ ;  $i = \sqrt{-1}$  – menamasis vienetas;  $\alpha_1 = \pi/\tau$  – srovės tankio erdvinis dažnis;  $\tau$  – srovės tankio pusbangės ilgis arba induktoriaus poliaus žingsnis.

Už aktyviosios zonos ribų, kur  $|x| > \frac{L}{2}$ , stabdymo srovės tūrinio tankio nėra.

### Integralinių pakeitimų taikymas

Stabdymo srovės tūrinio tankio išraiška (1) yra neperiodinė koordinatės  $x$  funkcija, atitinkanti Dirichlė ir absoliučiojo integravimo sąlygas. Todėl jai taikomas Furjė integralas, užrašytas kompleksine forma. Šiuo atveju integruojama pagal tą aktyviosios zonos dalį, kurioje vyksta elektromagnetinė srovių sąveika. Taip gaunamas apibrėžtinis integralas su kintamuoju viršutiniu režiu, nes sutampančiosios dalies ilgis  $l$  stabdymo metu nuolat didėja. Dinaminio stabdymo atveju, taikant Furjė tiesioginį pakeitimą, gauta tokia stabdymo srovės tūrinio tankio spektrinė charakteristika:

$$\underline{I}(\alpha) = -\frac{i\underline{J}_m}{\alpha + \alpha_1} e^{i(\alpha + \alpha_1)\frac{L}{2}} \left[ 1 - e^{-i(\alpha + \alpha_1)l} \right]; \quad (2)$$

čia  $\alpha_1 = \pi/\tau_e$  – kintamasis erdvės dažnis iš begalinio ruožo  $(-\infty \dots +\infty)$ ;  $\tau_e$  – stabdymo srovės elementariosios dedamosios kitimo žingsnis arba jos pusperiodis.

(2) išraiška yra bendrasis sprendinys, tinkantis bet

kokiam stabdymo srovės pusbangių skaičiui. Jei zonoje  $L$  (žr. 1 pav.) yra lyginis pusbangių skaičius, į (2) išraišką įrašome:  $L = 2p\tau$ ; čia  $p$  – pusbangių porų skaičius. Tada, atlikę veiksmus ir abi gautos išraiškos puses padėmę santykiniais vienetais, gauname:

$$I_{al} = -\frac{i(-1)^p}{\pi(1+k)} e^{i\pi pk} \left[ 1 - e^{-i2\pi p(1+k)\frac{L}{L}} \right]; \quad (3)$$

čia  $k = \alpha/\alpha_1$  – santykinis erdvės dažnis;  $l/L$  – sutampančiosios dalies santykinis ilgis.

Kai aktyviojoje zonoje  $L$  yra nelyginis srovės tankio pusbangių skaičius, į (2) įrašome:  $L_n = (2p+1)\tau$ . Tada gauname:

$$I_{an} = -\frac{i(-1)^p}{\pi(1+k)} e^{ik(2p+1)\frac{\pi}{2}} \left[ 1 - e^{-i\pi(2p+1)(1+k)\frac{L}{L}} \right]. \quad (4)$$

Kai pusbangių skaičius trupmeninis, į (2) įrašome:  $L_{tr} = (2p-r)\tau$ :

$$I_{atr} = -\frac{i(-1)^p}{\pi(1+k)} e^{-ir\frac{\pi}{2}} e^{ik(2p-r)\frac{\pi}{2}} \left[ 1 - e^{-i\pi(1+k)(2p-r)\frac{L}{L}} \right]; \quad (5)$$

čia  $r$  – trupmeninė dalis, rodanti sutrumpintą žingsnį, palyginti su viso žingsnio  $\tau$  induktoriaus apvija.

(3) – (5) išraiškų kairiosios pusės bazinis dydis yra sandauga  $L_m\tau$ . Kai santykinis erdvės dažnis  $k = -1$ , gautos išraiškos tampa neapibrėžtos. Tačiau tų neapibrėžtumų nelieka, pritaikius Liopitalio taisyklę. Šiame taške stabdymo srovės tūrinio tankio amplitudžių spektrai apskaičiuojami taip:

$$\lim_{k \rightarrow -1} I_{al} = 2p \frac{L}{L}; \quad \lim_{k \rightarrow -1} I_{an} = (2p+1) \frac{L}{L};$$

$$\lim_{k \rightarrow -1} I_{atr} = (2p-r) \frac{L}{L}. \quad (6)$$

Ribiniu atveju, į (4)–(6) formules įrašius  $l/L = 1,0$ , gaunamos variklių, kurių antrinė dalis ilgesnė už induktorių, santykinės spektrinės charakteristikos.

Atvirkštinis Furjė pakeitimas, pritaikytas (2) funkcijai, suteikia galimybę nuo ištisinio spektro pereiti prie stabdymo srovės tūrinio tankio originalo:

$$\underline{j}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \underline{I}(\alpha) e^{i\alpha x} d\alpha. \quad (7)$$

(7) išraiškos pointegralinė funkcija yra ne kas kita kaip viena atskira elementarioji dedamoji su be galo maža amplitude:

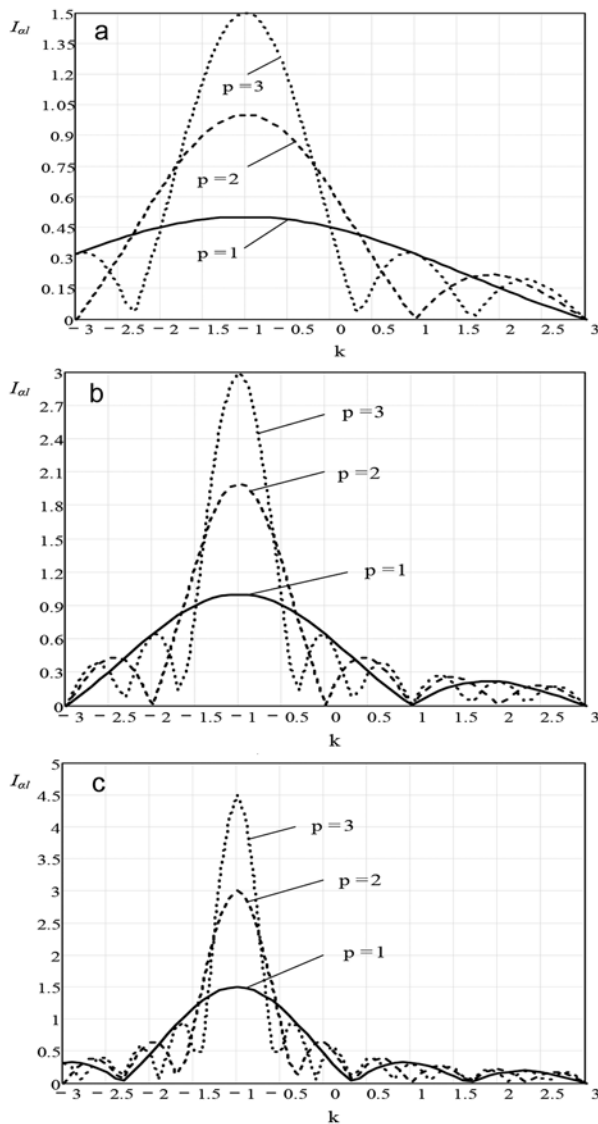
$$\underline{j}_e = \frac{1}{2\pi} \underline{I}(\alpha) e^{i\alpha x} d\alpha. \quad (8)$$

Stabdymo metu kiekviena srovės tankio ištisinio spektro elementarioji dedamoji  $\underline{j}_e$  sukuria pirminio magnetinio lauko taip pat elementariąją dedamąją  $\underline{H}_e$ . Jos išraišką galima gauti išsprendus elektromagnetinio lauko lygtis. Tai numatoma atlikti kituose mūsų darbuose.

### Skaičiavimų rezultatai

Pagal (3)–(6) išraiškas *Mathcad 2001 Professional* programa buvo apskaičiuoti stabdymo srovės tūrinio





2 pav. Stabdymo srovės amplitudžių spektrai: a) –  $l/L = 0,25$ ; b) –  $l/L = 0,5$ ; c) –  $l/L = 0,75$

tankio amplitudžių spektrai, keičiant įvairius variklio parametrus.

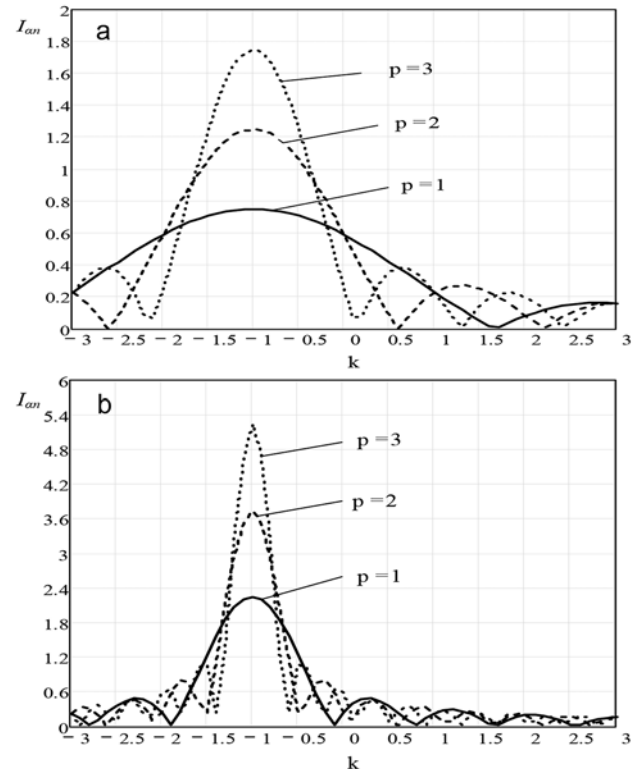
2 pav. parodyti stabdymo srovės amplitudžių išsitiesiniai spektrai, kai pusbangių skaičius induktoriaus aktyviojoje zonoje yra lyginis.

Analogiški amplitudžių spektrai varikliui su nelyginiu pusbangių skaičiumi, kai  $l/L = 0,25$  ir  $l/L = 0,75$ , parodyti 3 pav. Tiesiaieigio variklio su trupmeniniu stabdymo srovės pusbangių skaičiumi amplitudžių spektrai pateikti 4 pav.

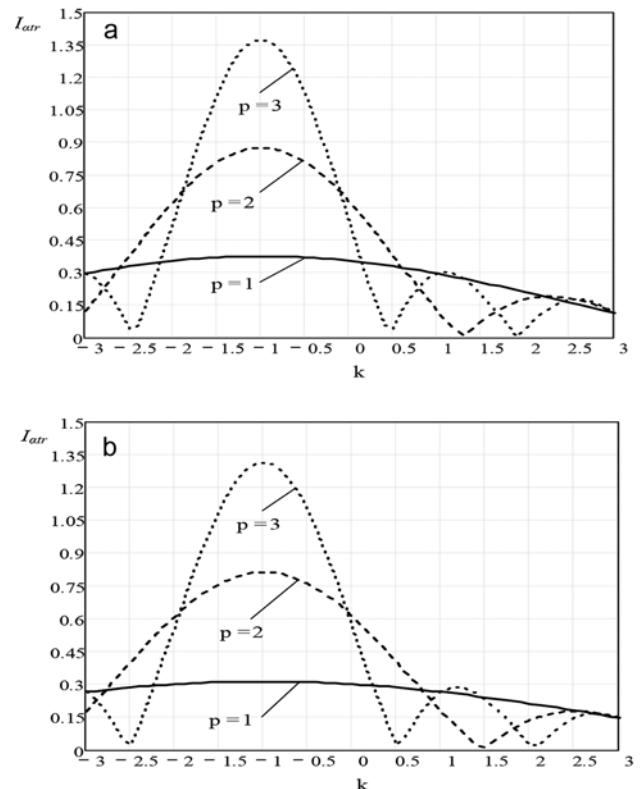
## Išvados

1. Literatūros šaltinių apžvalga rodo, kad TAV, kuriuose antrinis elementas trumpesnis už induktorių, naudojami įvairiuose mechanizmuose, tačiau jų stabdymo procesai dar nėra pakankamai išnagrinėti.

2. Induktoriaus aktyviosios zonos ilgyje  $L$  gali būti lyginis, nelyginis ar trupmeninis stabdymo srovės tankio pusbangių skaičius. Šiuo atveju stabdymo metu



3 pav. Stabdymo srovės amplitudžių spektrai, kai pusbangių skaičius nelyginis: a) –  $l/L = 0,25$ ; b) –  $l/L = 0,75$



4 pav. Stabdymo srovės amplitudžių spektrai, kai pusbangių skaičius trupmeninis ir  $l/L = 0,25$ : a) –  $r = 0,5$ ; b) –  $r = 0,75$

elektromagnetinė srovių sąveika galima tik sutampnčioje antrinio elemento ir induktoriaus dalyje  $l$ .

3. Šiame darbe tokio variklio stabdymo proceso tyrimui panaudotas spektrinės analizės metodas. Stabdymo srovės tankis yra neperiodinė koordinatės  $x$  funkci-

ja, egzistuojanti tik aktyviosios zonos ilgyje  $L$ . Taikant Furjė integralinius pakeitimus, gautos stabdymo srovės tankio amplitudžių ištisinių spektrų analizinės išraiškos varikliams su lyginiu, nelyginiu ir trupmeniniu pusbangių skaičiumi.

4. Skaičiavimo rezultatai ir pateiktos kreivės rodo, kad stabdymo srovės amplitudžių spektrai yra ištisiniai, jų maksimumas pasislinkęs į neigiamųjų erdvės dažnių sritį. Didžiausias elementariųjų dedamųjų tankis formuojasi pagrindinio dažnio  $\alpha_1$  aplinkoje. Nors gauti spektrai yra panašios formos, tačiau jie skiriasi savo amplitudėmis ir spektrų pločiais.

5. Ištisinių spektrų forma ir plotis priklauso nuo stabdymo srovės pusbangių porų skaičiaus  $p$ , pusbangės ilgio  $\tau$  bei nuo sutampančiosios dalies santykinio ilgio  $l/L$ .

## Literatūra

1. Budig, P. K. The Application of Linear Motors. *Proc. of 9<sup>th</sup> Int. Conf. on Power Electronics and Motion Control*. Košice, Slovak Republic, 2000, vol. 3, p. 1336–1341.
2. Karaliūnas, B.; Matkevičius, E. Spectral Characteristics of the Braking Current of Linear Induction Motor. *Proc. of the 5<sup>th</sup> Int. Congress Mechanical Engineering Technologies'06*. Varna, Bulgaria, 2006, vol. 5/88, p. 3–6.
3. Karaliūnas, B.; Matkevičius, E. Calculation of Spectrum Characteristics for Braking Modes of Linear Induction Motors. *Trans Tech Publications, Mechatronic Systems and Materials (MSM 2010), Solid State Phenomena*. Switzerland, 2010, vol. 164, p. 41–46.
4. Бахвалов, Ю. А.; et al. *Транспорт с магнитным подвесом*. Москва: Машиностроение, 1991.
5. Бугянис, С. А.; et al. Расчет характеристик линейного асинхронного двигателя с короткой вторичной частью. *Электротехника*, 1986, No. 2, с. 41–43.
6. Цылев, П. Н.; et al. Движение токопроводящего вторичного тела ограниченной длины в магнитном поле линейной индукционной МГД – машины. *Магнитная гидродинамика*, 1976, No. 3, с. 67–74.

## BRAKING CURRENT SPECTRAL CHARACTERISTICS FOR LINEAR INDUCTION MOTOR WITH SHORT SECONDARY PART

Bronė Mitkienė, Bronius Karaliūnas

Vilnius College of Technology and Design

**Abstract.** The submitted list of scientific publications indicate, that so far there have never been comprehensively analysed the braking modes of the Linear Induction Motor (LIM) with a short secondary part. The article deals with the theoretical simulation model of such a LIM, containing even, odd or fractional number of the active (excitation) zones. The spectral analysis method is used to calculate the spectral characteristics of the motor braking. There have been derived the analytical expressions of the continuous amplitude spectra of the braking current. These obtained expressions successfully meet / harmonize the analysis of spectral characteristics of the primary and secondary magnetic field.

**Keywords:** linear induction motor (LIM), short secondary part, active zone, LIM braking, braking current volumetric density, spectral method, spectral characteristic.

# PASTATO ENERGINIO EFEKTYVUMO DIDINIMAS TAIKANT ALTERNATYVŲ RENOVAVIMO BŪDĄ

Jelena Jupatova, Aleksandr Vika

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius, e.p.:j.jupatova@vtdko.lt, a.vika@vtdko.lt

**Anotacija.** Straipsnyje aprašomas tyrimas, kurio tikslas – nustatyti gyvenamojo namo, rekonstruoto naudojant presuotus šiaudus, energinio naudingumo klasę ir palyginti ją su tradiciniu būdu renovuojamo pastato charakteristika.

Straipsnyje apžvelgiami statybų iš presuotų šiaudų privalumai ir būdai. Išvardijami ir aprašomi gyvenamojo namo, esančio Vilniaus rajone, renovavimo, naudojant presuotus šiaudus, eiga.

Pateikiami namo išorinių sienų šiluminės varžos skaičiavimai, kai sienos nešiltintos, šiltintos šiaudų ryšuliais ir polistireniniu putplasčiu. Kiekvienu atveju nustatoma sienų energinio naudingumo klasė. Taip pat skaičiuojama stogo, šiltinto šiaudų ryšuliais, šiluminė varža ir nustatoma energinio naudingumo klasė, pateikiamos išvados.

**Pagrindinės sąvokos:** renovavimas, statyba iš presuotų šiaudų, energinis efektyvumas.

## Įvadas

Statyba iš presuotų šiaudų tampa vis populiarese Lietuvoje ir pasaulyje, tačiau šis statybos būdas vis dar mažai žinomas visuomenei, trūksta informacijos ir mokslinių tyrimų. Šis straipsnis – bandymas sudominti visuomenę statyba iš presuotų šiaudų.

Tyrimo tikslas – nustatyti gyvenamojo namo, rekonstruoto naudojant presuotus šiaudus, energinio naudingumo klasę ir palyginti ją su tradiciniu būdu renovuojamo pastato charakteristika. Straipsnyje aprašoma pastato, esančio Vilniaus rajone, renovavimo eiga.

## Statybų iš presuotų šiaudų privalumai ir būdai

Šiaudinių namų populiarumą pasaulyje lemia šie veiksniai:

- šiaudai – gera termoizoliacinė medžiaga, presuotų šiaudų šilumos laidumo koeficientas yra nuo 0,04 iki 0,09 W/mK [4], t. y. mažesnis negu medžio (0,13–0,18 W/mK) ar plytų mūro (0,8 W/mK) ir artimas mineralinės vatos (0,041 W/mK) ir polistireninio putplasčio (0,039 W/mK)[2];
- šiaudinės sienos yra pakankamai saugios; kilus gaisrui, gerai supresuotų šiaudų ryšulys sunkiai užsiliepsnoja, nes oras nepatenka į ryšulio vidų, be to, siena apsaugoma kelių centimetrų molio tinko sluoksniais iš lauko ir vidaus, kilus gaisrui šiaudinė siena neišskiria toksinių medžiagų;
- šiaudų ryšuliai yra pigi ir prieinama medžiaga, tai šalutinis žemės ūkio produktas, kartais šiaudai tiesiog deginami, nes reikia jų atsikratyti;
- šiaudinė statyba yra gana greita ir nereikalauja aukštos kvalifikacijos ir specialios technikos;
- šiaudiniai namai ilgaamžiai, iki šiol išliko namų, pastatytų XX amžiaus pradžioje, jų būklė gera;

- toks statybos būdas pakankamai ekologiškai švarus, nes naudojamos natūralios vietinės medžiagos: medis, šiaudai, molis.

Yra keli statybos iš šiaudų ryšulių būdai:

- be karkaso, šis būdas naudojamas statant statinius iki vieno aukšto, kai ilgiausios sienos ilgis neviršija 6 m, ryšuliai sudedami ant pamato eilėmis kaip plytos, surišami tarpusavyje ir papildomai presuojami su visa siena, stogo konstrukcijos atremiamos į sienas, jų svorį laiko tik šiaudai ir tinkas;
- karkasinės sienos, kai pirma pastatomas medinis karkasas, kuris laiko perdangų ir stogo apkrovas, po to jis užpildomas šiaudų ryšuliais, tada sienos nutinkuojamos;
- statyba iš skydų, kai gamykloje pagal individualų projektą pagaminami medžio ir presuotų šiaudų skydai, kurie vėliau per vieną ar kelias dienas sumontuojami statybos aikštelėje ir taip pat nutinkuojami, šis būdas labai tinka pramoninei statybai, o pirmi du – individualiems statiniams.

## Gyvenamojo namo renovavimo eiga naudojant presuotus šiaudus

Mūrinis sodo namas Vilniaus rajone (1 pav.) buvo rekonstruotas į gyvenamąjį namą, sienos ir stogas šiltinti šiaudų ryšuliais, pastatytos papildomos karkasinės šiaudinės sienos.

Pirmasis rekonstrukcijos etapas – stogo šiltinimas šiaudų ryšuliais (2 pav.), stogo konstrukcija parodyta 8 pav.

Pakeitus stogo dangą buvo šiltinamos esamos sienos ir statomos papildomos lauko sienos. Aplink namą sukonstruotas medinis karkasas iš sudvigubintų sta-tramsčių (3 pav.).

Į karkasą eilėmis sudėti šiaudų ryšuliai. Ryšulių matmenys – apie 35 × 50 × 70 cm, šiaudelių kryptis – išilgai vidurinės kraštinės. Ryšuliai buvo dedami ant šono, t. y.

gautas sienos šiaudinio užpildo dydis 35 cm. Kas dvi eiles, t. y. kas vieną metrą, šiaudai buvo papildomai presuojami hidrauliniiais kėlikiais. Po užpildymo sienos buvo lyginamos, nupjaunant išsikišusias ryšulių dalis (4 pav.)

Kitas etapas – sienų tinkavimas. Nutinkuota trimis molinio tinko sluoksniais: pirmasis sluoksnis įtrintas į šiaudus, kad geriau sukibtų tinkas (5 pav.), antrasis – pagrindinis sluoksnis ir paskutinis – apdailinis (6 pav.). Bendras tinko storis – apie 4 cm.

Molio tinkas atlieka kelias funkcijas: apsaugo šiau-

dus ir medines konstrukcijas nuo gaisro, veikia kaip vėjo izoliacija, turi dekoratyvinę paskirtį. Tuo pat metu šis tinkas „kvėpuoja“, jis yra laidus garams ir neleidžia susidaryti kondensatui sienos viduje.

#### Šiluminės varžos skaičiavimas

Atitvaros suminė šiluminė varža  $R_s$  ( $m^2 \cdot K/W$ ) apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q); \quad (1)$$



1 pav. Namų Vilniaus rajone vaizdas iki rekonstrukcijos



4 pav. Šiaudais užpildyta siena



2 pav. Stogo šiltinimas šiaudų ryšuliais



5 pav. Pirmuoju molinio tinko sluoksniu nutinkuota siena



3 pav. Šiaudais šiltinamos sienos karkasas



6 pav. Nutinkuota siena



čia:  $R$  – nevedinamo oro tarpo šiluminė varža ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.1 lentelėje. Kadangi nevedinamo oro tarpo storis nežinomas, skaičiavimuose naudojama 10 mm oro tarpo šiluminė varža;

$R_q$  – plono sluoksnio (plėvelės) šiluminė varža ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.2 lentelėje;

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ), apskaičiuojamos pagal formulę:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}} \quad (2)$$

čia:  $d$  – sluoksnio storis (m);

$\lambda_{ds}$  – sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas,  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Paženklinantiems atitikties „CE“ ženklu statybos produktams projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė gali būti apskaičiuota pagal STR 2.01.03:2009 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės“ reikalavimus, arba ji gali būti rasta standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 3 priede.

Atitvarų visuminė šiluminė varža ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ) apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (3)$$

čia:  $R_{si}$  – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.3 lentelėje;

$R_s$  – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ );

$R_{se}$  – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ), randama standarto STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ 2.3 lentelėje.

### Nešiltintos sienos šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Šiame skyriuje skaičiuojamas nerenovuoto namo sienos šilumos perdavimo koeficientas. Gyvenamojo namo sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, konstrukcinis pjūvis parodytas 7 pav. Nešiltinta siena turi tuos pačius sluoksnius, išskyrus šeštą ir septintą.

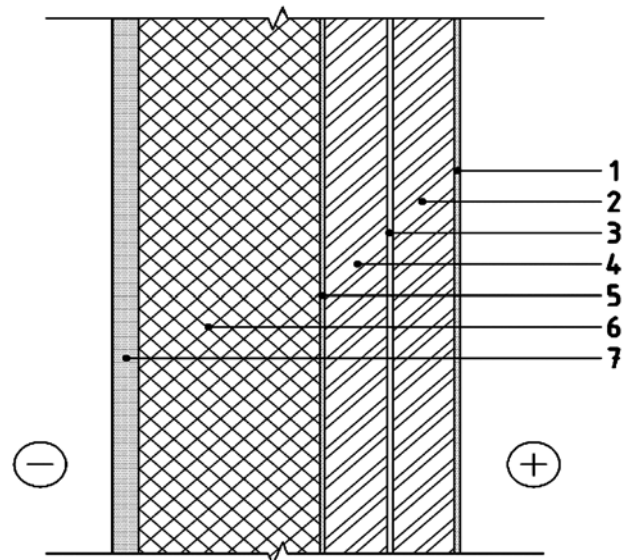
Pirmasis sluoksnis – 20 mm storio cemento ir smėlio tinkas,  $\lambda_{ds}=1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0,12}{1,0} = 0,12 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (4)$$

Antrasis sluoksnis – 120 mm storio pilnavidurių silikatinių plytų mūras,  $\lambda_{ds}=1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0,12}{1,0} = 0,12 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (5)$$

Trečiasis sluoksnis – 10 mm storio nevedinamas oro tarpas,  $R_g=0,15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ .



7 pav. Išorinės sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, konstrukcija

Ketvirtasis sluoksnis– 120 mm storio pilnavidurių silikatinių plytų mūras,  $\lambda_{ds}=1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{ds}} = \frac{0,12}{1,0} = 0,12 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (6)$$

Penktasis sluoksnis – 20 mm storio cemento ir smėlio tinkas,  $\lambda_{ds}=1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds}} = \frac{0,02}{1,0} = 0,02 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (7)$$

Sienos suminės šiluminės varžos skaičiavimas

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + (R_g + R_q) = 0,02 + 0,12 + 0,12 + 0,02 + (0 + 0,15) = 0,43 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (8)$$

Sienos visuminės šiluminės varžos skaičiavimas.

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = 0,13 + 0,43 + 0,04 = 0,6 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (9)$$

Sienos su nevedinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas  $U \text{ (W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))$ , apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{s1} + R_g + R_{s2} + R_{se}}. \quad (10)$$

Sienos su nevedinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas.

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{s1} + R_g + R_{s2} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + 0,02 + 0,12 + 0,15 + 0,12 + 0,02 + 0,04} = \frac{1}{0,6} = 1,67 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (11)$$

Norint sužinoti, ar sienos šiluminė varža yra pakankama, reikia skaičiuotinę šilumos perdavimo koeficiento vertę palyginti su normine.

Atsižvelgiant į pastatų energinio naudingumo klases, išskiriamos šios gyvenamųjų namų išorinių sienų šilumos perdavimo koeficiento vertės:

**D** energinio naudingumo klasė –

$$U_{N,W} = 0,35 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))};$$

**C** ir **B** energinio naudingumo klasės –

$$U_{N,W} = 0,20 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))};$$

**A** energinio naudingumo klasė –

$$U_{N,W} = 0,12 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))};$$

**A+** energinio naudingumo klasė –

$$U_{N,W} = 0,11 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))};$$

**A++** energinio naudingumo klasė –

$$U_{N,W} = 0,10 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))};$$

čia:  $\kappa_2 = 20/|\theta_{iH,1} - \theta_{iH,2}|$  – temperatūros pataisa, kuri taikoma tik atitvaroms, skiriančioms skirtingos paskirties pastatus (jų dalis) su skirtingomis projekcinėmis pastato vidaus temperatūromis šildymo sezono laikotarpiu.

### Sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Šeštasis sluoksniu – 350 mm šiaudų ryšuliai,  $\lambda_{ds}=0,06$  W/(m·K).

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds}} = \frac{0,35}{0,06} = 5,83 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (12)$$

Septintasis sluoksniu – 50 mm molio tinkas,  $\lambda_{ds}=0,05$  W/(m·K).

$$R_7 = \frac{d_7}{\lambda_{ds}} = \frac{0,05}{0,05} = 0,1 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (13)$$

Nevertinant medinių tašų šiluminės varžos, išorinės sienos suminė šiluminė varža:

$$R_{s\bar{s}} = 0,43 + 0,2 + 5,83 = 6,46 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (14)$$

Šiltintos sienos visuminė šiluminė varža:

$$R_{i\bar{s}} = 0,13 + 6,46 + 0,04 = 6,63 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (15)$$

Sienos su nevedinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas:

$$U_s = \frac{1}{6,63} = 0,151 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}. \quad (16)$$

### Sienos, šiltintos polistireno putplasčiu, varža.

Šeštasis sluoksniu – 250 mm polistireno putplastis EPS 70,  $\lambda_{ds}=0,039$  W/(m·K).

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds}} = \frac{0,25}{0,039} = 6,41 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (17)$$

Septintasis sluoksniu – sluoksniu – 20 mm storio cemento ir smėlio tinkas,  $\lambda_{ds}=1,0$  W/(m·K).

$$R_7 = \frac{d_7}{\lambda_{ds}} = \frac{0,02}{1,0} = 0,02 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (18)$$

Nevertinant medinių tašų šiluminės varžos, išorinės sienos suminė šiluminė varža:

$$R_{sp} = 0,43 + 0,02 + 6,41 = 6,86 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (19)$$

Šiltintos sienos visuminė šiluminė varža:

$$R_{sp} = 0,13 + 6,86 + 0,04 = 7,03 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (20)$$

Sienos su nevedinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas:

1 lentelė. Nešiltinto gyvenamojo pastato išorinių sienų skaičiuotinės ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas.

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Gyvenamojo namo išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m <sup>2</sup> ·K)	Lyginimo ženklas	Gyvenamojo namo išorinės sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m <sup>2</sup> ·K)
	<b>D</b>	0,35	<	1,67
	<b>C ir B</b>	0,20	<	1,67
	<b>A</b>	0,12	<	1,67
	<b>A+</b>	0,11	<	1,67
	<b>A++</b>	0,10	<	1,67

**Išvada:** nešiltinto gyvenamojo namo išorinės sienos šiluminė varža yra nepakankama net žemiausio energinio naudingumo klasės pastatui.

2 lentelė. Gyvenamojo pastato išorinių sienų, šiltintų šiaudų ryšuliais, skaičiuotinės ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Gyvenamojo namo išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m <sup>2</sup> ·K)	Lyginimo ženklas	Gyvenamojo namo išorinės sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė, W/(m <sup>2</sup> ·K)
	<b>D</b>	0,35	>	0,151
	<b>C ir B</b>	0,20	>	0,151
	<b>A</b>	0,12	<	0,151
	<b>A+</b>	0,11	<	0,151
	<b>A++</b>	0,10	<	0,151

**Išvada:** gyvenamojo namo išorinių sienų, šiltintų šiaudų ryšuliais, šiluminė varža atitinka **B**, **C** ir **D** energinio naudingumo klases.

$$U_p = \frac{1}{7,03} = 0,142 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}. \quad (21)$$

Skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė yra mažesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė **C**, **B** ir **D** energinio naudingumo klasės pastatuose. Šių energetinio naudingumo klasių reikšmės atitinka reikalavimus [3].

Pastatai, kuriems leidimas rekonstruoti, atnaujinti (modernizuoti), remontuoti statinį ar rašytinis įgaliojimo valstybės tarnautojo pritarimas statinio projektui išduotas iki 2014 m. sausio 1 d., o tuo atveju, kai statybą leidžiantys dokumentai neprivalomi, – statybos darbai pradėti iki 2014 m. sausio 1 d., energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip **D**.

Tačiau, įvertinus šilumos praradimą per medinio karkaso elementus, šiltintos šiaudų ryšuliais sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė padidėja iki 0,202 W/(m<sup>2</sup>·K), o tai atitinka tik **D** energetinio naudingumo pastatų klasę.

Šiltinant išorines sienas polistireno putplasčio EPS-70 250 mm storio plokštėmis skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė taip pat yra mažesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė **C**, **B** ir **D** energinio naudingumo klasės pastatuose.

#### Stogo suminės šiluminės varžos $R_s$ (m<sup>2</sup>·K/W) skaičiavimas

Pateikti stogo, šiltinto šiaudų ryšuliais (8 pav.), šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimo rezultatai. Atskirų sluoksnių varžų skaičiavimas neparodytas dėl vietos stokos.

Stogo visuminės šiluminės varžos skaičiavimas.

$$R_t = 0,13 + 3,85 + 0,13 = 4,11 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}. \quad (22)$$

Stogo su vėdinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficientas  $U$  (W/(m<sup>2</sup>·K)) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = \frac{1}{R_t}. \quad (23)$$

Stogo su vėdinamu oro sluoksniu šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas.

$$U = \frac{1}{4,11} = 0,243 \text{ (W/(m}^2 \cdot \text{K))}. \quad (24)$$

Skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė yra didesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento net mažiausio **D** energinio naudingumo klasės pastatuose. Vadinasi, reikia storinti termoizoliacinio sluoksnio storį.

#### Išvados

Nešiltinto gyvenamojo namo išorinės sienos šiluminė varža yra nepakankama net žemiausio energinio naudingumo klasės pastatui.

Gyvenamojo namo išorinės sienos, šiltintos 350 mm storio presuotų šiaudų sluoksniu, šilumos perdavimo koeficiento vertė 0,151 W/(m<sup>2</sup>·K) yra artima sienos, šiltintos 250 mm polistireno putplasčio sluoksniu, vertei 0,142 W/(m<sup>2</sup>·K) ir yra mažesnė negu norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė **C**, **B** ir **D** energinio naudingumo klasės pastatuose. Šių energetinio naudingumo klasių reikšmės atitinka reikalavimus.

Gyvenamojo namo stogo, šiltinto 350 mm storio presuotų šiaudų sluoksniu, šilumos perdavimo koeficiento vertė yra didesnė negu norminė šilumos per-

3 lentelė. Gyvenamojo pastato išorinių sienų, šiltintų šiaudų ryšuliais ir polistireniniu putplasčiu, skaičiuotinių ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Išorinės sienos, šiltintos šiaudų ryšuliais, skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė $U_{s, W/(m^2 \cdot K)}$		Išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, $U_N, W/(m^2 \cdot K)$		Išorinės sienos, šiltintos polistireniniu putplasčiu, skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė $U_{pp, W/(m^2 \cdot K)}$
	<b>D</b>	0,151	<	0,35	>	0,142
	<b>C ir B</b>	0,151	<	0,20	>	0,142
	<b>A</b>	0,151	>	0,12	<	0,142
	<b>A+</b>	0,151	>	0,11	<	0,142
	<b>A++</b>	0,151	>	0,10	<	0,142

4 lentelė. Gyvenamojo pastato stogo, šiltinto šiaudų ryšuliais, skaičiuotinės ir norminės šilumos perdavimo koeficiento reikšmių palyginimas

Eil. Nr.	Energinio naudingumo klasė	Gyvenamojo namo išorinės sienos norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė, $U_N, W/(m^2 \cdot K)$	Lyginimo ženklas	Gyvenamojo namo išorinės sienos skaičiuotinė šilumos perdavimo koeficiento vertė, $W/(m^2 \cdot K)$
1	<b>D</b>	0,24	<	0,243
2	<b>C ir B</b>	0,16	<	0,243
3	<b>A</b>	0,10	<	0,243
4	<b>A+</b>	0,09	<	0,243
5	<b>A++</b>	0,080	<	0,243

davimo koeficiento net mažiausio D energinio naudingumo klasės pastatuose. Vadinasi, reikia storinti termoizoliacinio sluoksnio storį.

## Literatūra

1. *Statybos taisyklės* [interaktyvus]. Vilnius: Polistireninio putplasčio asociacija [žiūrėta 2015 m. vasario 12 d.]. Prieiga internetu: ><http://www.epsa.lt/statybos-taisykles-m>.
2. STR 2.01.09:2012 *Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas. Gyvenamieji pastatai* [interaktyvus]. Vilnius: Aplinkos apsaugos ministerija [žiūrėta 2015 vasario 12 d.]. Prieiga internetu: >[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=431646&p\\_query=&p\\_tr2=2](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=431646&p_query=&p_tr2=2).
3. STR 2.05.01:2013 *Pastatų energinio naudingumo projektavimas. Gyvenamieji pastatai* [interaktyvus]. Vilnius: Aplinkos apsaugos ministerija [žiūrėta 2015 vasario 12 d.]. Prieiga internetu: > [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=462390&p\\_tr2=2](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=462390&p_tr2=2).
4. Vėjelienė, J.; Gailius, A.; Vėjelis, S. Šiaudų naudojimo galimybių termoizoliacinių medžiagų gamybai tyrimai. *Statybinės konstrukcijos ir technologijos*, 2010, 2(2), p. 66–70.

## IMPROVEMENT OF THE BUILDING ENERGY EFFICIENCY USING ALTERNATIVE WAY OF RENOVATION

Jelena Jupatova, Aleksandr Vika

*Vilnius College of Technology and Design*

**Abstract.** The article describes a study aimed at identifying the house reconstructed using straw bales energy efficiency class and compare it with the traditional way of insulation of polystyrene foam renovated building relevant characteristic.

The article gives an overview of the construction of straw bales advantages and techniques. Steps of renovation using straw bales are listed and described in a residential house in Vilnius district.

Thermal resistance of the house exterior walls not insulated, insulated with straw bales and insulated with polystyrene foam is calculated. The energy efficiency class of the walls is determined in each case. Thermal resistance of the roof insulated with straw bales calculated also, and energy efficiency class is provided.



# KAULŲ AUDINIŲ KARKASŲ INŽINERIJA: TYRIMŲ METODOLOGIJOS IR TECHNOLOGIJŲ APŽVALGA

Darius Mačiūnas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, e. p.: d.maciunas@vtdko.lt

**Anotacija.** Apžvalgoje analizuojami publikuoti moksliniai tyrimai, susiję su kaulų audinių karkasų konstrukcijos optimizavimu. Apžvelgiama tyrimų metodologija bei pasiūlytos inovatyvios technologijos, kurios prisideda prie šiuolaikinės pramonės, susijusios su kaulų audinių inžinerija, plėtos galimybių. Pateikta apžvalga atskleidžia vyraujančias tendencijas kaulų audinių karkasų tyrimų metodologijoje bei sudaro sąlygas numatyti kaulų audinių inžinerijos plėtos perspektyvas.

**Svarbiausios sąvokos:** kaulo audinys, audinių inžinerija, kaulo karkasas, baigtinių elementų metodas, automatizuotas projektavimas, automatizuota gamyba.

## Įvadas

Audinių inžinerija – svarbi biomedicinos inžinerijos šaka. Tai kelias į ateitį, kur kenčiančių dėl organų stokos, disfunkcijos ar pažeidimų skaičius bus sumažintas. Kaip pateikta JAV Sveikatos departamento kasmetinėje ataskaitoje (1998–2007), JAV 2000 metais apie 72000 žmonių buvo įtraukti į laukiančiųjų sąrašą organų transplantacijai, tačiau tik 23000 organų persodinimui atlikta [16]. 2007 metais jau 97248 žmonės buvo įtraukti į laukiančiųjų sąrašą organų transplantacijai, tačiau tik 27578 organų persodinimui atlikta.

Audinių inžinerija – tai tarpdisciplininis žinių, siekiant sukurti ir atkurti audinius, pritaikymo sritis. Dirbtiniu būdu sukurtas audinys apibrėžiamas kaip gyvų ląstelių ir atraminės struktūros (karkaso) derinys [1].

Pagrindinė audinių inžinerijos koncepcija – atkurti audinių struktūrą bei funkciją naudojant skirtingas biologines medžiagas, kad būtų palanki aplinka, skatinanti naujų audinių atkūrimą [15]. Pagrindinė audinių inžinerijos paradigma – tai ląstelės, augimo veiksnio ir biopolimero pagrindo derinys. Mechanikos mokslo požiūriu viena svarbiausių paradigmų audinių inžinerijos srityje yra ta, kad audinių karkasas turėtų imituoti keičiamo organo ar audinio biomechanines savybes. Kiekvieno kūno audinio funkcija unikali, tad skiriasi ir mechaninės savybės. Pavyzdžiui, kaului būdingos tokios išskirtinės mechaninės savybės [6]:

1. Suteikia struktūrinį standumą minkštųjų audinių apsaugai.
  2. Atlieka karkaso, skirto raumenų jėgos transformacijai į atitinkamą judesį, funkciją.
  3. Veikia kaip mineralinių medžiagų rezervuaras.
- Kaulai – sudėtinis judėjimo ir atramos aparato elementas, veikiantis kaip palaikanti struktūra bei perduodantis kūnui tenkančias apkrovas [5]:
4. Tempimo.
  5. Spaudimo.
  6. Sukimo.
  7. Lenkimo.
  8. Šlyties.

Kaului būdingos viskoelastinės medžiagos atsparumo bei deformavimosi savybės. Dėl fiziologinių ap-

krovų kaulai deformuojasi, bet nelūžta. Kai veikianti apkrova viršija kaulo atsparumą, kaulas deformuojasi ir lūžta. Kaulo lūžis – tai mechaninis procesas, kai suardomas kaulo vientisumas. Ligos (pvz., osteoporozė, osteomielitas ir kt.) gali taip pat suardyti kaulo vientisumą. Kaulas daug geriau atlaiko staigius didesnės apkrovos poveikius, nei lėtus bei ilgai trunkančius.

Pagrindinė priežastis, kodėl mechaninės savybės svarbios kaulų audinių karkasų inžinerijoje, yra ta, kad augančios ląstelės (t. y. fibroplastai) gali generuoti didžiulę kontrakcijos jėgą, o ją išlaiko tik stiprūs karkasai [2, 11]. Silpni karkasai deformuosis neatlaikę tokių didžiulių jėgų, o tai gali lemti viso karkaso griūtį.

Todėl vienas pagrindinių karkasų optimizavimo tikslų – galimybė sukurti idealizuotą mechaninę aplinką naujam kūno audiniui augti [15].

**Tyrimo problema.** Įvertinus tai, kad žmonių, kuriems reikia organų ar audinių transplantacijos, skaičius auga greičiau nei potencialių donorų skaičius, labai perspektyviai atrodo audinių inžinerijos pritaikymo galimybės, kai norimam organui gali būti sukurti dirbtiniai audiniai su atitinkamomis funkcinėmis bei struktūrinėmis savybėmis. Pasirinkta tyrimo tema aktuali mokslinėms institucijoms ir įmonėms, kurios (naudodamos naujus metodus ir technologijas) kartu siekia tobulinti ir aktyviau plėtoti audinių inžinerijos pritaikymo galimybes audinių struktūrai bei funkcijoms atkurti.

Taigi, tampa aktualus kaulų audinių inžinerijos galimybių tyrimas bei plėtra. Kaulo audinių, išsiskiriančių sudėtinga architektūra, tinkamu porėtumo dyžiu bei forma, modeliavimas bei gamyba pateikia daug iššūkių [12].

**Tyrimo tikslas** – atlikti mokslinių publikacijų, susijusių su kaulų audinių karkasų konstrukcijos optimizavimu, analizę ir atskleisti vyraujančias tendencijas kaulų audinių karkasų tyrimų metodologijoje bei gamybos technologijoje.

Straipsnyje apžvelgta aktuali (autoriaus nuomone) kaulų audinių tyrimų metodologija bei technologijos ir kaulų audinių inžinerijos plėtos perspektyvos.

## Uždaviniai:

- atlikti mokslinės literatūros analizę, apžvelgiant naujausias taikomas metodikas kaulų audinių kar-

kasų tyrimuose, taip pat gaminant kaulų audinių karkasų prototipus;

- atskleisti vyraujančias tendencijas kaulų audinių karkasų inžinerijoje.

## Tyrimai

Apžvelgiant naujausius metodus (taikomus audinių karkasų tyrimuose), reikia paminėti Lietuvos mokslininkų straipsnį [4], kuriame pateiktas juosmens srities slankstelių sistemos erdvinis skaitinis modelis, sukurtas programinės įrangos *SolidWorks* aplinkoje. Šis modelis tiriamas baigtinių elementų metodu (BEM). Erdvinis modelis deformuojamas gniuždymo apkrova – nagrinėjami tokie trys atvejai:

1. Sveikų slankstelių sistemos audinių apkrova.
2. Slankstelių sistemos audinių, paveiktų vidutinio osteoporozės lygio, apkrova.
3. Slankstelių sistemos audinių, paveiktų aukšto osteoporozės lygio, apkrova.

Osteoporozė gali paveikti beveik visą griaučių sistemą, tačiau statistiškai dažniausiai lūžiai yra užfiksuoti stuburo juosmens srityje [10]. Mechanikos mokslo požiūriu osteoporozėi būdingi stiprumo ir tamprumo savybių pokyčiai, lemiantys poslinkių bei deformacijų padidėjimą ir net įtempių koncentracijos atsiradimą. Straipsnyje [4] sprendžiamas tiesinės tamprumo teorijos uždavinys taikant šias prielaidas:

1. Medžiagos tiesiškumo.
2. Medžiagos vientisumo.
3. Medžiagos izotropiškumo.

Pati medžiaga yra modeliuojama kaip idealiai tampri. Straipsnyje [4] naudojamos statikos, geometrinės bei fizinės lygtys, kurių tenzorinė forma yra tokia:

$$\sigma_{sij,j} + f_i = 0, \quad (1)$$

$$\frac{U_{i,j} + U_{j,i}}{2}, \quad (2)$$

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \cdot \epsilon_{kl}. \quad (3)$$

čia  $f_i$  – veikiančių jėgų projekcijos koordinatinėse ašyse,  $\sigma_{ij}$  – įtempimų tenzorius komponentės  $U$  – poslinkių vektoriaus komponentės,  $C_{ijkl}$  – tamprumo modulių tenzorius komponentės,  $\epsilon_{ij}$  – deformacijų tenzorius komponentės.

Tyrimų rezultatai atskleidžia, kad sveikiems slankstelių kauliniams audiniams (akytojo kaulinio audinio tamprumo modulis – 260 MPa) fiziologinė apkrova (0,3 MPa gniuždymas) nėra pavojinga, nes sukeltos deformacijos yra nereikšmingos, t. y. ekvivalentinė deformacija neviršija  $1,5 \cdot 10^{-3}$  (ESTRN). Kai slankstelių sistemos kauliniai audiniai yra paveikti vidutiniu osteoporozės lygiu (akytojo kaulinio audinio tamprumo modulis – 160 MPa), deformacija padidėja 1,3 karto. Kai slankstelių sistemos kauliniai audiniai yra paveikti aukštu osteoporozės lygiu (akytojo kaulinio audinio tamprumo modulis – 67,5 MPa), deformacija padidėja

2,5 karto. Taigi, straipsnio rezultatai gali būti panaudoti osteoporozėi diagnozuoti bei paciento būklei įvertinti.

Baigtinių elementų metodu buvo sukurtas osteoporozės paveikto stuburo slankstelio daugialypio mastelio skaitinis modelis, potencialiai naudingas tiriant slankstelių kompresinių lūžių mechanizmą tiek mikrostruktūriniu, tiek makrostruktūriniu lygiu [7]. Gardelės principu sukurtas trimatis slankstelio skaitinis modelis pagrįstas [9] lygtimis, kurios aprašo geometriškai idealizuotą stuburo slankstelių sistemą. Šis modelis gali būti naudojamas tiriant mechaninį ryšį tarp trabekulinės kaulo šerdies ir stuburo slankstelio. Todėl galima prognozuoti stuburo slankstelio kompresinio lūžio, kuris įvyksta dėl osteoporozės, mechanizmą. Šia modeliavimo metodika įmanoma išsamiai ištirti, kaip dėl osteoporozės atsiradęs trabekulinis kaulų retėjimas daro įtaką stuburo standumui bei juosmens srities stiprumui.

Ląstelinių kietųjų medžiagų srityje susitelkta į natūralių struktūrų (tokių, kaip kaulų, medienos, koralų ir pan.) analizę, kad būtų galima apibrėžti šių medžiagų struktūrą bei paaiškinti jų natūralaus augimo mechanizmą [15]. Buvo atliktas kompleksinių erdvinų struktūrų – turinčių tą patį medžiagos tūrį, bet skirtingą architektūrinę kompoziciją – palyginimas. Šių konstrukcijų erdvinis vaizdas apibrėžiamas tokiomis geometrinėmis charakteristikomis kaip sijos ilgis, sijos skersmuo, paviršiaus plotas ir porų tūris. Deformacijos savybės bei įtempių pasiskirstymas buvo nustatytas baigtinių elementų metodu (BEM). Tyrimų rezultatai parodė, kad paviršiaus plotas turi didelę įtaką gautos struktūros (pavyzdžiui, kaulų sandaros) stiprumui. Šis tyrimas – tai pirmasis žingsnis plėtojant matematinius algoritmus, skirtus aprašyti taisyklingų ir simetriškų karkasų (naudojamų audinio regeneracijos atvejais) mechanines savybes.

Tokios kompiuterinės technologijos kaip automatizuoto projektavimo (CAD – *computer-aided design*), kompiuterizuotos gamybos (CAM – *computer-aided manufacturing*) bei baigtinių elementų metodas (BEM) pastaruoju metu plačiai taikomi kuriant įvairias kaulų audinių inžinerijos strategijas. Apatinio žandikaulio defektams analizuoti buvo sukurtas Giottingerio kiaulių (*Gottinger minipigs*) žandikaulio karkaso modelis naudojant CAD/CAM technologijas [8]. Remiantis šiomis technologijomis sukurtas kaulinis audinio karkasas (iš PLA – polipieno rūgšties/PGA – poliglikolio rūgšties), kuris buvo implantuotas į pažeistą apatinio žandikaulio audinį. Tokia žandikaulio rekonstrukcija pasiteisino – individualiai sukurtas ir implantuotas karkasas buvo gerai toleruojamas kiaulių organizmuose, todėl sėkmingai vyko kaulų regeneracijos ir formavimosi procesai. Šio tyrimo rezultatai parodė, kad *in vitro* osteoblastinio tipo ląstelės išplitusios ant individualizuoto (CAD/CAM technologijomis) karkaso yra pajėgios *in vivo* skatinti pažeistų kaulų audinių regeneraciją. Todėl tolesnis kompiuterinio modeliavimo ir audinių

inžinerijos tarpusavio suderinimas teikia daug vilčių rekonstrukcinės kaulų inžinerijos plėtrai.

Pasiūlyta inovatyvi kaulo karkaso modeliavimo technologija, pagrįsta formos funkcija ir viso šešiabriaunio tinklelio atnaujinimo metodu [1]. Remiantis formos funkcija (5) ir pritaikius baigtinių elementų metodą (BEM), visas šešiabriaunis tinkelis panaudotas akyto (porėto) kaulo karkaso modeliui sukurti. Pagrindinė izoparametrinio transformavimo idėja (naudojant BEM ir formos funkciją) pagrįsta esminio konstrukcinio elemento sąsajos [18] nustatymu:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \sum_{i=1}^8 N_i \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix}, \quad i = 1, \dots, 8 \quad (4)$$

$$N_i = \frac{1}{8} (1 + \varepsilon \cdot \varepsilon_i) \cdot (1 + \eta \cdot \eta_i) \cdot (1 + \xi \cdot \xi_i), \quad (5)$$

$$i = 1, \dots, 8$$

čia  $x$ ,  $y$  ir  $z$  žymi netaisyklingo šešiakampio vidines koordinatas Dekarto koordinatų sistemoje,  $x_i$ ,  $y_i$  ir  $z_i$  – netaisyklingo šešiakampio mazgų koordinatas ( $N_i$  – šešiakampio  $i$ -tojo mazgo formos funkcija),  $\varepsilon$ ,  $\eta$  ir  $\xi$ , – standartinio kubo mazgų koordinatas natūralioje koordinatų sistemoje,  $\varepsilon$ ,  $\eta$  ir  $\xi$  – standartinio kubo vidines koordinatas natūralioje koordinatų sistemoje.

Pirmiausia modeliuojamas atskiro elemento porėtumas. Tuomet šie atskiri elementai susiejami į bendrą porėto kaulo karkasą, kuriam būdingas netaisyklingų formų porėtumas. Kadangi biologinio kaulo porėtumo dydžio pasiskirstymas nėra pagrįstas atsitiktine išsidėstymo tvarka (t. y. egzistuoja porėtumo dydžio pasiskirstymo gradientas), todėl modeliuojant kaulo karkasą buvo atliekama porėtumo dydžio pasiskirstymo kontrolė atnaujinant šešiakampį tinkelį. Sukurtas kaulo karkaso modelis gali būti konvertuojamas į universalų 3D formatą (STL arba STEP), kuris naudojamas sparčiai prototipų gamybai (SPG). Galiausiai 3D spausdintuvu *Spectrum Z510* buvo pagamintas kaulo karkasas, kuris patvirtino pasiūlytą [1] kaulo karkaso modeliavimo technologiją.

Norint sukurti sintetinį kompozitinį kaulo karkasą to paties sudėtingumo lygmens kaip biologinis audinys, reikia integruoti daugiapakopį biologinių medžiagų apdorojimą SPG sistemose. Šiam tikslui pasiūlyta daugiapakopė mikrogamybinė sistema „PAM<sup>2c</sup>“, sudaryta iš skirtingų modulių, galinčių apdoroti įvairias medžiagas bei gaminti įvairių mikromatmenų erdvinis karkasus [17]. Naudojant „PAM<sup>2c</sup>“, galima pagaminti aukštos kokybės 3D karkasus iš didelio klampumo medžiagų, tokių kaip hidrogelis. Principinė „PAM<sup>2c</sup>“ konstrukcija sudaryta iš trijų ašių mikropozicionavimo mazgų, kurių varikliai valdomi mikrovaldiklio įtaisu MP10. Kiekvieno modulio skirtinga apdirbimo funkcija bei darbo parametrai individualiai koreguojami per CAD vartotojo sąsają. 3D karkasai gaminami nuosekliai užliejant medžiagų sluoksnius vieną ant kito. Maksimalus karkaso sluoksnių gamybos greitis

yra 50 mm/s, o darbinis slėgis neviršija 500 mmHg. Klampumas reguliuojamas keičiant tirpino ir tirpiklio santykį. Dėl šių savybių „PAM<sup>2c</sup>“ galima išanalizuoti ir suprasti karkasų, naudojamų audinių inžinerijoje, sandaros sudėtingumą.

Pasiūlyta automatizuota audinių karkasų gamybos sistema „CASTS“, skirta audinių bei organų karkasų, turinčių tinkamų biologinių ir mechaninių savybių, gamybai [14]. „CASTS“ sistema sukurta kaulo karkaso modelis gali būti konvertuojamas į STL formatą, naudojamą sparčiai prototipų gamybai (SPG). Karkaso standumas pasiekiamas koreguojant karkaso porėtumą, kuris užtikrinamas pasitelkiant dviejų tipų funkcinius gradientus:

1. Radialinį.
2. Ašinį arba linijinį.

Radialinis gradientas skirtas ilgųjų kaulų karkasams gaminti, o ašinis – trumpųjų ar netaisyklingos formos kaulų karkasams. Standumo gradientas radialine kryptimi įgyvendinamas koncentrinio būdu išdėstant cilindrinę elementų ląsteles, kai porėtumas mažėja nuo centro išorinio spindulio link. Taip pasiekiamas didesnis karkaso standumas ties išoriniu spinduliu ir didesnis porėtumas karkaso centre. Ašinis gradientas realizuojamas keičiant karkaso dalies skersmenį išilgai gradiento krypties. Abiejuose gradientuose varijuoja šie parametrai:

- Karkaso dalies skersmuo.
- Elemento ląstelės matmuo.
- Dviejų skirtingo standumo karkaso regionų ribos.

„CASTS“ karkasų gamybai naudoja sintetinį polimerą – polikaprolaktoną (PCL – *polycaprolactone*). Buvo įrodyta [3, 13], kad PCL gali būti sėkmingai sumaišomas su tokiais polimerais kaip polipieno rūgštis (PLA) ar polipieno ir glikolio (PLGA) rūgštis. CASTS veikimo metodas gali būti suskaidytas į du etapus. Pirmame etape nustatomi empiriniai ryšiai tarp karkaso standumo ir stiprumo, t. y. mechaniniai reikalavimai susieti su geometrine funkcija (karkaso matmenys, porėtumas, porėtumo dydis, porėtumo forma). Antrame etape apibrėžiama koreliacija tarp biologinių ir geometrinių reikalavimų. Kai mechaniniai ir biologiniai reikalavimai įvykdyti, sugeneruojamas galutinis karkaso modelis.

## Išvados

Audinių inžinerija – tai tarpdisciplininių žinių, siekiant sukurti ir atkurti audinius, pritaikymo sritis. Pagrindinė audinių inžinerijos koncepcija – atkurti audinių struktūrą bei funkciją naudojant skirtingas biologines medžiagas, kad būtų sukurta palanki aplinka, skatinanti naujų audinių atkūrimą.

Vienas iš pagrindinių karkasų optimizavimo tikslų – galimybė sukurti idealizuotą mechaninę aplinką biologiniam kūno audiniui augti. Daug mokslinių tyrimų analizuoja ir siūlo plėtoti tokius matematinius

algoritmus, kurie apibrėžtų kaulų audinių karkasų, naudojamų audinių regeneracijos atvejais, mechanines savybes.

Dažniausiai tyrimų pradžioje yra nustatomi empiriniai ryšiai tarp karkaso standumo ir stiprumo, vėliau – koreliacija tarp biologinių ir mechaninių reikalavimų kaulo karkasui, tuomet sugeneruojamas galutinis karkaso modelis. Sukurtas kaulo karkaso modelis gali būti konvertuojamas į universalų 3D formatą (STL arba STEP), naudojamą sparčiai prototipų gamybai (SPG).

Tokios kompiuterinės technologijos kaip automatizuoto projektavimo (CAD – *computer-aided design*), kompiuterizuotos gamybos (CAM – *computer-aided manufacturing*) bei baigtinių elementų metodas (BEM) pastaruoju metu plačiai taikomi kuriant įvairias kaulų audinių inžinerijos strategijas. Mokslinių tyrimų rezultatai parodė, kad kaulų audinių karkaso paviršiaus plotas turi didelę įtaką gautos struktūros stiprumui.

Įvertinus tai, kad žmonių, kuriems reikia organų ar audinių transplantacijos, skaičius auga greičiau nei potencialių donorų skaičius, labai perspektyviai atrodo audinių inžinerijos pritaikymo galimybės, kai norimam organui gali būti sukurti dirbtiniai audiniai su atitinkamomis funkcinėmis bei struktūrinėmis savybėmis.

## Literatūra

- Cai, S.; Xi, J.; Chua, C. K. A Novel Bone Scaffold Design Approach Based on Shape Function and All-Hexahedral Mesh Refinement. *Computer-Aided Tissue Engineering*, 2012, p. 45–55.
- Darling, A. L. *Functional design and fabrication of heterogeneous tissue engineering scaffolds*. Dissertation, 2005, Drexel University.
- Edlund, U.; Albertsson, A. C. Degradable Polymer Microspheres for Controlled Drug Delivery. In *Degradable aliphatic polyesters*. Berlin: Springer, 2001, p. 67–112.
- Kačianauskas, R.; Ardatov, O. Struburo juosmens slankstelių sistemos skaitinis tyrimas BEM. *Mokslas – Lietuvos ateitis: Mechanika, medžiagų inžinerija, pramonės inžinerija ir vadyba*, 2013, Nr. 5(6), p. 591–593.
- Kocius, M.; et al. *Ortopedija-traumatologija*, 2014 [žiūrėta 2015 m. kovo 2 d.]. Prieiga internetu: [http://www.mf.vu.lt/sites/default/files/other/\\_traumatologija\\_2014\\_04\\_08\\_visas.pdf](http://www.mf.vu.lt/sites/default/files/other/_traumatologija_2014_04_08_visas.pdf)
- Liebschner, M.; Bucklen, B.; Wettergreen, M. Mechanical aspects of tissue engineering. *Seminars in Plastic Surgery*, 2005, Nr. 19(3), p. 217–228.
- McDonald, K.; Little, J.; Percy, M.; Adam, C. Development of a multi-scale finite element model of the osteoporotic lumbar vertebral body for the investigation of apparent level vertebra mechanics and microlevel trabecular mechanics. *Medical Engineering and Physics*, 2010, Nr. 32, p. 653–661.
- Meyer, U.; Neunzehn, J.; Wiesmann, H. P. Computer-Aided Approach for Customized Cell-Based Defect Reconstruction. *Computer-Aided Tissue Engineering*, 2012, p. 27–43.
- Mizrahi, J.; Silva, M. J.; Keaveny, T. M.; Edwards, W. T.; Hayes, W. C. Finite element stress analysis of the normal and osteoporotic lumbar vertebral body. *Spine*, 1993, Nr. 18 (14), p. 2088–2096.
- Nevitt, M. C.; Ross, P. D.; Palermo, L.; Musliner, T.; Genant H. K.; Thompson D. E. Association of prevalent vertebral fractures, bone density, and alendronate treatment with incident vertebral fractures: effect of number and spinal location of fractures. *The fracture intervention trial research group*, 1999, Nr. 25(5), 613–619.
- Ramtani, S. Mechanical modeling of cell/ECM and cell/cell interactions during the contraction of a fibroblast-populated collagen microsphere: theory and model simulation. *J Biomech*, 2004, Nr. 37(11), p. 1709–1718.
- Starly, B.; Lau, W.; Sun, W. Internal Architecture Design and Freeform Fabrication of Tissue Replacement Structures. *Computer-Aided Design*, 2006, Nr. 38, p. 115–124.
- Stridsberg, K.; Ryner, M.; Albertsson, A. C. Controlled Ring-Opening polymerization: Polymers With Designed Macromolecular Architecture. In *Degradable aliphatic polyesters*. Berlin: Springer, 2001, p. 41–65.
- Sudarmadji, N.; Chua, C. K.; Leong, K. F. The Development of Computer-Aided System for Tissue Scaffolds (CASTS) System for Functionally Graded Tissue-Engineering Scaffolds. *Computer-Aided Tissue Engineering*, 2012, p. 111–123.
- Tarawneh, A.; Wettergreen, M.; Liebschner, A. K. Computer-Aided Tissue Engineering: Benefiting from the Control Over Scaffold Micro-Architecture. *Computer-Aided Tissue Engineering*, 2012, p. 1–25.
- US Department of Health & Human Services OPTN/SRTR Annual Report Trends in Organ Donation and Transplantation in the United States, 1998–2007 [žiūrėta 2015 m. kovo 2 d.]. Prieiga internetu: <http://optn.transplant.hrsa.gov/ar2008/>
- Vozzi, G.; Tirella, A.; Ahluwalia, A. Rapid Prototyping Composite and Complex Scaffolds with PAM<sup>2</sup>. *Computer-Aided Tissue Engineering*, 2012, p. 57–69.
- Xiaoyu, J. *The basis for the finite element method*. Beijing, P.R. China: The Tsinghua Press, 1993.

## TISSUE ENGINEERING OF BONE SCAFFOLDS: RESEARCH METHODOLOGY AND TECHNOLOGY REVIEW

Darius Mačiūnas

Vilnius College of Technologies and Design

**Abstract.** Published scientific researches, concerning optimization of bone tissue scaffolds design, are analyzed in the article. A review of the proposed research methodology and technology, which contributes to the innovation of modern industries (related to bone tissue engineering) development opportunities, is presented. Tissue engineering is the adaptation of interdisciplinary sciences to create and repair a tissue. Generally, a designed tissue is a set of living cells and a support construction to be called a scaffold. The scaffold ensures the support for bone-manufacturing



cells and may be used to cure or substitute a defective bone. Numerous researches indicated that while considering a deposition-based growth pattern of scaffold, such occurs in nature, surface area plays crucial role to the resulting strength of such structures, especially for bone-like systems. Multiple studies represent the development of mathematical algorithms to define the mechanical properties of scaffold structure used for tissue regenerative applications. Computer-aided design (CAD), computer-aided manufacturing (CAM) and lots of various features like finite element method (FEM) have been utilized for use in medical treatment ways like in bone tissue scaffold engineering strategies.

The designed bone tissue scaffold could be converted to a multipurpose three dimensional (3D) file format (like STEP or STL), which could be used for rapid prototyping. The utilization of rapid prototyping systems for the specific tissue engineering solutions leads to a much less expensive option with increased throughput due to the velocity of contemporary rapid prototyping systems. The article reveals the trends within research methodology of bone tissue scaffolds and allows to predict development prospects of bone tissue engineering.

**Key words:** bone tissue, tissue engineering, bone scaffold, finite element method, computer-aided design, computer-aided manufacturing .

# TECHNIKOS OBJEKTŲ KOKYBĖS INŽINERINIAISPRENDIMAI

Jevgenija Filonova

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, e. p.: j.filonova@vtdko.lt

**Anotacija.** Kokybės inžinerija nagrinėja veikas, kuriomis užtikrinama reikiama kuriamo produkto kokybė. Straipsnyje vartojama „technikos objekto“ sąvoka siauresnė nei gaminio. Technikos objektai – tai mašinos, staklės ir jų dalys, prietaisai, įrankiai, įtaisai ir pan. Sąvoka „technikos objektas“ netaikoma statybinėms medžiagoms, tekstilei, maisto produktams ir kt. Šių gaminių kokybė apibūdinama mažesniu parametru skaičiumi. Be to, patys parametrai lengviau nustatomi. Straipsnyje pristatoma sudėtingesnės gaminių klasės – technikos objektų – kokybė, kurios dėsningumus galima pritaikyti ir ne technikos gaminių savybėms apibūdinti. Technikos objekto kokybė įvertinama pagal tolydines, diskretines, dvejetaines charakteristikas, analizuojamas statistinės analizės metodas, nustatantis tikrąsias technikos objekto parametrų ir jų tolerancijų vertes, kurias turi žinoti ir gamintojas, ir vartotojas. Analizuojami objektų charakteristikų pasiskirstymo dėsniai; pagal Binominio, Puasono (*Poisson*) ir normaliojo pasiskirstymo dėsnius atliekami kokybės inžineriniai sprendimai (skaičiavimai). Straipsnis užbaigiamas kokybės vadybos sistemos ir visuotinės kokybės vadybos pagrindinius principus reglamentuojančių standartų ISO 9000 ir ISO 9001 pristatymu.

**Svarbiausios sąvokos:** technikos objektas, kokybė, kokybės įvertinimas, objektų charakteristikų pasiskirstymo dėsniai, kokybės vadyba ir standartai.

## Įvadas

Šiuolaikinė gamybinė aplinka turi būti orientuojama į gaminių kokybės didinimą ir gamybos išlaidų mažinimą. Gamybinėje aplinkoje vyrauja vienalaikė inžinerija, kurios esminis bruožas – gaminio projektavimas ir gamybos technologijos kūrimas, vykdomas beveik tuo pačiu metu. Turi būti išnagrinėtas visas projektuojamo gaminio gyvavimo ciklas: nuo koncepcijos suformulavimo iki gaminio utilizavimo. Kokybiški gaminiai neteršia aplinkos, o, pasibaigus eksploatacijos laikui, suyra į nekenksmingas sudedamąsias dalis arba panaudojami kaip žaliava kitų gaminių (technikos objektų) gamybai.

Technikos objekto kokybė yra kompleksinė daugelio parametrų savybė. Kompleksiniams esminiems technikos objekto kokybės požymiams galima priskirti patikimumą (numatytų funkcijų atlikimą), ilgaamžiškumą, priežiūros patogumą, estetinį vaizdą, naujų technologijų panaudojimą. Produkto savybės skirtingiems vartotojams turi nevienodą reikšmę, dėl to ir kokybės samprata gali skirtis.

Standartas ISO 9000 kokybę apibūdina taip: „kokybė yra produkto ar paslaugos savybių ir charakteristikų visuma, leidžianti patenkinti vartotojo pareikštas ar numatomas reikmes“.

Kokybės sąvoka apima dvi gaminio savybių grupes:

Pirmai grupei priskiriami gaminio techniniai parametrai, apimantys patikimumą, ilgaamžiškumą, galimybę taisyti, galingumą, našumą ir t. t. Nuo šių parametrų priklauso gaminio pardavimai. Techniniai parametrai turi būti užtikrinami projektuojant gaminį.

Antrai grupei priskiriama savybė – defektų nebuvimas. Tai vartotojo įsitikinimas, kad jis perka gerą gaminį, kurį projektuojant, gaminant, transportuojant,

sandėliuojant ir t. t. nebuvo padaryta klaidų bei pažeidimų. Taigi vartotojas pasiryžęs mokėti ir daugiau. Defektų reikia išvengti gaminant gaminį.

- Straipsnio tikslas – išanalizuoti technikos objekto kokybės sąvoką ir kokybės vertinimui pritaikyti inžinerinius sprendimus.

## Uždaviniai:

- įvertinti technikos objektų kokybę; pagal kokybės parametrų (charakteristikų) visumą, prisidedančią prie vartotojo reikmių tenkinimo;
- pristatyti statistines technikos objektų charakteristikas, kurias turi žinoti ir gamintojas, ir vartotojas;
- išanalizuoti technikos objektų charakteristikų pasiskirstymo dėsnius;
- pritaikyti inžinerinius sprendimus vertinant technikos objektų kokybę pagal Binominio, Puasono (*Poisson*) ir normaliojo pasiskirstymo dėsnius;
- pristatyti kokybės vadybos sistemos ir visuotinės kokybės vadybos pagrindinius principus reglamentuojančius standartus ISO 9000 ir ISO 9001.

**Temos aktualumas.** Šiuolaikinė gamybinė aplinka turi būti orientuojama į gaminių kokybės didinimą ir gamybos išlaidų mažinimą. Tokių uždavinių įgyvendinimas siejamas ir su naujų žinių poreikiu. Inžineriniai skaičiavimai ir sprendimai yra technikos objekto (gaminio) kokybės sudedamoji dalis. Inžinerinė veikla – tai gaminio atitikmens kokybės standartams analizė, vertinimas ir prevencija. Mokymo institucijos, vykdydamos žinių plėtros strategiją, turi aktyviai prisidėti prie mokslo ir verslo vienovės kūrimo.

**Praktinė darbo reikšmė.** Technikos objektų kokybės inžinerinius sprendimus būtina taikyti studijose siekiant dėstomų dalykų, pavyzdžiui, matematikos ir gamybos technologijų, matematikos ir techninių matavimų integracijos. Studijų dalykų sąsajos turi tęstinumą praktinėje inžinerinėje veikloje.

**Taikomi metodai:** literatūros analizė; patirties darbinėje veikloje pritaikymas.

## Technikos objektų kokybės įvertinimas

Technikos objektų kokybė įvertinama kokybės parametrų (charakteristikų) visuma. Vertinamos charakteristikos, kurios prisideda prie vartotojo reikmių tenkinimo. Šios charakteristikos skirstomos į tris grupes: tolydines, diskretines, dvejetaines.

Tolydinės charakteristikos yra tokios, kurios gali įgauti bet kokią reikšmę nustatyta reikšmių intervale. Pavyzdžiui, automobiliui, 100 km/h važiuojančiam greitkeliu, gali prireikti 5 litrų, mieste – 7 litrų degalų. Tolydinės charakteristikos gali įgauti įvairių reikšmių, tačiau jos yra objektyvios, nes gali būti tiksliai įvertintos ir nepriklauso nuo kieno nors nuomonės. Šiuo atveju technikos objekto kokybę apibūdinama tolydinių parametrų visuma {aibė x}.

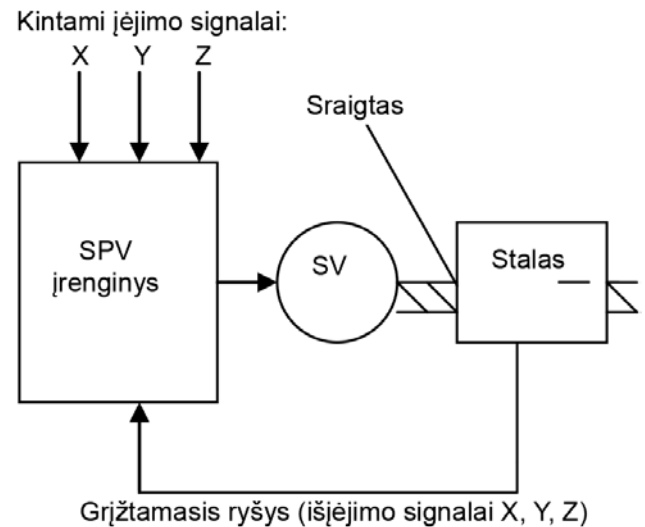
Diskretinės charakteristikos naudojamos atskleisti savybėms, kurioms būdingos kelios reikšmės. Pavyzdžiui, automobilio išvaizda gali būti puiki, gera, patenkinama, nepatenkinama. Diskretinės charakteristikos yra subjektyvios, t. y. priklauso nuo vertintojo nuomonės. Šios subjektyvios charakteristikos technikos objekto kokybę apibūdina diskretinių parametrų visuma {aibė y}.

Dvejetainės charakteristikos naudojamos atskleisti savybėms, kurių objektas turi arba neturi. Dėl to šios charakteristikos dvejetainės skaičiavimo sistemos žymimos ženklais: 1 – savybė yra; 0 – jos nėra. Pvz., skaitmeninio programinio valdymo (SPV) vertikalus frezavimo centras turi pasukamą suklijo galvutę arba jos neturi, SPV horizontalus tekimo centras turi dvi revolverines galvutes arba arba jų neturi; valdymo sistema, skirta servo varikliams, negali būti naudojama žingsniniams varikliams valdyti; jei valdymo sistema skirta darbui su keitikliais, matuojančiais santykinius poslinkius, tai joje negali būti naudojami absoliučių poslinkių keitikliai. Dvejetainės charakteristikos taip pat objektyvios, nes nepriklauso nuo vertintojo nuomonės. Šios grupės charakteristikos technikos objekto kokybę apibūdina dvejetainių parametrų visuma {aibė z}.

Tolydiniai objektyvūs parametrai yra informatyviausi: parametrų vertė nustatoma nepriklausomais matavimais, kurie parodo kokybės pokyčius. Gaminio techninio objekto (gaminio) charakteristikos nurodo projektinius parametrus. SPV staklių techninę charakteristiką sudaro šie projektiniai parametrai: matmenys, svoris, koordinatės, didžiausias apdirbamos detalės skersmuo, didžiausias apdirbamos detalės ilgis, maksimalūs pagrindinio suklijo apsisukimai, variklio galia ir t. t.

Tačiau visi gaminiai yra veikiami atsitiktinių veiksnių. Šių veiksnių įtaka akivaizdi gaminant produktą (mašiną, įrenginį) ir jį eksploatuojant tam tikromis sąlygomis. Mašinų detales veikia atsitiktiniai veiksniai:

matmenų, paviršiaus kokybės, kietumo, cheminės sudėties ir kt. nuokrypos. Aplinka, kurioje dirba technikos objektas, taip pat apibūdinama atsitiktiniais parametrais: temperatūra, oro drėgnumu, vibracijomis ir kt. Visi atsitiktiniai veiksniai, turintys įtakos technikos objekto darbui, vadinami atsitiktiniais įėjimo parametrais. Dėl jų poveikio pasikeičia objekto parametrai, kurie vadinami išėjimo parametrais (1 pav.).



1 pav. SPV staklių judesių valdymo schema

Dėl kintamų įėjimo signalų išėjimo signalai arba technikos objektų tolydiniai parametrai yra nepastovūs, tačiau jų vertės panašios į projektinę parametrų vertę. Atsitiktiniai veiksniai gali būti koreguojami. Todėl rezultatas gaunamas be pakitusių parametrų. Kaip šiuo atveju dirba visa SPV sistema (1 pav.)? SPV sistema naudoja servo variklius (SV) ir santykinio posūkio kampe keitiklius. Dvi ašys naudojamos stalo poslinkiams, kiekviena ašis turi keitiklį, o suklys – tachometrą.

Pradėkime nuo pirmosios ašies. Kontrolės sistema siunčia signalą varikliui (duomenų įvedimas), variklis sukasi (rezultatas). Tada keitiklis siunčia grįžtamąjį signalą valdymo įrenginiui. Dėl atsitiktinių veiksnių gali pakisti išėjimo signalas. Pavyzdžiui, duota komanda sukliui ir atlikti 800 sukčių. Variklio rotorius sukasi tam tikrą laiką, keitiklis siunčia grįžtamąjį (išėjimo) signalą, nurodantį, kad jis atliko tik 780 sukčių. Grįžtamasis signalas (780 sukčiai) palyginamas su pradiniu signalu (800 sukčių), nustatoma 20 sukčių paklaida. Sugeneruojamas naujas signalas varikliui atlikti 20 sukčių. Tam tikrą laiką variklis vėl sukasi. Ciklas kartojamas tol, kol bus atliktas reikalaujamas judesys – 800 sukčių.

Technikos objekto nekoreguojamų verčių nuokrypiai nuo projektinių suklija vartotojo nepasitenkinimą, todėl gamintojas nurodo charakteristikų (x, y, z) nuokrypių ribas, kurios vadinamos tolerancijos ribomis  $\Delta$ . Vartotojui neturi patekti gaminiai, kurių charakteristikos išeina už ribų  $x \pm \Delta_1$ ,  $y \pm \Delta_2$ ,  $z \pm \Delta_3$ . Aukštos kokybės gaminį apibūdina tikslūs parametrai x, y, z ir mažos tolerancijos  $\Delta$ .

## Statistinės technikos objektų charakteristikos

Statistinės analizės metodas nustato tikrąsias technikos objekto parametrų ir jų tolerancijų vertes, kurias turi žinoti ir gamintojas, ir vartotojas. Vertės nustatomos statistinės analizės metodais: apskaičiuojamas parametro vidurkis, standartinis nuokrypis, tikimybė, tikimybės tankio funkcija, variacijos koeficientas ir kt. Statistinei analizei reikia turėti  $n$  parametro  $x$  reikšmių, kurios žymimos  $x_i$ , kur  $i = 1, 2, 3, n$ .

1. Statistinis vidurkis  $m$  apskaičiuojamas pagal formulę:

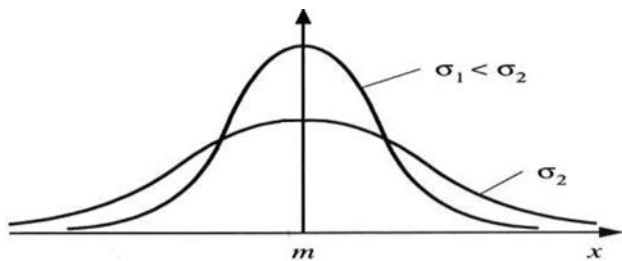
$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Standartinis nuokrypis arba vidutinis kvadratinis nuokrypis  $\delta$  apskaičiuojamas:

$$\sigma = \sqrt{S} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2} \quad (2)$$

čia  $S$  – dispersija ( $S = \sigma^2$ ), tai parametro  $x$  sklaidos matas.

Statistinis vidurkis  $m$  nurodo parametro reikšmių pasiskirstymo centrą, o standartinis nuokrypis arba vidutinis kvadratinis nuokrypis  $\sigma$  apibūdina pasiskirstymo kreivės formą. Kai sklaidos charakteristika  $\sigma$  didėja, pasiskirstymo kreivė plokštėja (2 pav.).



2 pav. Vidurkis  $m$  ir standartinis nuokrypis  $\sigma$

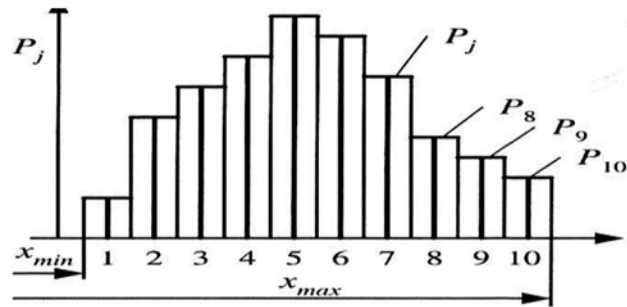
Tikimybė. Tikimybės sąvoka vartojama technikos objektų parametrų sklaidai apibūdinti. Šiuo atveju galima apskaičiuoti tikimybę, kad parametras  $x$  patenka į tam tikrą reikšmių diapazoną. Pavyzdžiui., nustatant  $N$  parametrą atliekama  $x$  matavimų.  $X$  reikšmių diapazonas nuo  $x_{min}$  iki  $x_{max}$  padalinamas į  $n$  vienodų intervalų  $\delta x$ . Skaičiuojama, kiek pamatuotų reikšmių  $N$  patenka į kiekvieną diapazoną. Tikimybė, kad matavimas  $x$  pateks į „ $j$ “ diapazoną, apskaičiuojama:

$$P_j = \frac{N_j}{N} \quad (3)$$

čia  $j = 1, 2, 3, \dots, n$

Diskretinis tikimybės pasiskirstymas rodomas grafike – historigrame (3 pav.).

Juodesnės linijos, nubrėžtos per intervalų 1, 2, 3, .....10 vidurį, vaizduoja tikimybes  $P_j$ , stačiakapiai – tikimybės tankio pasiskirstymą arba historigramą. Visų



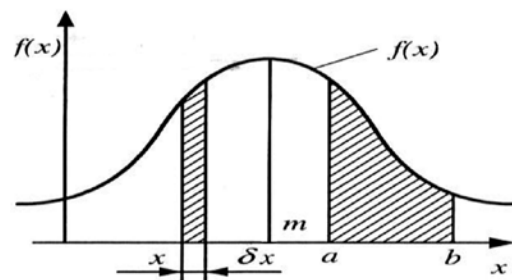
3 pav. Diskretinio tikimybės pasiskirstymo historigrama

stačiakampių plotų suma rodo, kad  $x$  gali įgyti bet kokią vertę, t. y. tikimybę, lygią vienetui.

**Tikimybės tankis.** Tikimybės tankis yra patogesnis metodas apibūdinti tikimybės pasiskirstymą. Tikimybės tankis apskaičiuojamas:

$$f_j = \frac{P_j}{\delta_k} \text{ arba } P_j = f_j \delta_x \quad (4)$$

Grafike (4 pav.) vaizduojamas parinktas intervalo plotis  $\delta x$ , artimas nuliui.



4 pav. Tolydinio tikimybės pasiskirstymo tankio funkcija

Tuomet laiptuota historigrama pavirsta tolydine kreive, kuri vadinama tikimybės tankio funkcija  $f(x)$ . Turint  $f(x)$ , skaičiuojama įvykio tikimybė. Tikimybė, kad dominančio parametro vertė bus tarp  $x$  ir  $x + \delta i$ , apskaičiuojama:

$$P_{x, x+\delta x} = f(x) \delta_x \quad (5)$$

Ši tikimybė lygi užbrūkšniuotam plotui, kurio plotis  $\delta i$ , o aukštis  $f(x)$ . Tikimybė, kad parametro vertė bus  $x^1 = a$  ir  $x^2 = b$ , apskaičiuojama pagal lygtį:

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx \quad (6)$$

Grafinėje iliustracijoje (4 pav.) ši tikimybė lygi užbrūkšniuotam plotui po tikimybės tankio kreive tarp  $a$  ir  $b$ .

## Technikos objektų charakteristikų pasiskirstymo dėsniai

Technikos objektų parametrų sklaida atsiranda dėl atsitiktinių veiksnių. Šis atsitiktinių dydžių pasis-



kirstymas aprašomas pasiskirstymo dėsniais, kuriems priklauso diskretinis, Bernulio, binominis, Puasono, normalusis, logaritminis normalusis, Veibulo ir eksponentinis.

Binominis pasiskirstymas. Binominis – tai diskretinis pasiskirstymas, naudojamas aprašyti dviem galimiems rezultatams: veikiantis – sugedęs, tinkamas matmuo – netinkamas (brokas) ir t. t. Analizuojant matavimo rezultatus, pageidaujamo įvykio tikimybė pažymima  $p$ , o nepageidaujamo arba broko –  $q$ . Tikimybė, kad iš  $n$  bandymų bus  $x$  pageidaujamų, apskaičiuojama:

$$P(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x} \quad (7)$$

čia:  $x$  – pageidaujamų įvykių skaičius ( $x = 1, 2, 3, \dots, n$ );  $(n-x)$  – nepageidaujamų įvykių skaičius iš bandymų skaičiaus  $n$ .

• Binominio pasiskirstymo vidurkis apskaičiuojamas:

$$m = n \cdot x \cdot p \quad (8)$$

• Binominio pasiskirstymo standartinis nuokrypis apskaičiuojamas:

$$\sigma = \sqrt{npq} \quad (9)$$

▪ **Inžinerinis sprendimas pagal diskretinį Binominio pasiskirstymo dėsnį.**

Sąlyga: gaminant detalę automatinėje linijoje gaunama 3% broko. Detalių partiją sudaro 10 vienetų.

Užduotis – išsiaiškinti, kokia tikimybė, kad partijoje bus viena netinkama detalė.

**Sprendimas**

1. Tikimybė, kad bus viena netinkama detalė, pažymima  $p$ :  $p = 0,03$  (30% broko).

2. Tikimybė, kad bus pagamintos geros detalės, pažymima  $q = 1 - p$ :  $q = 1 - p = 1 - 0,03 = 0,97$ .

3. Skaičiuojama tikimybė, kad partijoje bus viena netinkama detalė:

$$p(1) = \frac{10!}{1!(10-1)!} \cdot 0,03^1 \cdot 0,97^9 = 0,228$$

Išvada: tikimybė, kad iš 10 detalių partijoje bus viena brokuota, nepasitvirtina, nes  $p = 0,228$ .

Puasono (*Poisson*) pasiskirstymas. Puasono pasiskirstymas tai – binominio išplėtimo pasiskirstymo išplėtimas: bandymų skaičius artėja prie begalybės, pageidaujamo įvykio tikimybė – prie nulio, vidurkis  $m$  yra baigtinis. Taria, kad  $q = 1$ , nes  $q$  yra labai didelis palyginti su  $p$ .

$$p(x) = \frac{m^x}{x!} \exp(-m) \quad (10)$$

▪ **Inžinerinis sprendimas pagal diskretinį Puasono pasiskirstymo dėsnį**

Duomenys:  $x = 1$ ;  $n = 10$ ;  $p = 0,03$

**Sprendimas**

1. Skaičiuojamas vidurkis  $m$ :  $m = n \cdot p = 10 \cdot 0,03 = 0,3$

2. Skaičiuojama tikimybė, kad partijoje bus viena netinkama detalė:

$$p(1) = \frac{0,3!}{1!} \exp(-0,3) = 0,222$$

Išvada: tikimybė, kad iš 10 detalių partijoje bus viena brokuota, nepasitvirtina, nes  $p = 0,222$ .

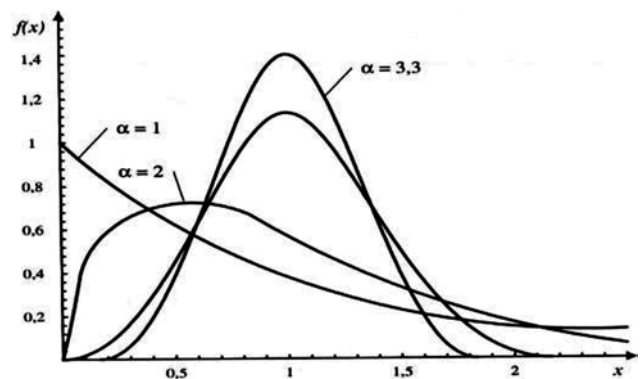
**Veibulo pasiskirstymas.** Veibulo pasiskirstymas yra tolydinio pasiskirstymo dėsnis, plačiai naudojamas inžineriniams skaičiavimams. Dėsnis taikomas medžiagų stiprumo charakteristikoms, riedėjimo guolių, krumpliaračių, stabdžių trinkelėlių darbo iki gedimo aprašymui. Šiuo atveju tikimybės tankio funkcija skaičiuojama:

$$f(x) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)^\alpha \quad (11),$$

kai  $x > 0$ ,  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ , o tikimybė, kad bus nurodytame intervale

$$P(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (12)$$

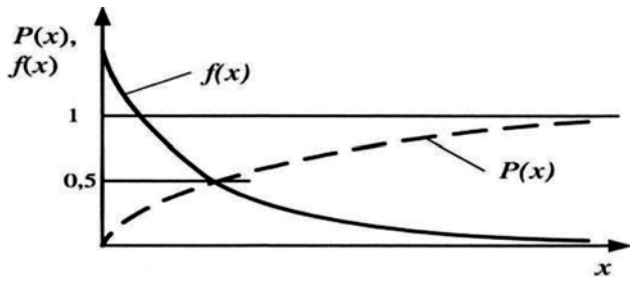
Veibulo tikimybės tankio pasiskirstymo funkcija įvairioms parametru pasiskirstymo vertėms parodyta 5 paveiksle.



5 pav. Veibulo pasiskirstymo funkcija, kai parametru pasiskirstymo vertės įvairios

Kintant formos parametru  $\alpha$  ir mastelio parametru  $\beta$ , Veibulo funkcija įgauna įvairias formas. Eksponentės funkcija gaunama, kai  $\alpha = 1$ , Reilėjaus (*Reyleigh*) pasiskirstymo dėsnis – kai  $\alpha = 3,3$ . Šiuo atveju Veibulo pasiskirstymo funkcija tampa panaši į normaliojo pasiskirstymo tankio funkciją.

**Eksponentinis pasiskirstymas.** Eksponentinis pasiskirstymas (6 pav.) yra Veibulo pasiskirstymo atvejis. Pagal eksponentinį dėsnį pasiskirsto netaisomų technikos objektų (gaminų) darbas iki jų gedimo, taisomų – darbo tarp remonto trukmė ( $T$  ciklas), techninės priežiūros ( $\omega$ ) ir remonto trukmė  $\mu$ .



6 pav. Eksponentinis pasiskirstymas

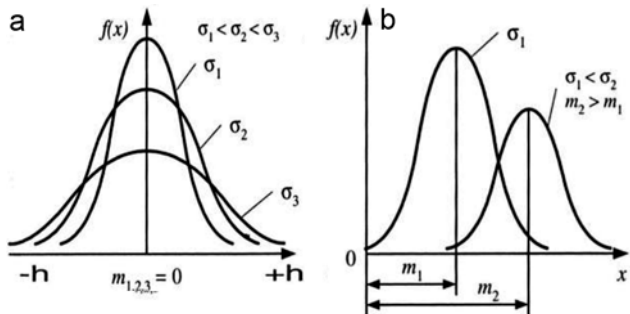
Skaičiuojant eksponentinį Veibulo pasiskirstymo atvejį, kai  $\alpha = 1$ , o  $\lambda = 1/\beta$ , iš Binominio pasiskirstymo 7 formulės gaunamos tokios formulės:

$$f(x) = \lambda \exp(-\lambda x) \tag{13}$$

$$P(x) = \int_0^{\infty} f(x) = 1 - \exp(-\lambda x) \tag{14}$$

**Gauso arba normaliojo pasiskirstymo dėsnis.**

Gauso arba normaliojo pasiskirstymo dėsnis naudojamas atsitiktiniams dydžiams statiškai aprašyti. Normaliojo pasiskirstymo kreivės, kai įvairios statinio vidurkio  $m$ , ir vidutinio kvadratinio nuokrypio arba standartinio nuokrypio  $\sigma$  parodytos 7 paveiksle a ir b. Vidurkis  $m$  yra pasiskirstymo kreivės simetrijos ašis. Kreivės formą apibūdina standartinis nuokrypis  $\sigma$ .



7 pav. Normaliojo pasiskirstymo kreivės

Normaliojo pasiskirstymo atveju kintamasis parametras  $x$  kinta nuo  $\infty$  iki  $\infty$ . Tačiau 68% verčių patenka į intervalą  $m \pm \delta$ , 95% – į intervalą  $m \pm 2\delta$ , 99,7% – į intervalą  $m \pm 3\delta$ .

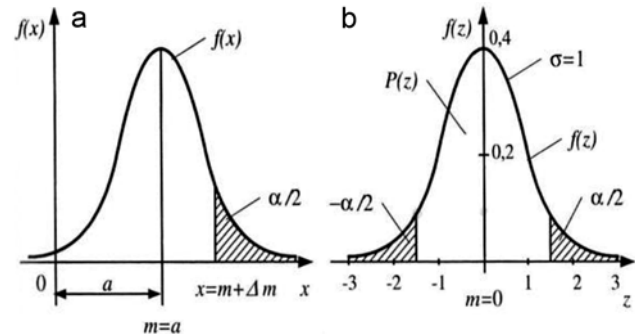
Normaliojo pasiskirstymo tikimybės tankio dėsnis reiškiamas tokia lygtimi:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(x - m)^2 / 2\sigma^2\right] \tag{15}$$

Tikimybė, kad atsitiktinis dydis pateks į reikšmių intervalą  $a - b$ , reiškiamą šia lygtimi:

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_a^b \exp\left[-(x - m)^2 / 2\sigma^2\right] dx \tag{16}$$

**Standartinis normalusis pasiskirstymas.** Standartinis normalusis pasiskirstymas – tai normaliojo pasiskirstymo atvejis, kai statinis vidurkis  $m = 1$  ir vidutinis kvadratinis nuokrypis arba standartinio nuokrypis  $\sigma = 0$ . Normaliojo ir standartinio normaliojo pasiskirstymo kreivės parodytos 8 paveiksle a ir b.



8 pav. Pasiskirstymo kreivės: a – normaliojo pasiskirstymo; b-standartinio normaliojo pasiskirstymo

Standartinis normalusis pasiskirstymas gaunamas  $x$  ašyje atidedant kintamojo dydžio  $x$  nuokrypiui nuo vidurkio proporcingą dydį  $z$ . Standartinio normaliojo pasiskirstymo kvantilis  $z$  skaičiuojama pagal formulę:

$$z = \frac{x - m}{\sigma} \tag{17}$$

Standartinio normaliojo pasiskirstymo tikimybės tankio funkcija reiškiamą taip:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) \tag{18}$$

Vidurkio  $m$  atžvilgiu, kai  $m = 0$ , tikimybės tankio funkcija yra simetriška (8 pav., b), o plotas po tikimybės tankio kreive lygus vienetui. Todėl įvykio tikimybė  $P$  apskaičiuojama:

$$P(z) + P(-z) = 1; \text{ iš čia } P(-z) = 1 - P(z). \tag{19}$$

Plotai  $\alpha / 2$  (8 pav.) vadinami kritine zona: a – vienvuse, b – dvipuse. Šie plotai lygūs tikimybei, kad į ją patenka kintamasis.

**■ Inžinerinis sprendimas pagal tolydinį normalųjį pasiskirstymo dėsnį [1]**

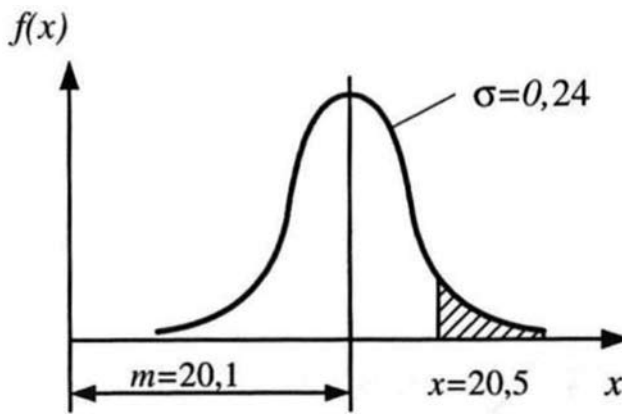
Sąlyga: velenėlio (gaminio) skersmens  $x$  matmuo pasiskirsto pagal normalųjį dėsnį, jo vidurkis  $m = 20,1$  mm, o standartinis nuokrypis  $\sigma = 0,24$  mm.

Duomenys: velenėlio skersmens normaliojo pasiskirstymo dėsnis (9 pav.).

**Užduotis:** apskaičiuoti procentinį dydį atsitiktinai paimtų velenėlių, kurių skersmuo bus didesnis už 20,5 mm.

**Sprendimas**

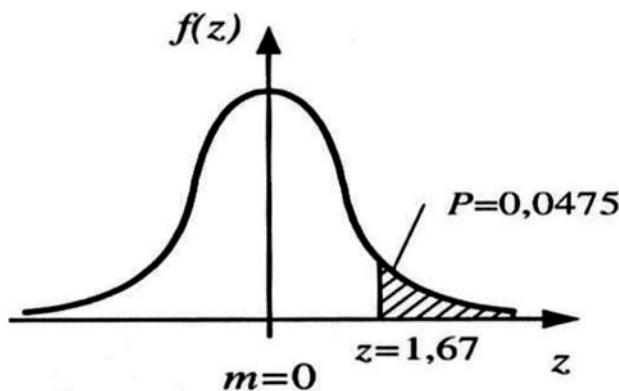
Apskaičiuojamas standartinio normaliojo pasiskirstymo kvantilis  $z$ .



9 pav. Velenėlio skersmens tikrasis normalusis pasiskirstymas

$$z = \frac{x - m}{\sigma} = \frac{20,5 - 20,1}{0,24} \approx 1,67$$

Velenėlio skersmens normaliojo pasiskirstymo dėsnis (9 pav.) transformuojamas į standartinį normalųjį pasiskirstymą (10 pav.).



10 pav. Normalusis pasiskirstymas

Užbrūkšniuotas plotas į dešinę nuo  $z \approx 1,67$  bus lygus tikimybei  $P$ .

Pagal apskaičiuotą normaliojo pasiskirstymo kvantilio reikšmę ( $z \approx 1,67$ ) iš normaliojo pasiskirstymo 1 lentelės randama tikimybė  $P$ .

1 lentelė. Plotas po normaliojo pasiskirstymo kreive  $P(x)$ 

x	0,00	0,01	0,02	...	0,07	...	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003		0,0003		0,0002
...	...	...	...	...	...	...	...
1,6	0,9452	0,9463	0,9474		0,9525		0,9545
...	...	...	...	...	...	...	...
3,4	0,9997	0,9997	0,9997		0,9997		0,9998

Šiuo atveju tikimybė  $P = 0,9525$  atitinka neužbrūkšniuotą plotą po kreive. Tai iliustruojama 10 paveiksle. Skaičiuojamas užbrūkšniuotas plotas į dešinę nuo  $z \approx 1,6$ , t. y. tikimybė  $P$ :  $P = 1 - 0,9525 = 0,047$ .

**Išvada:** tikimybė, kad atsitiktinai paimtų velenėlių

skersmuo  $x$  bus didesnis kaip 20,5 mm, lygi 0,0475, tai atitinka 4,75%.

Inžineriniai skaičiavimai ir sprendimai yra technikos objekto (gaminio) kokybės sudedamoji dalis. Inžinerinė veikla – tai gaminio atitiktumas kokybės standartams analizė, vertinimas ir prevencija. Technikos objekto (gaminio) kokybei didelę reikšmę turi ir efektyvi kokybės vadyba.

## Kokybės vadyba ir standartai

Kiekvienoje pramonės įmonėje veikia savanoriška kokybės užtikrinimo sistema, apimanti visus technologijos objekto (gaminio) gyvavimo ciklo etapus: projektavimo, gamybos, bandymų, eksploatacijos ir remonto. Tai sudėtinga sistema. Kad ji sėkmingai veiktų ir užtikrintų gaminio kokybę, reikia efektyvaus vadovavimo, kurį dar 1987m apibrėžė visuotinės kokybės vadybos ISO 8402 standartas: „į kokybę orientuotos organizacijos vadovavimo būdas, pagrįstas visų jos narių dalyvavimu, siekiant ilgalaikės sėkmės tenkinant klientą ir naudoti visiems savo organizacijos nariams bei visuomenei“. Šiuo metu standartas priklauso ISO 9000 standartų grupei.

Visuotinės kokybės vadybos pagrindiniai principai reglamentuojami ISO 9000 ir ISO 9001 standartuose. ISO 9000 – tai kokybės vadybos standartų rinkinys, apibūdinantis kokybės terminus (ISO 8420) ir reglamentuojantis kokybės reikalavimus projektavimui, tiekimui, remontui, vadybai ir t. t. (ISO 9001, ISO 9004). ISO 9001 taikomas įmonėse, kurios laikosi griežtų kokybės reikalavimų per visą gaminio gyvavimo ciklą: nuo projektavimo iki vartotojų aptarnavimo. Tai žinomiausias pasaulyje standartas, tinkantis visoms organizacijoms, nesvarbu kokio dydžio, tiek verslo, tiek valstybinės, gamybos, paslaugų bei prekybos. Standartas remiasi aštuoniais kokybės vadybos principais:

- Orientavimasis į vartotoją.
- Lyderystė.
- Darbuotojų įtraukimas.
- Procesinis požiūris.
- Sistemini požiūris į vadybą.
- Nuolatinis gerinimas.
- Faktais pagrįstų sprendimų priėmimas.
- Abipusiai naudingi santykiai su tiekėjais.

ISO 9004 pateikia rekomendacijas kokybės vadybos sistemų rezultatyvumui ir efektyvumui didinti.

ISO 9000 grupės standartų priėmimo nereikalauja įstatymai. ISO 9000 pripažinimas ir taikymas produkcijos kokybei reiškia įmonės pranašumą rinkoje.

## Išvados

1. Įvertinta technikos objektų kokybė pagal kokybės parametrų (charakteristikų) visumą, prisidedančią prie vartotojo reikmių tenkinimo. Tuo tikslu išanalizuotos trys grupės charakteristikų: objektyvios tolydinės, nepriklausančios nuo vartotojo nuomonės (pateiktas pavyzdys dėl automobilio degalų sunaudojimo greitkelyje ir mieste); subjektyvios diskretinės, priklausančios

nuo vartotojo nuomonės, vertinančios automobilio išvaizdą; objektyvios dvejetainės, naudojamos išskirti savybes, kurias objektas turi arba jų neturi. Tuo tikslu išanalizuotos SPV staklių konstrukcijos ir valdymo sistemos ypatybės bei atsitiktiniai veiksniai, kurių poveikis parodomas schemeje (1 pav.).

2. Pristatytos statistinės technikos objektų charakteristikos: statistinis vidurkis  $m$ , standartinis nuokrypis arba vidutinis kvadratinis nuokrypis  $\delta$ , tikimybė, tikimybės tankis. Statistinės charakteristikos, kurias turi žinoti ir gamintojas, ir vartotojas, yra apibūdintos, pateiktos jų grafinės iliustracijos (2–4 pav.) ir matematiniai skaičiavimai (1–6 f.).

3. Išanalizuoti technikos objektų charakteristikų pasiskirstymo dėsniai: Binominis, Puasono (*Poisson*), Veibulo, eksponentinis, Gauso arba normaliojo, standartinis normalusis. Aprašytas kiekvieno dėsnio panaudojimas, pateiktos skaičiavimo formulės (7–19 f.) ir grafinės iliustracijos (6–10 pav.)

4. Pritaikyti inžineriniai sprendimai vertinant technikos objektų kokybę pagal Binominį, Puasono (*Poisson*) ir normaliojo pasiskirstymo dėsnius. Pagal šiuos dėsnius 10 detalių partijoje apskaičiuotos tikimybės dėl brokuotų detalių skaičiaus: pagal Binominį pasiskirstymo dėsnį apskaičiuota tikimybė nepasitvirtina, nes  $p = 0,228$ , pagal Puasono – taip pat nepasitvirtina, nes  $p = 0,222$ . Pagal tolydinį normalųjį pasiskirstymo dėsnį apskaičiuota, kad atsitiktinai paimtų velenėlių, kurių skersmuo bus didesnis už 20,5 mm, tikimybė sudaro 4,75%.

5. Pristatyti kokybės vadybos sistemos ir visuotinės kokybės vadybos pagrindinius principus reglamentuojantys standartai ISO 9000 ir ISO 9001.

**Rekomendacija:** kuriant mokslo ir verslo vienovę, studijose taikyti studijų krypties, bendrųjų koleginių ir specialiųjų studijų dalykų integralumą, kuris praktinėje inžinerinėje veikloje labai reikšmingas.

## Literatūra

1. Adomėnas, V. *Statistiniai kokybės valdymo metodai*. Kaunas: Technologija, 2000. ISBN 9986-13-752-7
2. Boguslauskas, V.; Stungrienė, S. *Operacijų valdymas*. Kaunas: Technologija, 2008. ISBN 9986-09-175-4.
3. Booker, J.D., Rainer, M., Swift, G. *Designing Capable and Reliable Products*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001.

4. Lietuvos standartizacijos departamentas. [Žiūrėta 2015m. vasario 2d.] Prieiga internetu: <<http://www.lsd.lt>>
5. Mokšin, V.; Marcinkevičius, A. H.; Mokšin, V.; Jurevičius, M. *Šiuolaikiniai skaitmeninio valdymo apdirbimo centrai ir jų programavimas. I dalis Apdirbimo centrai*. Vilnius: Technika, 2010. 978-9955-28-751-3.
6. Medekšas, H. *Gaminių kokybė ir patikimumas*. Kaunas: Technologija, 2003. ISBN 9955-09-091-X.
7. Vanagas, P. *Visuotinė kokybės vadyba*. Kaunas: Technologija, 2004. ISBN 9955-09-748-5.

## TECHNICAL FACILITIES ENGINEERING QUALITY SOLUTIONS

Jevgenija Filonova

Vilnius College of Technologies and Design

**Abstract.** Quality engineering deals with the activities used to ensure the required quality of products. The paper used in the technical definition of the object, which is narrower than the product. Technical objects such as machine and machine parts, tools, devices and so on. The term "Technical object" does not apply to construction materials, textiles, food products and others. The quality of these products is described by a smaller number of parameters. In addition, the same parameters are easier to measure and determine. The paper presents a scope of more complex products – technical objects – the quality of the patterns can be applied to non – technical characteristics of a product. Technical object (product) is assessed by continuous, discrete, binary characteristics, analyzes the statistical analysis method, fixing the actual technical parameters of the object and their values of tolerances that producer and consumer should be aware of.

Analyzes the characteristics of the object distribution laws: by Binomial, Poisson (Poisson) and a normal distribution laws of the quality engineering solutions (computing). The paper concludes by a quality management system and total quality management, the basic principles governing the standards ISO 9000 and ISO 9001 delivery.

**Basic concepts:** technical object, Quality, quality evaluation, distribution laws of objects characteristics, quality and management standards.



# AUTOMOBILIŲ PLOVYKLOS RATUKO MODELIAVIMAS BAIGTINIŲ ELEMENTŲ METODU

JurijusTretjakovas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, e. p.: [j.tretjakovas@vtdko.lt](mailto:j.tretjakovas@vtdko.lt)

**Anotacija.** Automobilių plovyklos ratukas nuolat dirba chemiškai nepalankioje aplinkoje, patirdamas ciklinę apkrovą. Dėl šių priežasčių jis dažnai lūžta ir yra keičiamas. Straipsnyje pateikiama sukurto automobilių plovyklos ratuko modelio mechaninės elgsenos analizė. Modelis pateikia ratuko pavojingojo pjūvio vietą, maksimalius įtempius ir deformacijas.

**Svarbiausios sąvokos:** modeliavimas, baigtinių elementų metodas, plovyklos ratukas.

## Įvadas

Automatinės automobilių plovyklos projektinis režimas yra aukštas ir nepertraukiamas. Dėl šios priežasties kiekviena detalė patiria didelių apkrovų, ypač žemiau esantys elementai, veikiami chemiškai nepalankios aplinkos. Plovyklos ratukai ir yra tokios detalės. Atsirandanti korozija mažina patvarumą, o ciklinės apkrovos spartina irimo procesą. Modeliuojant baigtinių elementų metodu randamas pavojingasis pjūvis su didžiausiomis deformacijomis ir Mizeso įtempiais.

## Objektas ir tikslas

Darbe nagrinėjamos automobilių plovyklos „Istobal“ (1 pav.) transportavimo ratuko gedimų ir irimo priežastys.



1 pav. Automobilių plovykla

Transportavimo ratukas (2 pav.) yra veikiamas ne tik mechaninių dinaminių apkrovų, bet ir cheminės aplinkos.



2 pav. Plovyklos transportavimo ratukas

Darbo išteklių priklauso nuo abiejų dedamųjų, tačiau pirmiausia nagrinėjama mechaninių apkrovų įtaka ratukui. Kadangi realūs mechaniniai bandymai brangūs, naudojamas šiuolaikinis baigtinių elementų metodas modeliuoti ratuko mechaninei elgsenai. Objekto skaičiuojamasis modelis suteiktą galimybę analizuoti deformaciją identifikuojant pavojingąjį pjūvį.

**Darbo tikslas** – skaitiškai modeliuoti ratuko mechaninę deformaciją ir rasti ekstreminių deformacijų ir įtempių koncentracijos vietas.

## Uždaviniai:

- sukurti pradinį ratuko skaičiuojamąjį statinį modelį ir parinkti optimalų baigtinių elementų skaičių;
- rasti įtempių reikšmes ratuko pavojingame pjūvyje;
- apskaičiuoti maksimalius poslinkius.

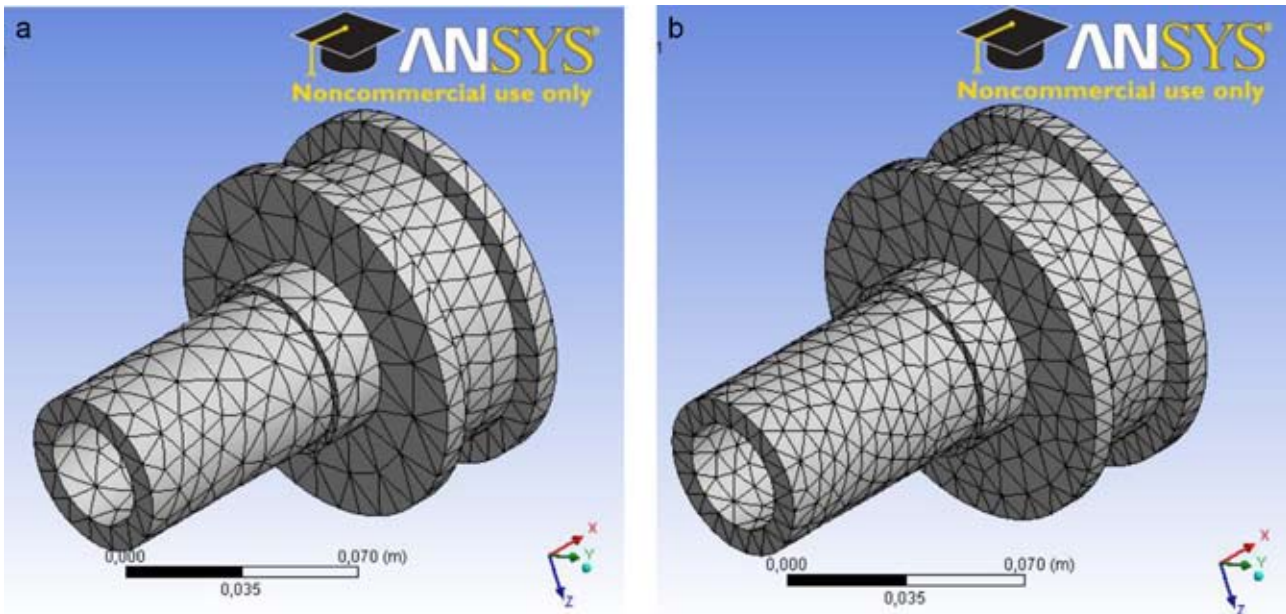
## Baigtinių elementų modelis ir apkrovos

Šiuo metu moksle natūriniai eksperimentai keičiami skaičiuojamaisiais, nes skaitiniais metodais galime rasti visus mus dominančius dydžius bet kuriuo laiko momentu. Vienas populiariausių naudojamų metodų – baigtinių elementų metodas.

Darbe naudojamas vienas populiariausių baigtinių elementų programų rinkinys ANSYS. Ratuko mechaninio deformavimo uždavinys formuluojamas fiziškai (galioja Huko dėsnis) ir geometriškai (galioja mažų poslinkių prielaida). Pirmuoju etapu sprendžiamas statinis uždavinys, nes statiniame modelyje identifikuotas pavojingas pjūvis dažniausiai būna identiškasis dinaminio uždavinio pavojingajam pjūviui.

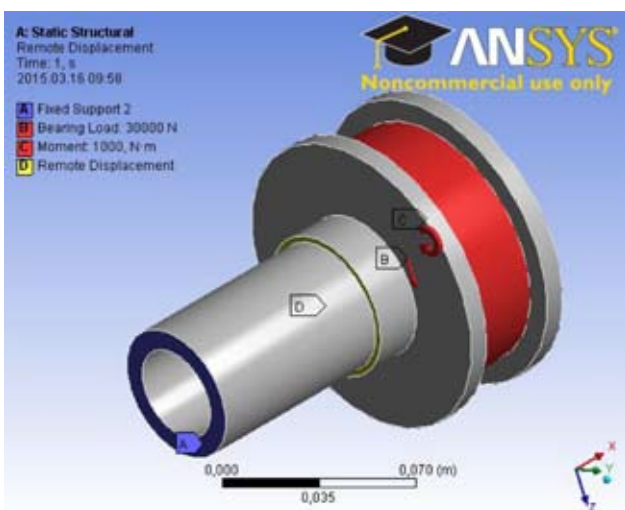
Aprašoma reali ratuko geometrija. Šiame straipsnyje ji šiek tiek supaprastinama, nes realiai veikiančio modelio geometrinius parametrus vėliau bus galima keisti. Sukuriami du ratuko skaitiniai modeliai (3 pav.) su skirtingais baigtinių elementų skaičiais: pirmasis modelis turi 2093 elementų, o antrasis – 4217 elementų.

Apkrovos pradiniu laiko momentu aprašomos kaip statinės (4 pav.): pavaros reakcijos jėga 30 kN ir reduktoriaus perduodamas sukimo momentas 1,0 kN.



3 pav. Ratuko baigtinių elementų modeliai: a) 2093 elementų; b) 4217 elementų

Vėliau sukurtame baigtinių elementų modelyje keisti apkrovas gana nesudėtinga ir užima visai nedaug laiko. Ekstremalios sąlygos parodytos 4 paveiksle: vie-



4 pav. Apkrovų vaizdavimas

nas paviršius yra standžiai įtvirtintas, kitas turi vieną laisvės lygį – gali sukis išilginės ašies atžvilgiu.

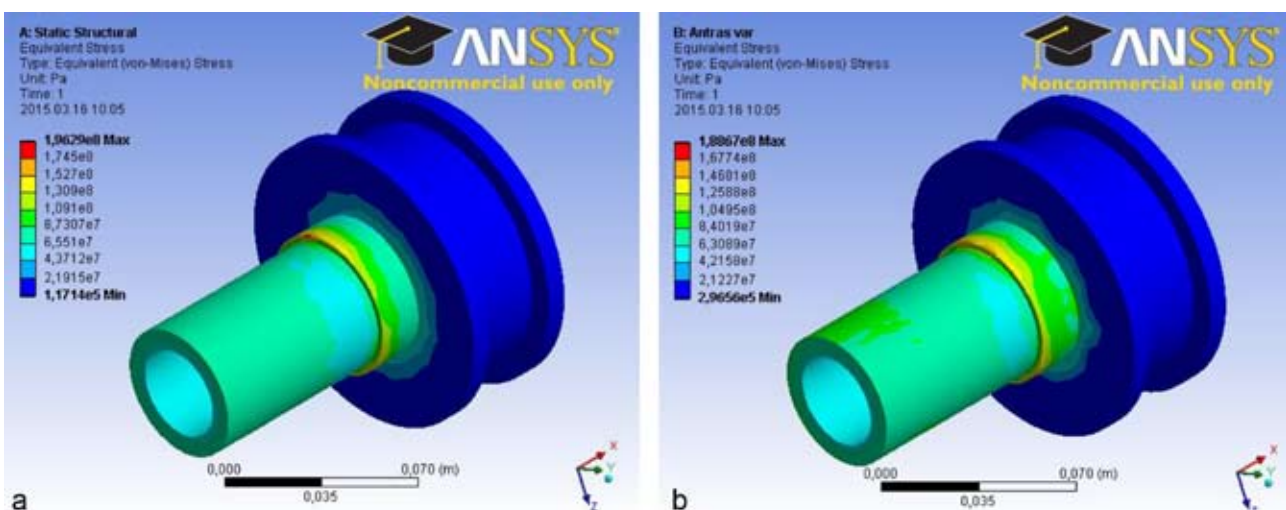
Ratuko medžiaga – plienas, kurio tamprumo modulis –  $E=200$  GPa, Puasono koeficientas yra lygus 0,3.

## Rezultatai

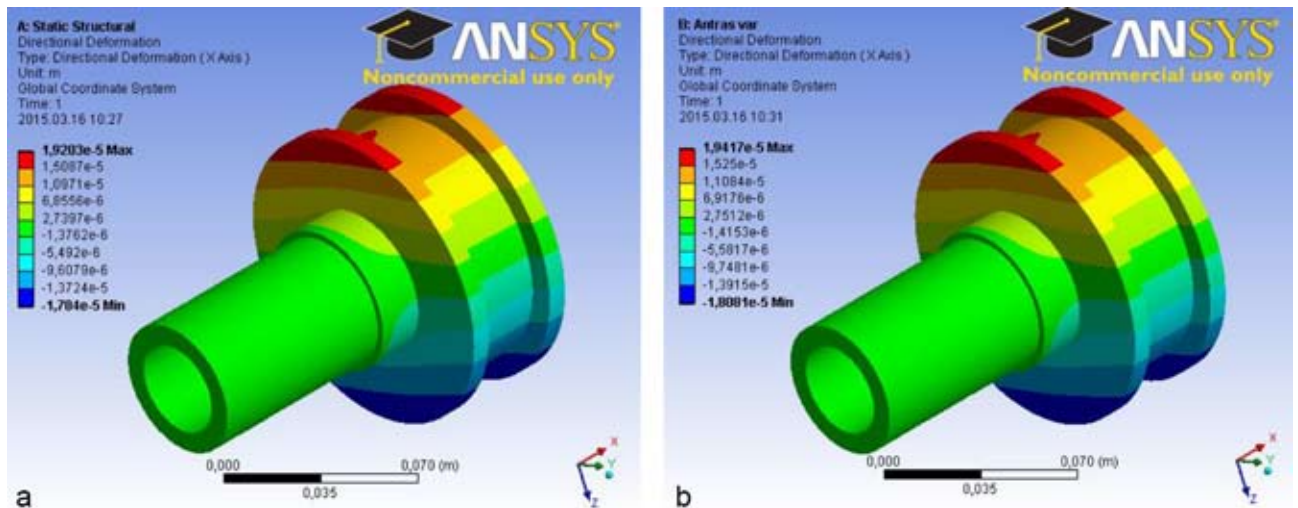
Skaičiuojamojo modelio rezultatai pateikti maksimalių Mizeso įtempių ir įlinkių pavidalu. Įtempių pasiskirstymas parodytas 5 paveiksle. Akivaizdu, kad pirmajame modelyje maksimali įtempių reikšmė yra 196,3 MPa, o antrajame – 188,7 MPa.

Pjūvis, kuriame maksimalūs įtempiai yra didžiausi, akivaizdžiai matomas 5 paveiksle – tai iliustruoja raudona spalva.

Kaip ir tikėtasi, didžiausi įlinkiai yra ratuko riedamosios dalies paviršiuje. Jų pasiskirstymas ir maksimalios reikšmės pavaizduotos 6 paveiksle.



5 pav. Įtempių pasiskirstymas



6 pav. Maksimalios įlinkių reikšmės

Pirmojo modelio maksimalus įlinkis sudaro 19,2 mikrometrų, o antrojo – 19,4 mikrometrų.

### Apibendrinimai ir išvados

Atlikus realaus automobilių plovyklos transportavimo ratuko skaičiuojamojo modelio mechaninės elgsenos analizę daromos tokios išvados:

1. Baigtinių elementų kiekio įtakos sprendiniui tyrimas parodė, kad modelis su daugiau kaip dvigubai mažesniu elementų skaičiumi duoda tik 3,9 % paklaidą.
2. Ratuko modelio maksimalūs įtempiai sudarė 196,3 MPa, o maksimalūs įlinkis – 19,4 mikrometrų. Tai suteikė galimybę identifikuoti pavojingą pjūvį.
3. Šis modelis bus panaudotas dinaminiam ratuko skaičiavimui.

### Literatūra

1. Atkočiūnas, J; Nagevičius, J. *Tamprumo teorijos pagrindai*. Vilnius: Technika, 2004. ISBN 9986-05-793-0.
2. Barauskas. R.; Belevičius R., Kačanauskas, R. *Baigtinių elementų metodo pagrindai*. Vilnius: Technika, 2004.
3. Crisfield, M. A., *Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, vol. 1, Wiley, Chichester, 1996, p.362 .

4. Moaveni, S., *Finite Element Analysis. Theory and Applications with ANSYS*, 3/E. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 2008, p. 880.
5. Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L. *The Finite Element Method. The Basis, vol. 1. Fifth edition*, Butterworth Heinemann, Oxford, 2000.

### TRANSPORTATION WHEEL MODELING BY FEM FOR CARWASH

Jurijus Tretjakovas

Vilnius College of Technology and Design

**Anotation.** The working regime of the transportation wheel for carwash is cyclic and operating conditions are chemically aggressive. Therefore, the car wash wheel working reserve is insufficient and the roller is the most crashing part in the wash equipment. In the paper presented the numerical analyses of mechanical behavior of the wheel. Main problem is to identify the critical section of the wheel after numerical analyses. The problem formulated as conservative, physically and geometrically linear. The loads in first approach presented as statically. With numerical model and analyses identified the critical section, maximal Misses stresses and maximal deformations.

# KINTAMO DYDŽIO SIMPLEKSO TAIKYMAS PI REGULIATORIUI DERINTI

Dominykas Beištaras

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,  
e. p.: d.beistasaras@vtdko.lt

**Anotacija.** Straipsnyje nagrinėjamas skysčio lygio valdymo sistemos PI regulatoriaus koeficientų verčių parinkimas naudojant *Nelder-Mead* simplekso algoritimą. Tiriama sistema sudaryta iš skaliariniu būdu valdomos dažninės elektros pavaros su PI regulatoriumi, vandens rezervuaro ir išcentrinio siurblio. Atlikus imitacijas gauta optimizacijos proceso kreivių šeima, PI regulatoriaus koeficientų kitimo kreivė optimizacijos metu ir variklio greičio priklausomybė nuo iteracijų skaičiaus. Išsiaiškinta, kad naudojant simplekso algoritmu gautus PI regulatoriaus koeficientus vykęs procesas artimas pageidaujamam ir išvengiama perreguliavimo.

**Svarbiausios sąvokos:** optimizacija, kintamo dydžio simpleksas, PI regulatorius, skysčio lygio valdymas.

## Įvadas

Pastaruoju metu sprendžiant projektavimo, mokslo ir gamybos uždavinius vis dažniau taikomi paieškos optimizacijos metodai, suteikiantys galimybę spręsti uždavinius neapibrėžtomis ar kintančiomis sąlygomis.

Paieškos optimizacijos metodai naudojami technologiniams procesams optimizuoti, konstravimo, planavimo ir projektavimo uždaviniams spręsti, eksperimentiniuose mokslo tyrimuose ir naujų medžiagų sintezėje.

Tarp atsitiktinės paieškos ir gradientinių metodų dažnai pasitelkiamas ir nuoseklus simpleksinis metodas, kai simpleksas dėl vienodo atstumo tarp viršūnių yra laikomas reguliariumi.

Tačiau pastovus simplekso dydis negarantuoja judėjimo dideliu greičiu paieškos pradžioje ir tikslaus ekstremumo suradimo. Todėl siekiant greito ir tikslaus uždavinio sprendimo, reikia keisti simplekso dydį [1; 2], tam naudojamas *Nelder-Mead* simpleksinės optimizacijos algoritmas.

**Straipsnio tikslas** – pritaikyti *Nelder-Mead* simpleksinės optimizacijos algoritimą skysčio lygio valdymo sistemos PI regulatoriui derinti.

### Uždaviniai:

- aptarti sudarytą skysčio lygio valdymo sistemą;
- išnagrinėti *Nelder-Mead* simpleksinės optimizacijos algoritimą;
- atlikti proceso imitacijas ir aptarti gautus rezultatus.

## Skysčio lygio valdymo sistema

Nagrinėjama skysčio lygio valdymo sistema yra sudaryta iš skaliariniu būdu valdomos dažninės elektros pavaros su PI regulatoriumi, išcentrinio siurblio ir rezervuaro.

Skaliarinio valdymo atveju įtampos ir tinklo dažnio santykis  $U/f$  turi būti keičiamas proporcingai.

Statoriaus įtampa  $U_s$  ir sukimo elektromagnetinis momentas  $T_e$  reiškiami taip:

$$U_s = I_m \sqrt{R_s^2 + (\omega_e L_m)^2 + \left(\frac{\omega_e R_r}{\omega_{sl}}\right)^2}, \quad (1)$$

$$T_e = 3 \left[ \frac{p}{2} \right] \frac{R_r}{s \omega_e} \times \frac{U_s^2}{\left[ (R_s + R_r / s)^2 + \omega_e^2 (L_m)^2 \right]}, \quad (2)$$

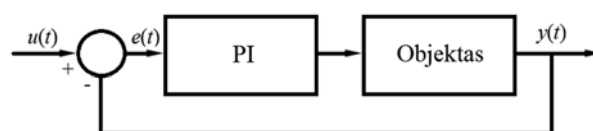
čia:  $I_m$  – įmagnetinimo reaktyvioji srovė;  $R_s$  – aktyvioji statoriaus varža;  $R_r$  – rotoriaus apvijų redukuotoji induktyvioji varža;  $W_e$  – variklio maitinimo įtampos kampinis dažnis;  $W_{sl}$  – slydimo greitis;  $S$  – slydimas;  $L_m$  – abipusis induktyvumas;  $p$  – polių skaičius [4; 5].

Asinchroninio variklio greitis valdomas PI regulatoriumi. Variklio energija siurbliui perduodama su mova. Tokio perdavimo naudingumo koeficientas lygus vienetui.

Plačiau apie skaliarinės pavaros kompiuterinio modelio sudarymą rašė Kriauciūnas ir Kerpė [3], išcentrinio siurblio ir vandens rezervuaro matematinius ir kompiuterinius modelius nagrinėjo Skawinskis [6].

## PI regulatorius

Sistema su PI regulatoriumi pateikta 1 paveiksle.



1 pav. Sistema su PI regulatoriumi

PI regulatoriaus valdymo algoritmas aprašomas tokia lygtimi:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt, \quad (3)$$

čia  $u(t)$  – valdymo signalas;  $e(t)$  – valdymo paklaida;  $y(t)$  – išėjimo signalas;  $K_p$ ,  $K_i$  – proporcinis ir integralinis regulatoriaus koeficientai.



Naudojant PI reguliatorių, svarbiausias uždavinys yra tinkamas  $K_p$  ir  $K_i$  verčių parinkimas, kad būtų gautas reikiamas tikslumas ir pereinamojo proceso kokybė.

### Parametrų optimizacija naudojant Nelder-Mead simpleksinį paieškos algoritmą

Euklidinėje  $n$ -matėje erdvėje  $n$ -matis simpleksas yra figūra, sudaryta iš  $n+1$  taškų (viršūnių). Vienmatėje erdvėje simpleksas yra atkarpa, dvimatėje erdvėje – trikampis, trimatėje erdvėje – trikampė piramidė (tetraedras) ir t. t. Iš bet kokio simplekso atmetus vieną viršūnę, galima gauti naują simpleksą prie likusių viršūnių pridėjus vienintelį tašką [1; 2].

Dėl įvade paminėtų reguliaraus simplekso trūkumų darbe naudojamas Nelder-Mead simpleksinės paieškos algoritmas. Šiuo algoritmu išsprendžiama problema aprašoma taip:

$$\min f(x). \quad (4)$$

Nelder-Mead algoritmas naudoja  $n+1$  taškų skaičiaus,  $n$  dimensijų skaičiaus vektorių  $x$ .

Algoritmas sukuria pradinį simpleksą aplink tašką  $x_0$ .

Algoritmo eiga:

1. Pasirenkama, kad  $x(i)$  nurodo sąrašą taškų simplekse, čia  $i = 1, \dots, n+1$ .

2. Simplekso taškai sugrupuojami nuo žemiausios funkcijos vertės  $f(x(1))$  iki aukščiausios  $f(x(n+1))$ . Kiekvienoje iteracijoje algoritmas atmeta blogiausią tašką  $x(n+1)$  ir priima naują tašką į simpleksą.

3. Generuojamas atspindėtas taškas  $r$ :

$$r = 2m - x(n+1), \quad (5)$$

čia  $m = \sum \frac{x(i)}{n}$ ,  $i = 1 \dots n$ .

4. Tolesnė algoritmo eiga:

Jei  $f(x(1)) \leq f(r) < f(x(n))$  pasirenkamas taškas  $r$  ir sustabdoma einamoji iteracija. Vyksta atspindėjimas.

5. Jei  $f(r) < f(x(1))$ , randamas praplėtimo taškas  $s$ :

$$s = m + 2(m - x(n+1)). \quad (6)$$

Tuomet apskaičiuojama  $f(s)$  vertė.

a. Jei  $f(s) < f(r)$ , pasirenkamas taškas  $s$  ir sustabdoma iteracija. Vyksta praplėtimas.

b. Priešingu atveju pasirenkamas taškas  $r$  ir sustabdoma iteracija. Vyksta atspindėjimas.

6. Jei  $f(r) \geq f(x(n))$ , atliekama kontrakcija tarp  $m$  ir tinkamesnio dydžio iš  $x(n+1)$  ir  $r$ .

a. Jei  $f(r) \geq f(x(n+1))$ , (t. y. jei  $r$  yra labiau tinkamas nei  $x(n+1)$ ), apskaičiuojamas taškas  $c$ :

$$c = m + (r - m)/2. \quad (7)$$

Tuomet apskaičiuojama  $f(c)$  vertė. Jei  $f(c) < f(r)$ , pasirenkamas taškas  $c$  ir sustabdoma iteracija. Vyksta sutraukimas į išorę. Priešingu atveju mažinama.

a. Jei  $f(r) \leq f(x(n+1))$ , apskaičiuojamas taškas  $cc$ :

$$cc = m + (x(n+1) - m)/2. \quad (8)$$

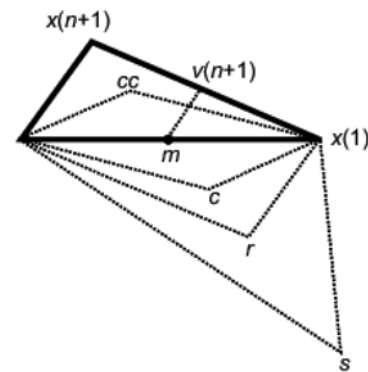
Suskaičiuojama  $f(cc)$  vertė. Jei  $f(cc) < f(x(n+1))$ , pasirenkamas taškas  $cc$  ir sustabdoma iteracija. Vyksta sutraukimas į vidų. Priešingu atveju algoritmas pratęsimas 7 žingsniu (sumažinimas).

7. Suskaičiuojami  $n$  taškai:

$$v(i) = x(1) + (x(i) - x(1))/2. \quad (9)$$

Suskaičiuojama  $f(v(i))$ ,  $i = 2, \dots, n+1$ . Kitoje iteracijoje simpleksas yra  $x(1), v(2), \dots, v(n+1)$ . Vyksta sumažinimas [7].

Nurodyti taškai  $cc, c, m, r, s$  pavaizduoti 2 paveiksle.



2 pav. Simplekso viršūnės

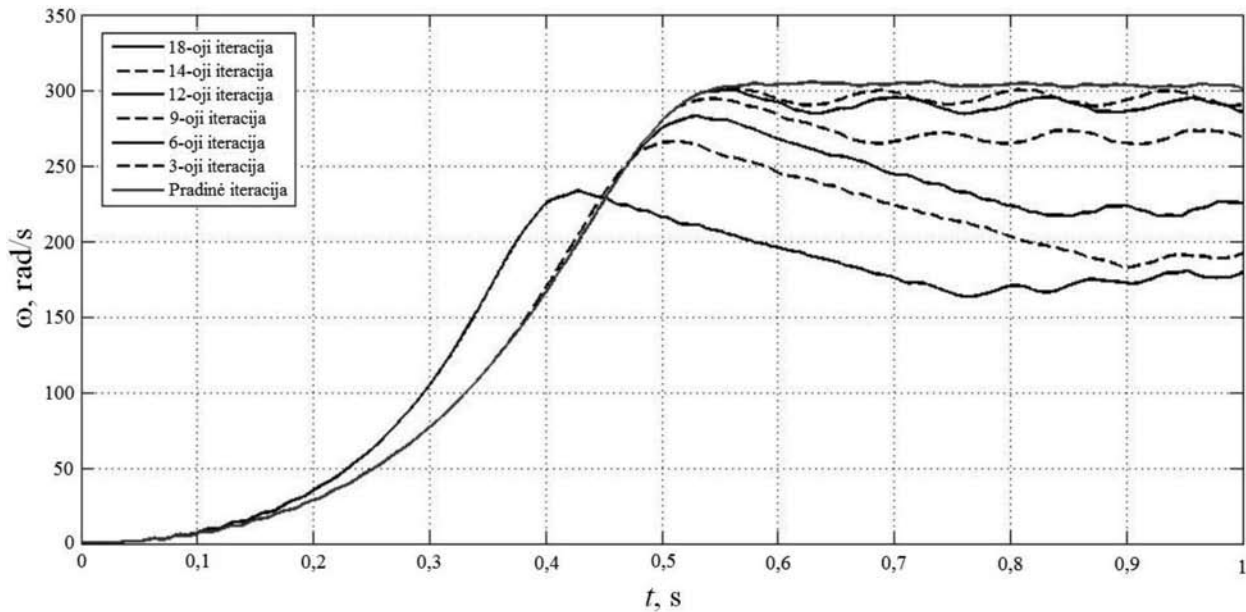
### Imitacijų rezultatai

Prieš optimizavimo procesą nustatyti apribojimai, aprašantys pageidaujamo pereinamojo proceso nusistovėjusią vertę. Maksimali priimtina variklio greičio vertė yra  $\omega = 310$  rad/s, žemiausia vertė –  $\omega = 300$  rad/s. Atliekant parametrų optimizavimą buvo parinktos pradinės PI reguliatoriaus koeficientų  $K_p$  ir  $K_i$  vertės 1 ir 1

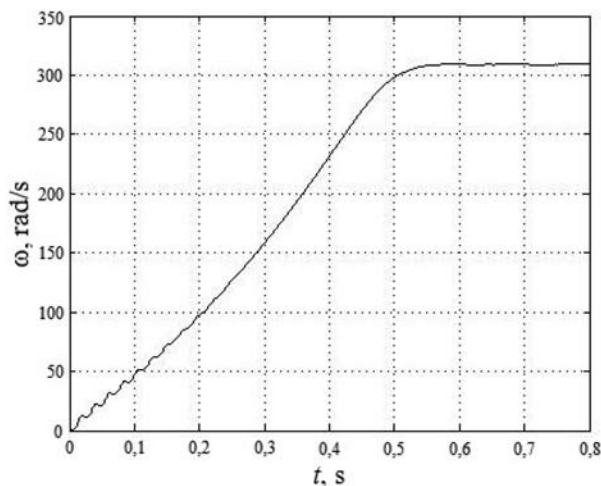
Optimizacijos proceso išraiška – asinchroninio variklio greičio dinaminė charakteristikų šeima (3 pav). Optimizuojant atlikta 18 iteracijų ir 39 proceso imitacijų. Galutinės siūlomos PI reguliatoriaus koeficientų vertės yra 56,5 ir 18,1. Optimizavimo trukmė – 36 minutės. Atlikus 14 iteracijų, dėl simplekso žingsnio ir dydžio mažinimo simpleksas nesugeba mažinti funkcijos vertės ir judėti optimumo link. Taip pat dėl didėjančios  $K_p$  vertės pereinamojo proceso kreivėje atsiranda pastovios amplitudės ir periodo švytavimų. Sistema tampa nestabili. Nutraukus optimizaciją, suformuotas naujas simpleksas aplink koeficientų vertes, pasiūlytas 14-osios iteracijos metu. Optimizacija tęsiama iki 18 iteracijos.

Variklio greičio dinaminė charakteristika pateikta 4 paveiksle.

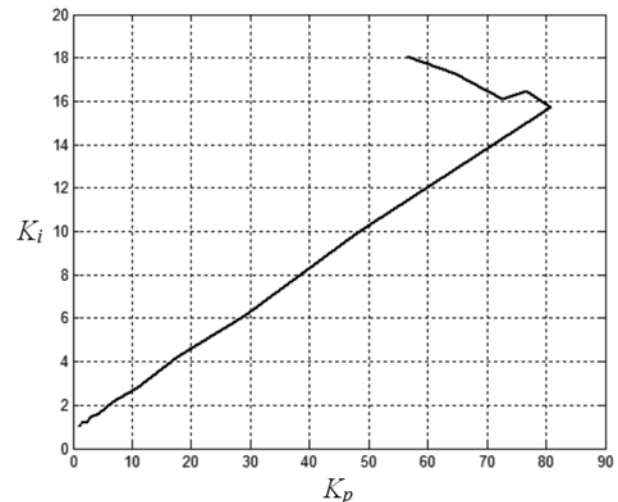
Nusistovėjusi variklio greičio vertė  $\omega = 309$  rad/s, pasiekama, kai  $t = 0,6$  s.



3 pav. Optimizavimo procesas



4 pav. Variklio greičio dinaminė charakteristika



5 pav. PI reguliatoriaus verčių kitimas optimizacijos metu

Procesas artimas pageidaujamam, išvengiama perreguliavimo.

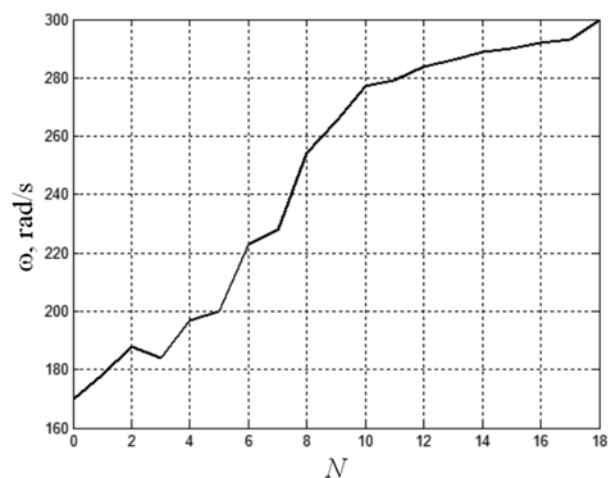
PI reguliatoriaus koeficientų  $K_p$  ir  $K_i$  kitimas optimizacijos metu pateiktas 5 paveiksle.

Pradedant 15-ąją iteraciją, mažinama  $K_p$  vertė. Tokiu būdu pašalinami švytavimai. Kreivė rodo, kad proceso metu galima gauti optimizuojamo parametro vertę, kuri mažesnė nei gauta paskutinės iteracijos metu.

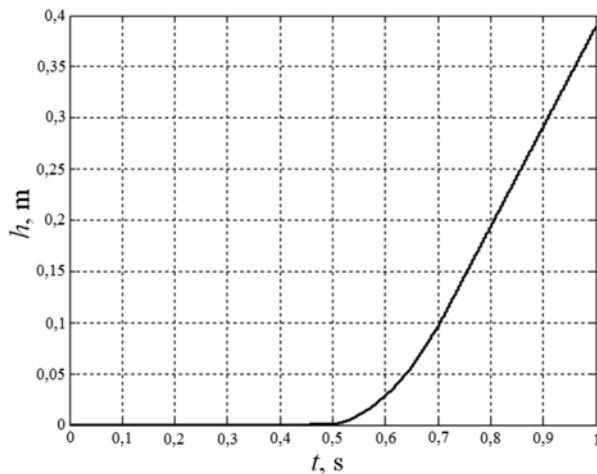
Asinchroninio variklio greičio kitimo priklausomybė nuo iteracijų skaičiaus  $N$  pavaizduota 6 paveiksle.

Kiekvienas lūžis kreivėje atitinka rezultatą, gautą atlikus bandymą su nauja viršūne, kuomet einamojoje iteracijoje yra atmetama blogiausia simplekso viršūnė ir priimamas naujas taškas į simpleksą.

Grafike taip pat matyti kintamo dydžio ir žingsnio simplekso savybė optimumo link judėti dideliu greičiu optimizacijos pradžioje. Nuo 12 iteracijos judėjimo optimumo link greitis sumažėja dėl simplekso dydžio mažinimo.

6 pav. Asinchroninio variklio greičio priklausomybė nuo iteracijų skaičiaus  $N$ 

Rezervuaro užpildymo charakteristika pateikta 7 paveiksle.



7 pav. Rezervuaro užpildymo charakteristika

Pradinis vandens lygis rezervuare yra  $h = 0$  m, siurblio debitas  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/h, slėgis  $H = 54,4$  m.

Vožtuvas atidaromas varikliui pasiekus nustatytą greitį, kai  $t = 0,5$  s. Debitas didinamas iki darbinį tašką atitinkančios vertės  $Q = 20$  m<sup>3</sup>/h. Slėgis mažinamas iki  $H = 40$  m.

Pasiekus darbinį tašką, kai  $t = 0,7$  s, palaikomas pastovus debitas ir slėgio aukštis. Charakteristika įgauna tiesinį pobūdį.

## Ateities planai

Atliekant optimizacijos procesą pastebėta kintamo dydžio ir žingsnio simplekso savybė prarasti sugebėjimą judėti optimumo link. Taip atsitinka dėl pastovaus žingsnio ir dydžio mažinimo. Kaip trūkumą galima paminėti ir ilgą optimizacijos proceso trukmę.

Siekiant pašalinti šiuos trūkumus *Nelder-Mead* algoritmas turėtų būti modifikuojamas arba derinamas su kitais optimizacijos metodais (reguliarus dydžio simpleksine optimizacija, gradientiniais metodais).

## Išvados

1. Optimizuojant atlikta 18 iteracijų ir 39 proceso imitacijos. Galutinės siūlomos PI reguliatoriaus koeficientų vertės yra 56,5 ir 18,1. Optimizavimo trukmė – 36 minutės.
2. Nusistovėjusi variklio greičio vertė pasiekama, kai  $t = 0,6$  s, gautas procesas yra artimas pageidaujamam.
3. Optimizacijos metu galima gauti optimizuojamo

parametro vertę, kuri yra mažesnė, nei gauta paskutinės iteracijos metu.

4. Rezervuaro užpildymo charakteristika gauta didinant debitą nuo 0 iki  $Q = 20$  m<sup>3</sup>/h, kai greitis  $\omega = 309$  rad/s. Pasiiekus darbinį tašką, palaikomas pastovus debitas ir slėgis.
5. Dėl *Nelder-Mead* optimizavimo metodo trūkumų algoritmas turėtų būti modifikuojamas arba derinamas su kitais optimizavimo metodais.

## Literatūra

1. Dambrauskas, A. *Simpleksinės paieškos metodai*. Vilnius: Technika, 1995.
2. Dambrauskas, A. *Simpleksinės paieškos statistinė teorija*. Monografija. Vilnius: Technika, 2007.
3. Kriauciūnas, J; Kerpė, L. Skaliariniu būdu valdomos dažninės elektros pavaros imitacinis tyrimas. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 2013, Nr. 5(2), p. 109–114.
4. Lisauskas, S. *Šiuolaikinės elektros pavaros: mokomoji knyga*. Vilnius: UAB TEV, 2012.
5. Lisauskas, S.; Rinkevičienė, R. Model of ventilation system drive with Fuzzy controller, *Electronics and Electrical Engineering*, Nr. 10(106), p. 13–16.
6. Skawinski, G. *Fuel pump motor-drive systems for more electric aircraft*: Doctoral dissertation. University of Bath, 2010.
7. Walters, F. H.; et al. *Sequential simplex optimization*. CRC Press, 1999.

## RESEARCH OF LIQUID LEVEL CONTROL SYSTEM

### D. Beištaras

*Vilniaus College of Technologies and Design*

**Abstract.** This article analyzes liquid level control system PI controller coefficient selection using *Nelder-Mead* simplex algorithm. The system consists of scalar controlled induction motor drive, PI controller, water tank and centrifugal pump. After the process simulation, optimization process curve family was obtained, as well as PI controller coefficient change during the optimization process and motor speed dependence on the number of iterations. The simulation of the system shows that using PI controller coefficients obtained using *Nelder-mead* simplex algorithm, overshoot is reduced.

**Keywords:** optimization, variable size simplex, PI controller, liquid level control.

# SMART GRIDS. CASE ANALYSIS – KATOWICE SCHOOL OF TECHNOLOGY

Magdalena Wierzbik-Strońska, Paweł Mikos, Aleksander Ostenda

Katowice School of Technology, rektorat@wst.com.pl, pawel.mikos@wst.com.pl, aleksander.ostenda@wst.com.pl

**Abstract.** The program Smart Grids (SG), implemented by the National Fund of Environmental Protection and Water Management, assumes the implementation of SG undertakings in pilot areas in which energy balancing, its demand and supply, will take place. SG investment activities will be launched in various layers of: electricity, thermal energy, domestic hot water energy and as a supplement of gas energy and cooling, mandatorily connected by an operational layer of electronic communication. Katowice School of Technology is in the process of implementing a project of building the “Silesia” Science and Technology Park (STP). In the building, currently under construction modern technologies will be used, among those: smart grids (trigeneration, building management system, photovoltaics). The experience and results gathered while implementing the program are supposed to, in the future, allow for the implementation of this idea on a much wider scale.

**Keywords:** Smart Grids, Science and Technology, Management, Trigeneration, Ecology, Economics, Photovoltaics, Smart Building

## Methodology

The aim of the article is to familiarize the Reader with the idea of smart grid technology as well as to present the Katowice School of Technology with special emphasis on the “Silesia” Science and Technology Park, where SG will be implemented.

In preparing the article the following were used: necessary information, sociological and economic analyses, using a method of data interpretation (document analysis), which are in possession of the Katowice School of Technology, as well as publications on the subject of SG technologies, and data collection method (interviews) with people participating in project implementation – which were a subject of interest of the authors.

## The meaning of the term Grids

According to the definition of the program smart grids are energy systems which integrate the activities of all participants of processes of generation, industry, distribution and usage, with the aim of supplying energy in a reliable, safe and economic way, taking into account environment protection requirements. Interactive and flexible smart grid systems:

- Enable dynamic management of supply and distribution networks with the aid of measurement and control points, located on many hubs and connections,
- Increase the infallibility and effectiveness of energy supply and operational effectiveness of the grid,
- Broaden the range of measurements and controls of energy grids as well as the range of managing with the use of modern technologies even from the most distant points of the grid.

One of the main elements of functioning of SG is Smart Metering – a system which allows for measuring, collecting and the analysis of energy consumption,

which is composed of energy meters and communications media. It is based on three thematic areas:

- a) Metrology (data collection, data processing),
- b) Telecommunications and computer networks (data sending),
- c) IT technologies (data processing, storage and presentation)<sup>1</sup>.

One of the most effective means of modernizing the Polish electricity system is the implementation of smart grids, based on smart metering.

The Polish Association of Transmission and Distribution of Electricity (PATDE), which is the main organizer of the educational campaign “SG – for home, environment and the economy” points out, that implementing smart grids is not beneficial only to electricity recipients but also to the Polish economy, as a whole. Modern ICT technologies, which along with remotely read meters create the smart grid, offer possibilities which are not available in a traditional electricity grid.

Thanks to smart metering technology many processes can be done automatically. This facilitates, for example, finding malfunctions in the grid and improves managing the electricity system. The Distribution System Operator (DSO) can better monitor the process of energy balancing in a given area. This in turn provides the opportunity of more effective investments in distribution network, and their development in areas where they are most needed. It also allows for the balancing of the demand for energy in the scope of a day and for avoiding problems connected with unnecessary heating up of energy grids, which leads to many malfunctions

Implementing SG is a big step in the direction of increasing the safety of electricity supply. This is because, smart grids enable connecting small energy-producing units – the so-called micro-installations, e.g. small wind farms or photovoltaic sets, to the electricity system. Connecting such units to it, will go a long way in

<sup>1</sup> <http://www.bialecertyfikaty.com.pl/finansowanie/inteligentne-sieci-energetyczne-ise>



increasing the stability of the whole electricity system, which will no longer be dependant only on few large energy-producing units<sup>2</sup>.

## Smart Grids in the Katowice School of Technology

The Katowice School of Technology is the first non-public institution of higher learning in Upper Silesia, conducting technical-artistic studies at two departments (The Department of Architecture, Construction and Applied Arts, as well as The Department of Acting, Media and Directing), which educates engineers in the field of Construction, Mechatronics and Spatial Planning, engineers and masters in the field of Architecture and Urbanization, and masters in the field of Interior Architecture, as well as bachelors in the fields of Design and Directing. In addition the school is preparing studies in the field of Medicine.

The Katowice School of Technology, conducts market activities which are strictly dependant on demographic conditions. In the face of a demographic decline, which is currently prevalent in our country, the demand for fields of study has also changed. KST, as most other public and non-public institutions of higher learning is forced to seek alternative types of activities, which will allow it, to maintain economic growth, and furthermore allow it to continue its activities and development.

Taking into account the market situation in which the school currently finds itself, the infrastructure it possesses – department buildings have been enlarged and fully renovated, we have come to the conclusion that the next appropriate stage of school development is the development of scientific, research and developmental activities. Dynamic growth of the school has, in the span of several years, allowed for the enlargement and modernization of its infrastructure. The facility possesses 2 modern departments equipped with the most modern didactic base, enabling education on a very high level. In order to ensure proper development, we have made a decision to construct the Science and Technology Park.

The Science and Technology Park is to be a facility, of which the main aim will be the implementation of tasks in the field of transferring innovations and technologies from “Science to business”, among entrepreneurs of the Silesian Voivodeship, by strengthening the potential of the KST scientific unit.

Taking into account school strategy, as well as the available fields of study (architecture and urbanization, interior architecture, construction, spatial planning), and also EU strategies of social-economic development “Europe 2020”, which point to the necessity of developing energy infrastructure in Europe, we have designed

a building of the science and technology park with the most modern installations used in construction.

The STP building is a five-storey building, with a basement and two levels of underground garages.

- Build-up Area – 2000 m<sup>2</sup>.
- Cubature – 4200m<sup>3</sup>
- Garages were placed at level -1 and -2.

The walls of each individual storey were designed out of reinforced concrete, heated with 30cm of mineral wool, while the basement walls out of reinforced concrete heated with styrofoam with a thickness of 10 cm. Reinforced concrete ceilings as well as composite windows with a transfer coefficient of 1.1 W/m<sup>2</sup>K with roller blinds, were used.

The two lowest storeys will serve as underground parking lots, the ground floor will be devoted to retail and commercial activity, while the first, second and third floors will be treated as office space to be rented out (each of these storeys will be divided into four independent areas).

In the building, currently under construction, the most modern technological solutions will be used, including:

- Producing electricity, cold and heat (from gas) in the process of trigeneration,
- Fully integrated system of building management (BMS/SCADA).
- Full online monitoring of the need and usage of electricity, thermal energy, cool air, and water.
- System with constant monitoring of thermal comfort as well as parameters connected with exploitation costs.
- Highly-efficient system of heat recovery
- Windows with remote controlled roller blinds with a system of measuring and controlling light intensity.
- Energy-saving lighting system with sensors of light intensity.
- Stations for charging electrically powered vehicles (two stations).
- Obtaining electricity from photovoltaic cells.
- Security systems (access control and burglary and assault signaling system) as an additional BMS information with the aim of optimizing energy usage.

TRIGENERATION = cogeneration module +  
absorptive ice water unit.

**Trigeneration** is based on simultaneous production of electric, thermal and cooling energy. The basis of the trigeneration system are two main devices: cogeneration module and an ice water unit. The trigeneration system is planned as a basic source of thermal and cooling energy.

### Cogeneration module

The cogeneration module is a piston engine powered by natural gas. The mechanical energy produced

<sup>2</sup> [http://energetyka.wnp.pl/inteligentne-sieci-energetyczne-korzystne-dla-gospodarki-polski,219106\\_1\\_0\\_0.html](http://energetyka.wnp.pl/inteligentne-sieci-energetyczne-korzystne-dla-gospodarki-polski,219106_1_0_0.html)

inside the engine is changed into electricity of required parameters, by the power generator.

### Absorptive ice water unit

In the summer, the hot water produced powers up the second main device which is part of the trigeneration system, namely the absorptive ice water unit. Its main benefits are very low electricity consumption, longevity and the possibility to use heat from the co-generation module.

### The number one benefit of trigeneration

Electricity is produced in the so-called “mode simultaneous with the Energy Provider”. This means that, at the moment when the system starts producing more electricity than is currently required by the office building, the excess energy is sold to the grid. On the other hand when the supply of energy is insufficient it is taken from the main grid.

Using the trigeneration system based on the cogeneration module and the absorptive chiller does not exclude using conventional energy sources. On the contrary, the two sources can supplement each other and cooperate. In peak conditions, possible thermal energy shortage can be supplemented by conventional boiler systems, while cooling energy shortage by compressor units powered by electricity.

Benefits of the trigeneration system in use:

- Significant limiting of losses connected with transporting energy carriers (production of electric, thermal and cooling energy takes place at the spot where it is used).
- Saving of electricity (thanks to using the absorptive chiller powered by hot water).
- Very high efficiency of using energy contained in fuel (approx. 90%).
- Very low contamination emission (thanks to using natural gas as fuel).
- Possibility to change system workload,
- Accessibility of fuel and its easy transport.

### Photovoltaics

The construction of the following installation is planned:

- Installation with a power of 74.40 kWp mounted on the roof, consisting of 310 modules with peak power of 240 Wp. Each will be installed on a specially designed construction which enables changing of the incline angle in relation to the surface, which will allow for an increase of the incline angle in winter with the aim of removing the accumulated snow, and for a decrease of the incline angle during storms in order to minimize the wind forces acting on the slope of photovoltaic panels. In order to achieve this the system will be integrated with a meteorological station.
- Installation with a power of 19.2 kWp and surface area of 160 m<sup>2</sup> will be installed on the roof light tun-

nel. Semi-transparent modules which transmit some of the sun's rays, will be used in the construction.

- Installation with a power of 36.78 kWp consisting of 69 pieces of 300Wp modules, 48 pieces of 240Wp modules, and 24 pieces of 190Wp modules, of which all will be installed on the eastern elevation parallel to the plane of the wall.
- Installation with a power of 66.12 kWp consisting of 142 pieces of 300Wp modules and 98 pieces of 240Wp modules of which all will be installed on the southern elevation parallel to the plane of the wall.
- Installation with a power of 39.04kWp consisting of 79 pieces of 300Wp modules, 56 pieces of 240Wp modules and 10 pieces of 190Wp modules, of which all will be installed on the western elevation parallel to the plane of the wall.
- Installation with a power of 6.84 kWp consisting of 36 pieces of 190Wp modules, of which all will be installed on three trackers, which will be mounted on the foundations in the vicinity of the parking lot, in front of the facility.
- Installation with a power of 1.92 kWp consisting of 8 pieces of 240Wp modules of which all will be installed on the bus port, at the bus stop.

### Domestic hot water

Production of DHW will be a derivative of the trigeneration system (heat produced during the production of electricity). The DHW installation will be equipped with buffer tanks, which will gather DHW resources during e.g. nighttime to be used during the day (exploitation). In order to decrease water usage, batteries with a photocell which controls the amount of water with the aim of “dosing” its consumption, were used. In places of hot and cold water intake, mixers with a thermostat will be installed, which will set the maximum water temperature, limiting DHW losses.

### The air conditioning system

The main assumption of the air conditioning system will be recovering thermal energy and cool air as well as ensuring thermal comfort. In winter heat will be recovered from the removed air. On the other hand in summertime it will recover cool air from cooled rooms (cold stores for the storage of products). Heat recovery will take place with the aid of highly efficient exchangers.

The air handling unit will consist of a central unit, which will be responsible for supplying air of the required parameters, a system of supply-exhaust channels, heaters, coolers, fan coil units, heat and cool air exchangers (recovery), and buffer tanks for cooling and heating needs.

The facility demand for heat is 559 kW, for cool air 497 kW. For the needs of the project the following average durations were assumed: 1500 h of work for heating needs, and 1200 h for cooling needs in peak conditions.

## Electric and lighting installation

The building will be equipped with highly efficient luminaires, possessing energy-saving light sources, steered and managed (DALI system) by BMS, which will influence the limiting of the amount of luminaires installed, while maintaining the required intensity. Mounting the above mentioned luminaires will significantly influence energy usage, reducing it greatly. The BMS system in connection with other systems (e.g. access control or alarm) will supervise the amount of people present in the room, level of direct sunlight or light intensity and will automatically turn off needless lighting. Light intensity regulation will regulate the level of intensity in a given room in all conditions, and will, in justifiable cases turn off unnecessary luminaires (e.g. in areas of glazing where proper lighting will be available). System of external lighting will be based on “smart lighting. Its main feature is the maximal lowering of intensity in relation to prevalent conditions and full management capabilities of each individual luminaire.

In the evening and at night, as well as on work-free days, electric and thermal energy consumption will be reduced by switching off circuits unnecessary for functioning of the facility, while the temperature will be lowered with the aim of reducing heat demand. The installation will be monitored in real time regarding utilization, thereby influencing the power needs of the trigeneration system in a given moment, thus reducing gas consumption.

As a “preventive” and “user-disciplinary” element, a display will be mounted by the main entrance, informing of current state of electricity, thermal energy and water usage. At the same time it may serve the function of a dynamic advertisement.

## Security systems

Besides their standard application, security systems (their sensors) will be used as entry signals into BMS (in order to facilitate building management), as well as in telemetry system, which will analyze building behavior and utilization, in order to “predict” and properly manage electric and thermal energy consumption.

## CMI&A and BMS (SCADA)

The main task of the Control-Measurement Instruments and Automatics (CMI&A) in connection with BMS will be mutual exchange of information among other systems installed in the building with the aim of monitoring and managing energy consumption as far as its optimization is concerned (e.g. turning off unnecessary receivers, decreasing light intensity, lowering room temperature, when nobody is present during work-free days and at night).

The building management system will be based on open protocols, which make the user independent of a specific company and its solutions, while at the same time making the system very flexible. The data from the CMI&A will be simultaneously transferred to the

telemetry system, which will “manage” energy consumption in real time in order to reduce power demand. One of the most important assumptions of BMS is analysis and prediction. Based on the gathered and archived data from the facility, software will strive to predict certain actions. In case of “noticing” some deviations from the received entry data, the system will automatically begin analyzing new conditions and will provide new system management directives.

Additionally, BMS will register, archive, report and provide statistics regarding thermal and electric energy usage, as well as water usage, with the aim of predicting future demand, depending on changing requirements and conditions.

## ASSETS MANAGEMENT Software

Managing resources in the context of energy optimization of IT and corporate resources helps in limiting energy costs and minimizing downtime, enabling identification of hot spots and combination of energy metrics with resource management processes.

Asset Management aids in energy optimization and limits the exploitation risk, generating a list of the most important energy and environmental metrics.

- Limiting energy costs and downtime thanks to detection and elimination of ineffective energy configurations in data processing centers.
- Visualization, in company, of lists of energy and environmental metrics allowing for identification of hot spots.
- Generating delegation of services which initiate appropriate work with the aim of eliminating energy problems
- Connecting energy metrics with information about resources allowing for energy management in the framework of service management processes, such as monitoring their state and servicing.

Additionally, such a solution is possible because of centralized management of all types of production, infrastructure, installation, and communications resources – on one common platform. This platform allows for mutual usage and execution of tested procedures and usage of reserves, resources and personnel. It contributes to the optimization of resource usage and improvement of investment effectiveness by:

- Resource management – tools for effective registration of data regarding resources and locations, as well as managing of this data during the whole life cycle of resources
- Work management – managing planned and unplanned work at every stage : from initial order, through execution, all the way to registration of actual results.
- Service management – defining service offers, service level agreements, pro-active monitoring of service level, and implementation of escalation procedures.
- Agreement management – functions which comprehensively aid in agreements such as: purchase,

- lease, rent, warranty, fees, software, framework, template and user-defined
- Storage economy – access to detailed information about items and stored reserves connected with resources and reserve usage; possibility of receiving answers to questions regarding stored items: what, when, where, how much, and what value.
  - Supply – functions assisting in all phases of corporate supply processes such as direct purchase and stock replenishment.

### Telemetry

The main goal of the telemetry system will be at a particular moment, to choose the most economic way of obtaining energy.

In order to implement the main aims of the program a system of measurement, analysis and regulation is necessary, which will have the aim of achieving a particular goal – maximal decrease in CO<sub>2</sub> emission by reducing the need for energy and its proper management. In order to achieve this, both software and devices manufactured by company specializing in such projects, will be used. The main task of this system will be real time monitoring and immediate reaction to changing conditions and demand for energy. Both signals from measurement sensors and information from BMS systems and security systems, will be used as entry data.

The whole systems is based on “Smart Metering” and “Smart Grid”. Each producing, processing and distributing installation will be measured by smart meters, as well as sensors, which are characterized by two-way communication and full manageability. Each installation will communicate with the measuring system in order to exchange information with each other.

The system will be prepared in such a way, so as to after the introduction of energy by external suppliers, e.g. electricity, gas or water into the Smart Grid, it will be possible to connect it without additional costs, resources, and especially without the need to modernize the installation itself.<sup>3</sup>

At the present stage, the building will fulfill a function of a small Smart GRID.

Calculations of total reduction of gas emission:

Total SO <sub>2</sub>	19927.82	Mg/year
Total Nox	2242.27	Mg/year
Total CO	6153.00	Mg/year
Totaldust	51265.43	Mg/year

### Tasks of the “Silesia” Science and Technology Park

The function which is supposed to be fulfilled by the STP is service in the scope of advice, training and conducting of research projects – commissioned by

external entities, especially all entrepreneurs. Research projects will concern, industrial research and development works, generally classified as R+D activities. These activities will be conducted with the use of specialized equipment in laboratories, located on the 3<sup>rd</sup> floor of the building – the head office of the “Silesia” STP, which is currently under construction as part of building the retail-office Center, Brynów Center I.

After the project is finished, the “Silesia” STP will begin functioning.

In accordance with the statutes: “Range of STP activity shall specifically encompass:

- a. Infrastructural functions connected with renting office space to companies;
- b. Activities enabling flow of scientific information between scientific units and entrepreneurs of the Silesian Voivodeship in the framework of the Technology Transfer Center;
- c. Implementation activity of laboratories of IT and telecommunications technologies, among those mechatronic laboratories, which will serve graduates of KST, academics and scientists, as well as entrepreneurs who will be able to take advantage of laboratory equipment and services. In the framework of STP the laboratory equipment and infrastructure shall not be used for educational purposes;
- d. Economic activity undertaken in the type STP activity.”

The following functionality system divided into organizational structures is assumed:

- Consultation point for entrepreneurs and persons intending to commence economic activity.
- Consultation point as far as obtaining EU funds.
- Project evaluation department.
- Course and training department.
- Conference department.
- Department of specialized staff databases.
- Scientific research department.
- Audit department.
- Foreign cooperation department.

As part of the project the building will be equipped with specialized equipment for industrial research and development works(R+D). This equipment shall contribute to work on innovations and new technologies. Equipping the Park assumes the creation of 6 modern research laboratories directly connected with new technologies. The lab equipment will consist of: mechatronic laboratories, meteorological laboratories, physical testing laboratories, and computer labs with the most modern software for the design and creation of modern building management systems (BMS).

### Conclusion

The Polish electricity system is currently faced with key challenges and choices connected with its necessary modernization. One of its elements is the construction of smart grids, which are better suited than the traditional system to completely new phenomena such

<sup>3</sup> Rafał B. Inteligentne Sieci Energetyczne

as unbridled development of dispersed generation and new forms of obtaining and using electricity, especially from the perspective of electric car development, but also better suited to face electricity system functioning malfunctions, caused by meteorological phenomena and power deficiency.

The change connected with creation of “new energy” concerns a whole ecosystem of entities: producers, recipients, institutional partners of the global and Polish economy, and finally consumers (and prosumers). Modernization of energy grids in the direction of Smart Grids means dynamic acceleration of development and a quality change in Polish energy. Connecting IT with electrical grids will signify a breakthrough in power engineering, especially thanks to interactivity, which will constitute a foundation for the development of brand new forms of services and functionalities. In a situation when investments in multi-scale generation are followed by appropriate investments in transmission grid they encounter specific, organizational and financial barriers, while unlimited development of import capacity – even if it were possible – also carries with it specific risks, it is necessary to activate a third solution, which is intensive development of dispersed sources, taking from local resources of primary energy, among those renewable energy, which are easier to finance by dispersed investors who are more resistant to disintegration of the electricity system due to their proximity to the recipient, therefore they do not require modernization of industrial and distribution networks, which is necessary in developing central sources, constantly burdened by political risk of access to traditional carriers of primary energy.

On one side a dynamic development of new technologies of electricity and electricity combined with heat production, as well as development of technologies of electricity storage, especially connected with the development of electric vehicles, can be observed. On the other hand the development of dispersed and disseminated generation, properly connected to grids of low and medium voltage, is conditioned by proper adaptation of distribution networks to coordinated cooperation with these sources.

The possibility of ensuring energy security using traditional means, as far as technical aspect is concerned, in the perspective of the next five years, is by no means certain. The progressing process of withdrawing generating capacity due to their natural over-exploitation will only grow deeper starting in 2016, due to expiration of a period of derogation for production sources which do not fulfill emission requirements. This deficiency will probably not be compensated by new investments in centrally dispatched units, because of, for example procedural reasons (procedures of acquiring location approval and environmental approval last much longer, not to mention the duration of the investment process in the technical aspect). That is why as early as 2016 a risk of permanent deficit in the power balance will appear.

According to professor Tadeusz Skoczowski “A very wide group of stakeholders, among those, the government, regulator of electricity system, the electricity sector, scientific and research base, financial institutions, and final recipients of energy, in cooperation with environmentalists must define and accept, in consensus, a new philosophy of functioning of the electricity





system and agree on a way of transforming current systems in the direction of intelligent (smart) solutions.”

In perspective of the challenges which are part of development of SG in Poland, besides direct investors in these innovative solutions – entrepreneurs, operators, distributors and recipients, an important role must be played by local government, especially municipalities, which are responsible for the process of energy planning, as well as well as legally responsible for activities to increase the energy effectiveness and energy security. According to the head of the Polish Energy Regulatory Office, smart grids can begin functioning in our country as early as 2015-2017. Introduction of such a system provides a chance for demonopolization of the electricity market and for recovery of civil control over energy. However, smart grids cannot function without telecommunications networks. Presently, telecommunications infrastructure in Poland is scarce, a fact noticed by the European Commission, which provided significant sums to improve this situation.<sup>4</sup>

In order to better address the need for new technologies and to take advantage of the chance to obtain resources for the financing of the implementation of

innovative smart grid technology, the authorities of the Katowice School of Technology, have agreed to take part in a priority program “Smart Grids” conducted by the National Fund of Environmental Protection and Water Management. Thanks to this decision and many other innovative technologies implemented into the project “Silesia” Science and Technology Park, it will become one of the most modern buildings in all of Poland.

### Bibliography

1. Inteligentne sieci energetyczne (ISE). Access Via Internet <<http://www.bialecertyfikaty.com.pl/finansowanie/inteligentne-sieci-energetyczne-ise>
2. Przekonują do inteligentnych sieci energetycznych. Access Via Internet <[http://energetyka.wnp.pl/inteligentne-sieci-energetyczne-korzystne-dla-gospodarki-polski,219106\\_1\\_0\\_0.html](http://energetyka.wnp.pl/inteligentne-sieci-energetyczne-korzystne-dla-gospodarki-polski,219106_1_0_0.html)
3. Rafał B. *Inteligentne Sieci Energetyczne*.
4. Inteligentne Sieci Energetyczne ISE – czym są?. Access Via Internet <<http://ise.ews21.pl/index.php?page=ise>
5. Archives of Katowice School of Technology .
6. Technical Documentation of “Silesia” Science and Technology Park.

<sup>4</sup> <http://ise.ews21.pl/index.php?page=ise>

# APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY AIMING TO REMOVE TOXIC POLLUTANTS IN TRANSPORT

Sidrakov A. A.

Moscow state university of railway engineering, Moscow, Obraztsov str.9, stroenie 9, PTSOOO@mail.ru

**Shortannotation in Russian:** Причиной загрязнения железнодорожных путей и прилегающей к ним территории являются разливы и утечки нефти и нефтепродуктов во время их транспортировки к месту назначения, главным образом аварийные разливы нефти из железнодорожных цистерн.

Современный технологический уровень позволяет производить очистку объектов железнодорожного транспорта с последующим обезвреживанием токсичных загрязнений, содержащих нефть и ее продукты, фенолы и их соединения в соответствии с требованиями Российского законодательства к природоохранной деятельности и землепользованию.

**Keywords:** Environment, oily wastes, pollution of railways, bioreactors, oil-degrading bacteria, air aeration, biofiltration, biological restoration, original bacteria strain.

Russian Railways JSC is the leading Russian carrier in terms of freight and passenger transportation.

Main line and shunting diesel locomotives, operating units and factories, providing for the railways, social facilities have negative impact on the environment.

Every year around 75 thousand tonnes of oily production wastes appear (Fig.1).

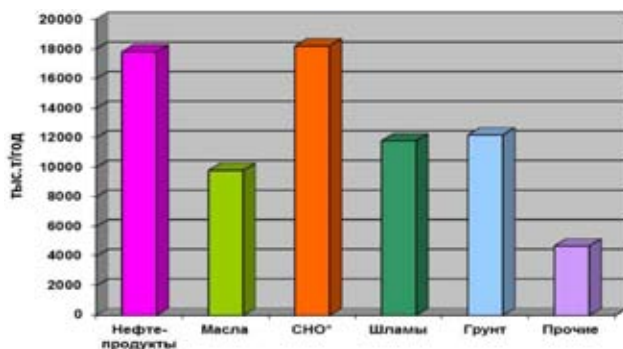


Fig.1. Production wastes appear Russian Railways JSC

Originally oily wastes can basically be crude oil, as well as liquid or solid oily wastes (sludge), i.e. hydrocarbon composition products, worked out during technological cycle, with worse physicochemical properties as a consequence.

One of the most concentrated liquid wastes is *washer sludge*, arising from washing of parts, nodes and bodies of the rolling stock, before repairs, from *washing and steaming of tanks*, as well as from *the washing of freight cars and passenger railroad cars*.

Waste waters of *treating plants* contain organic compounds of different classes – satisfied, unsatisfied, benzene hydrocarbons, organic acids, cresols, phenols, pyridine, turpentine and acetone.

*Run-offs* of locomotive and wagon depots, treating plants and receiving-departure facilities include ether-soluble organic impurities and suspended solids. Runoffs, unlike regular industrial wastewater, have unsteady number and concentration of impurities.

Besides, waste oils and lubricants appear (when cleaning journal-boxes before repairs and replacement of worked out lubricants).

It's worth mentioning that liquid oily wastes can be watered up to 80%, which causes problems with their further processing.

The reason for contamination of railways and adjacent territory is oil and oil products spills and leaks during their transportation to the place of destination, mainly accidental oil spills from railway tanks.

Since oil is hydrophobic, new oil spills usually settle in the topsoil, and only old areas are oiled through over 1 m deep.

On the locomotive depot tracks, at washing and steaming stations the soil is stained with oily products, which threatens surface and ground waters. Snow melt and rain fall cause surface water run-offs, which wash off dust, oil products and other impurities, carrying them to the nearest body of water. Sleepers treating plants also have phenols in their surface runoffs.

The rate of soils natural self-purification from oily wastes is quite slow, so there are different ways to intensify this process:

- 1 – peeling off the surface contaminated layer of the soil and its transportation to the specifically equipped places for processing and cleaning of oily wastes;
- 2 – recovery of oil contaminated soils directly on-site.

The first group of methods is associated with high excavation and transportation costs, but the cleaning of contaminated territory is relatively quick, the pollutant is prevented from penetrating the ground waters and adjacent territories. Besides, keeping the contaminated soil in special places allows better cleaning, better control and management, higher degree of soil purification. The methods include:

1. Placement of contaminated soil on specifically equipped grounds, where it can long be stored without purification and with additional damage to the environment. This method is relatively cheap, but has some significant disadvantages: the pollutant remains in the

removed soil layer and is a pollution threat for ground waters; the ground cannot be used in the future without prior treatment; the number of grounds is limited; the most fertile soil layer is removed.

2. Decontamination in bioreactors, with the technology, similar to biological treatment of discharge. Contaminated soil is added with water solution, essential nutrition components and forced aeration. However it is costly with the need to dry the sludge after decontamination.

3. Establishment of processing centers on specially provided area with impervious bottom or covered with a plastic sheet with a sandy bedding. Contaminated soil is distributed along this area and is tilled like a regular field. This process is accelerated with fertilizers and concentrated oil-degrading bacteria, manufactured in advance.

4. Soil composting by mixing it with different fillers like turf, straw, chips to ensure oxygen penetration into the zone of bio oxidation and increase of humidity. Fertilizers are applied in this case, along with all ochthonous bacteria and irrigation. Often forced aeration is used to ensure temperature control.

Due to raised discharge treatment quality requirements to MPC norms, there is the need for establishing cleaning system for surface water run-offs, which will ensure the required quality of the run-offs combined with low cost. The most simple and economically efficient methods of run-offs cleaning are the precipitation, filtration and biofiltration [1].

Technology, developed by Bigor Service Co. Ltd., ensures cleaning quality to the required parameters of run-offs, dumped into fishery water bodies (Fig.2).

Treatment facility filters feature recoverable surfaces or option materials, with 2-3 times more suspended materials capacity compared to standard filter bed. This decreases considerably the operational and recycling costs.

Fine purification of water run-offs is carried out with press ceramics filter and inadsorber with activated carbon bed. Unloading and sludge drying in the form, convenient for further biological processing with OLEOVORIN technology.

Several Moscow enterprises have successfully been using this technology for surface water run-offs cleaning.

Highly volatile impurities have certain specific features, easily wearing off and localizing also in a gas phase and low-temperature boiling fluids.

Cleaning of soil subsurface pollution from volatile substances is carried out through exhaust of contaminated air from the holes, first through the head bio-filter, and then finishing filter of air purification and returning the purified air back into the atmosphere.

Fig.3 features technical scheme of cleaning of underground soil contamination from the volatile substances, water-insoluble with high soil permeability.

Efficiency of damage control is highly dependent on the degree of contaminated area certainty.

In case of necessity, further contamination is pre-

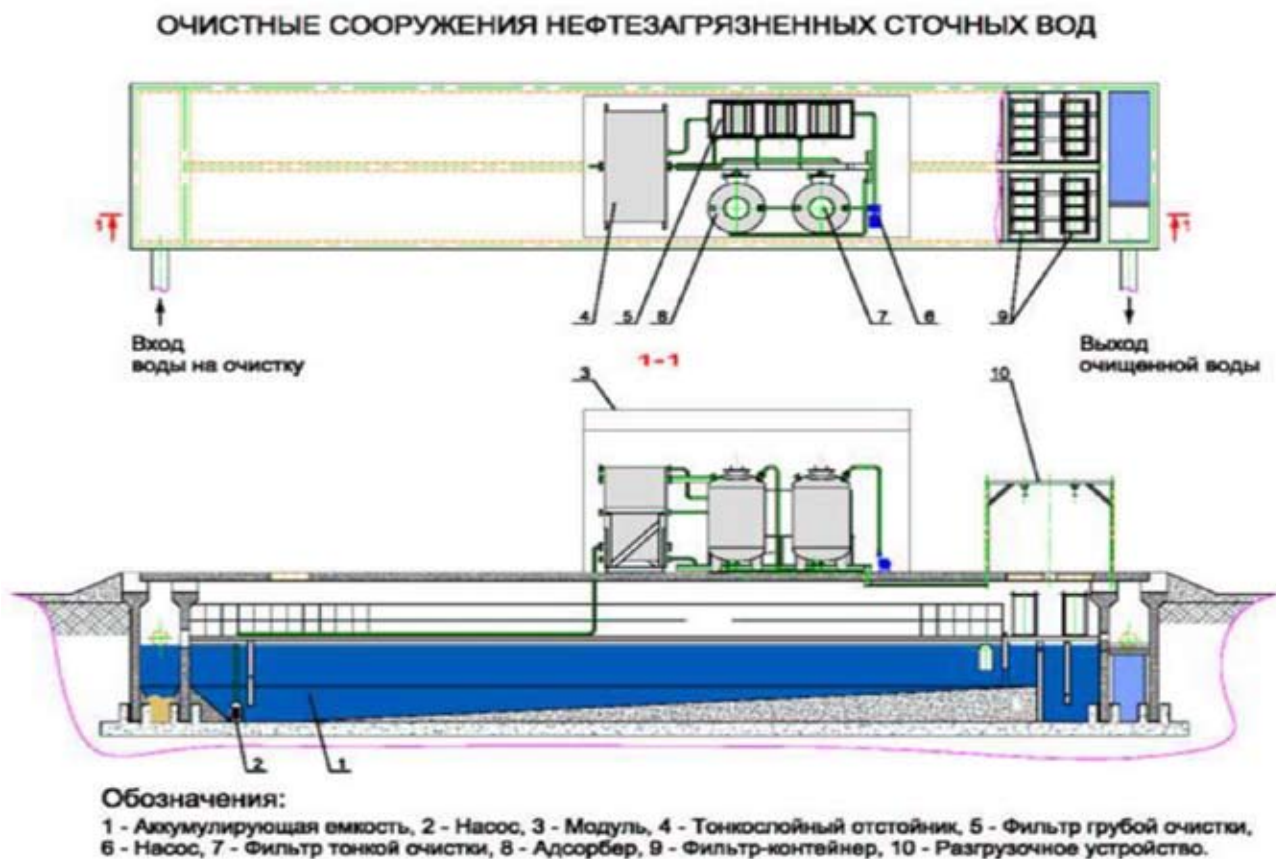


Fig.2. Treatment facilities for oil-contaminated water run-offs.

vented with trouble spot localization via banking-up using plastic film.

Apart from contamination, associated with rolling stock exploitation and railways structural units, accidental pollution is also significant.

Accidents usually feature release of hazardous substances into the environment and violation of life support system.

Recovery after accidents, arising during hazardous freight transportation, requires significant funds in order to lower impact on the environment. Besides soil and atmosphere contamination, accidents, arising during hazardous freight transportation, can cause contamination of surface water bodies and ground waters.

Accidental spills might cause contamination of soil and ground with different chemicals, including *phenols*. They have high solubility, which means quick penetration into lower levels of soil and ground waters.

Recovery directly on the spot takes place while eliminating the consequences of accidental oil spills, and when removal of contaminated soil is economically unreasonable. It's important to exclude impact of intermediate decomposition products and recultivation activities at the water-supply source. Biorecovery at the contaminated site is based on stimulating natural degrading process, taking place in the soil.

Cleaning method of soluble ground contamination is based on microbiological oxidation of organic impurities (phenols) in surface-type bioreactor (biofilter). Extraction of impurities from the soil with water, flowing through infiltration trench with further

biodegradation of contained pollutants with natural bacteria bio oxidation with biofilter. Here low intensity contamination degradation is observed, due to the use of natural flora, as well as significant evaporation of organic impurities from well bore water in biofilter. Besides that, the method is associated with alteration of natural landscape, since wash water flows into the soil through infiltration trench.

Bigor Service Co. Ltd. suggested modification of the method to significantly lower ecological impact, arising from underground contamination cleaning.

Fig.4 features operation scheme of upgraded unit for underground contamination cleaning with soluble organic compounds (phenols).

1996 witnessed an accident at Myslets Gorkovskaya double track section, with derailment of phenol-filled tanks. This caused considerable contamination of the territory, adjacent to the railroad groundwork in the accident area. Primary treatment of the territory included attempt to eliminate contamination via burial. This caused slow phenol penetration into ground waters for the next four years [2].

In order to fix this problem the Russian Government ordered (Order No ВП-П111-9 nrof 29.09.99) to eliminate underground center of phenol contamination in 2002-2003.

(Customer – Traffic safety and ecology department of Ministry of Transport of the Russian Federation;

Primary contractor – Moscow State University of Railway Engineering (MIIT);

Since cleaning process didn't prevent train traffic, safe cleaning technology was created for the area be-

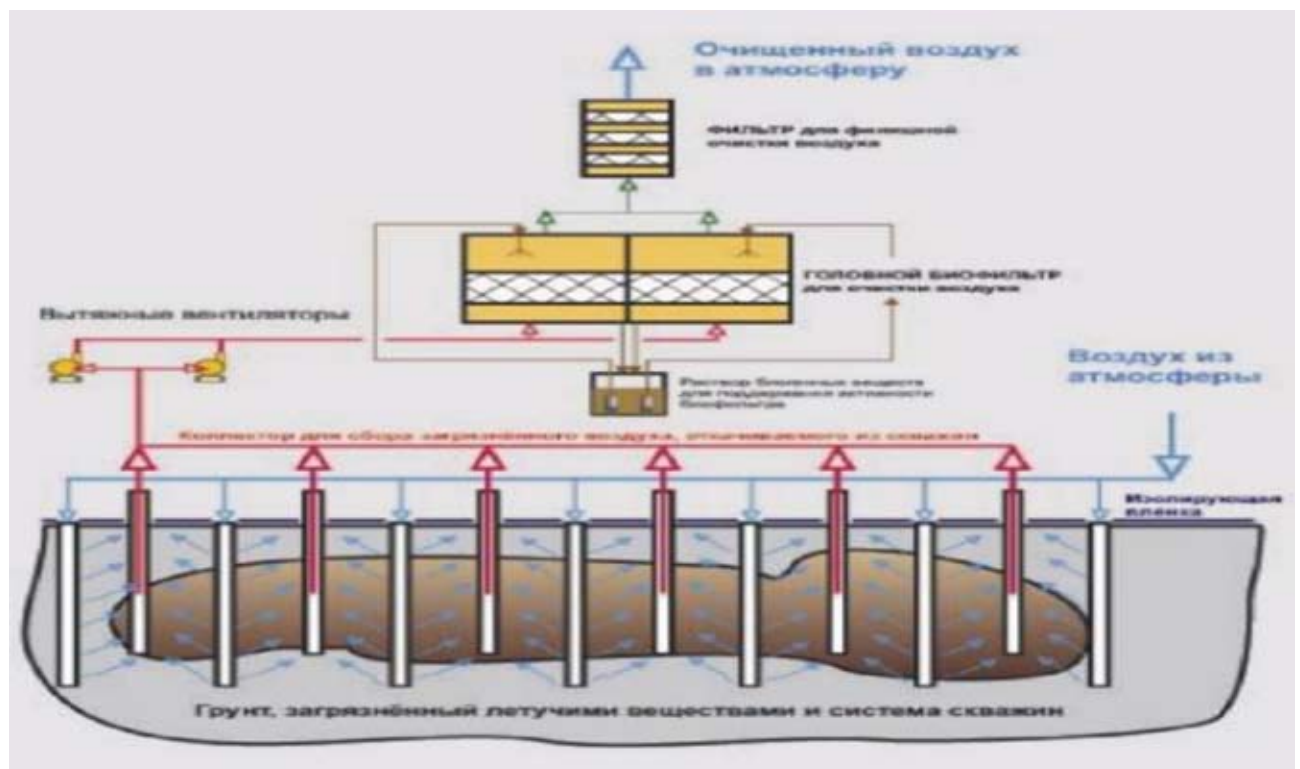


Fig.3. Technical scheme for cleaning of soil underground contamination from volatile substances, insoluble with high soil permeability.



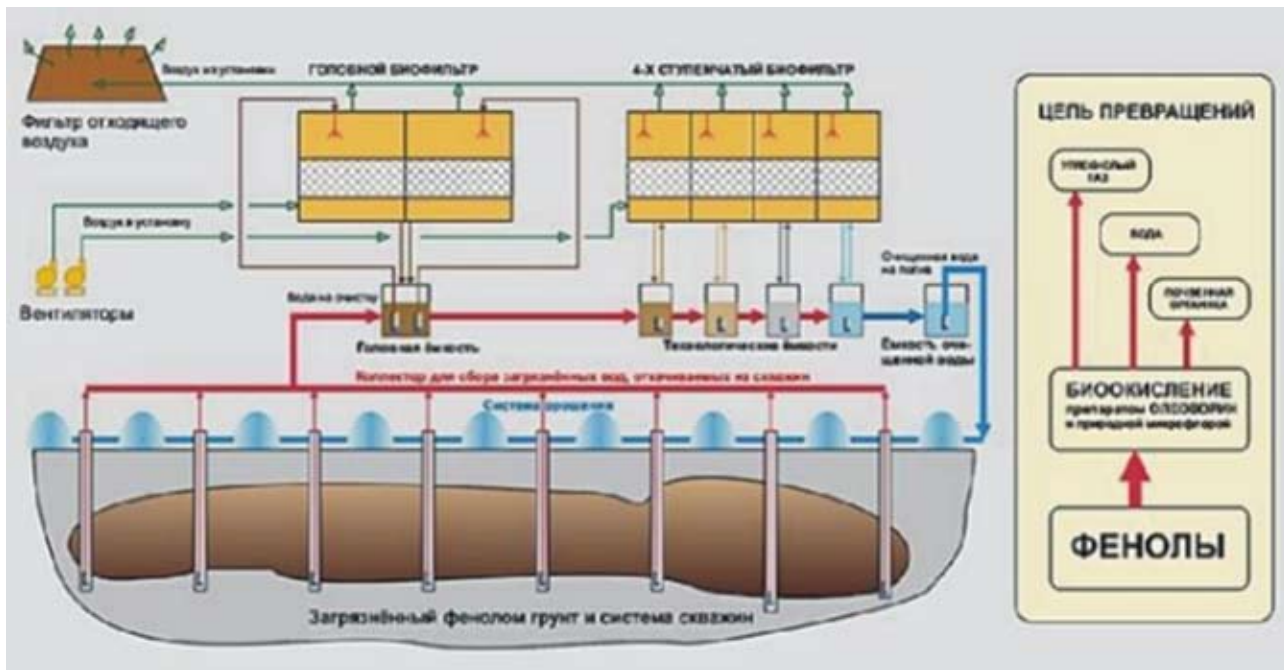


Fig.4. Operation scheme of upgraded unit for underground contamination cleaning with soluble organic compounds (phenols).

neath the railroad groundwork. This included inclined well holes, gradual washing and control of the railroad state.

The road way must be solid and steady, reliable and long-lasting. In case of inside roadway washing, water drainage must be ensured. It's only possible when the embankment consists of drainage soil. That's why the first stage of the drilling operations features determining the composition of soil, compiling the embankment.

For local operational conditions there is on-site stability analysis of embankment and analysis of need for additional structures for roadway reinforcement, in order to ensure safe and smooth train traffic.

Road way contamination cleaning method without interruption of the train traffic was first applied on the Gorkovskaya road at Myslets double track section. Water saturation of embankment lowers the strength of substructure, which is why there are raised requirements to the technical state of the track superstructure.

In order to lower rolling stock dynamic impact on the top of subgrade, the track superstructure was reinforced.

Suspended stack of rail panels was installed on the area of intense washout of the embankment.

For the monitoring of the railway track during cleaning of roadway from phenol contamination, temporary bench marks were installed in the upper edge of embankment and in intertrack space, for daily measu-

ring of elevation, both within the washout zone and 50 m to the both sides from the work area borders.

The main kinds of bacteria on-scene included original strain *Aureobacterium anophageum* 6-204, ensuring active phenol biodegradation; wood chips get infected with bacteria for efficient biofilter.

Modern level technology allows cleaning of railway objects with further neutralization of toxic contaminants, containing oil and its products, phenols and their compounds pursuant to the requirements of the Russian legislature to the environmental planning and land-use management.

## Conclusion

These problems can successfully be solved through establishment of centralized support service in the field with the involvement of specialized bodies with experience in terms of engineering ecology.

## References

1. Sidrakov A.A., Panshin I.A., Oily waste recycling on the railway transport// Core Russia Conference for Euro-Asian Trunk-Railway problems and prospects. – Seoul – Irkutsk: IrGUPS, 2015. – 173 s.
2. Sidrakov A.A., Panshin I.A., Birjukov V.V. Measures for cleaning oily end phenolic contaminants rail// -M.: MIIT, 2004. –41 s.



# INFORMACINIŲ TECHNOLOGIJŲ SAUGA STUDIJŲ PROCESĖ

Dalius Mažeika

*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, K.Kalinausko g. 7, Vilnius, Dalius.Mazeika@gmail.com*

**Anotacija.** Informacijos ir informacinių technologijų sauga yra viena iš aktualiausių sričių ne tik šiuolaikinėms įmoneis, bet ir akademinėms institucijoms. Elektroninės informacijos saugojimo ir tvarkymo galimybės sudarė sąlygas modernizuoti akademinę institucijų valdymą, įvesti naujas studijų formas ir tobulinti studijų procesą. Tačiau elektroninė erdvė ir joje teikiamos paslaugos tampa patraukliu atskirų asmenų ar nusikalstamų grupuočių taikiniu. Straipsnyje nagrinėjamos informacinių technologijų saugos grėsmės, kylančios aukštosiose mokyklose, ir jų įtaka studijų procesui. Pateikiama statistinė informacija apie dažniausiai pasitaikančius saugos pažeidimus Lietuvos akademinėse institucijose, analizuojama, kaip valdyti informacinių technologijų saugos procesus užtikrinant informacinių technologijų infrastruktūros, programų ir duomenų apsaugą.

**Pagrindinės sąvokos:** informacijos ir informacinių technologijų sauga, studijų procesas

## 1. Įvadas

Šiuolaikinėje akademinėje aplinkoje vis didesnę reikšmę įgyja informacinės ir telekomunikacinės technologijos, sparčiai didėja teikiamų elektroninių paslaugų skaičius studijų procesui vykdyti ir administruoti. Nuolat tobulėjančios informacinės technologijos sudaro sąlygas modernizuoti akademinę institucijų valdymą, įdiegti nuotoline studijų formas, plėsti medžiagos prieinamumą. Tokios informacinių technologijų paslaugos kaip dėstytojų ir studentų elektroninis paštas, bevielio kompiuterių tinklo Eduroam paslaugos, bylų saugyklos jau tapo įprastomis priemonėmis, naudojamomis studijų procese. Dauguma akademinę institucijų studijoms reikalingos medžiagos prieinamumui gerinti naudoja elektronines knygas, paskaitų ir pratybų medžiagos, mokslinių straipsnių talpyklas. Nuotolinėms studijoms naudojamos Moodle, Blackboard, Lotus LearningSpace, Web CT ir kitos mokymosi aplinkos. Jos padeda ne tik pateikti paskaitų ir pratybų medžiagą, bet ir vykdyti konsultacijas, užtikrinti socialinį studentų ir dėstytojų bendravimą, atlikti žinių tikrinimą ir vertinimą. Laboratoriniams ir eksperimentiniams darbams atlikti vis plačiau naudojami fizinių prietaisų programiniai simulatoriai, gamybos, technologinių ir verslo procesų simulatoriai, taupantys ne tik studijoms skirtas lėšas, bet ir leidžiantys plėsti dalykinės srities nagrinėjamų charakteristikų ar savybių apimtį. Moksliniams tyrimams atlikti naudojami įvairūs matematinio modeliavimo programiniai paketai: Matlab, Maple, Labview. Sudėtingiems skaičiavimams atlikti mokslininkai naudoja lygiagrečiųjų ir paskirstytų skaičiavimų klasterius, grid tinklus. Universitetuose ir kolegijose sparčiai populiarėja virtualizacijos ir debesų technologijomis grindžiamos paslaugos: virtualios darbo vietos, virtualios aplikacijos, virtualūs serveriai.

Remdamiesi aukščiau pateiktais faktais, galime teigti, kad studijų procesas labai priklauso nuo sklandaus ir saugaus informacinių technologijų ir sistemų darbo. Tačiau kiekvienas kompiuteris, prijungtas prie duomenų perdavimo tinklo, gali būti kibernetinio nusikaltimo auka, todėl informacinių technologijų sauga

yra aktualus infrastruktūros komponentas. Nagrinėdami atskirus informacinių technologijų ir elektroninių paslaugų sluoksnius galime identifikuoti atitinkamas atskirų asmenų ar nusikalstamų grupuočių keliamas saugos grėsmes. Remdamiesi kompanijos Symantec atlikto tyrimo rezultatais matome, kad net 15% įvykdomų elektroninių nusikaltimų aukų yra akademinės institucijos[1]. Litnet CERT pateikta IT saugos incidentų ataskaita taip pat rodo nuolatinius saugos pažeidimus Lietuvos akademinėse institucijose, todėl informacinių technologijų saugos pažeidimų rizikos mažinimas yra svarbi ir aktuali tema.

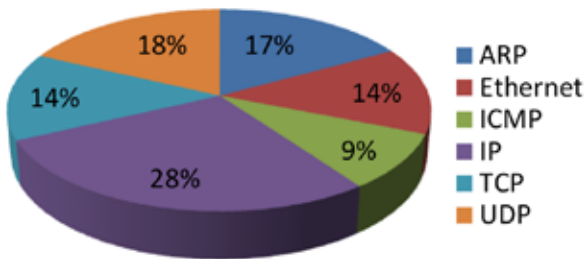
## 2. IT saugos grėsmės akademinėse institucijose

Akademinę institucijų teikiamos e-paslaugos išsiskiria atvirumu ir prieinamumu. Siekiant plėsti bendradarbiavimą tarp akademinę institucijų, dalis elektroninių paslaugų yra integruojamos į globalias informacines sistemas. Kaip pavyzdžius galima paminėti Litmis ir Liemsis projektus, Litnet vykdomą e-tapatybės federacijos projektą. Toks paslaugų teikimo principas suteikia galimybę studentams patogiai naudotis studijoms reikalinga medžiaga, moksliniais straipsniais, komunikacijos įrankiais ir kitomis paslaugomis, o akademinėms institucijoms efektyviai administruoti studijų procesą. Tačiau elektroninių paslaugų prieinamumo didinimas sukelia informacijos ir informacinių technologijų saugos grėsmes.

Panagrinėkime motyvus ir priemones elektroniniams nusikaltimams vykdyti bei galimas saugos rizikas. Remiantis atlikta analize identifikuoti tokie pagrindiniai motyvai: ekonominiai, politiniai ir destruktivi veikla. Ekonominiai motyvai siejami su galimybe gauti finansinę naudą, politiniai motyvai grindžiami noru pakenkti vyriausybinėms organizacijoms, o destruktivi veikla dažniausiai susijusi su noru pakenkti ar atkeršyti už patirtą žalą [2]. Nagrinėjant elektroninių nusikaltimų tikslus buvo nustatyta, kad net 96% įvykdytų elektroninių nusikaltimų siejami su vartotojų asmeninių duomenų gavimu, t.y., nusikaltimų tikslas – gauti as-

mens duomenis, bankinių mokėjimo kortelių duomenis, prisijungimo prie informacinių sistemų duomenis [2]. Akademinės institucijos taip pat yra nusikaltimų taikiniai, nes jose dirba ir mokosi tūkstančiai asmenų, kurių duomenis potencialiai galima pasisavinti. Tą patvirtina ir statistiniai duomenys: 15% visų kibernetinių nusikaltimų padaroma akademinėse institucijose [2].

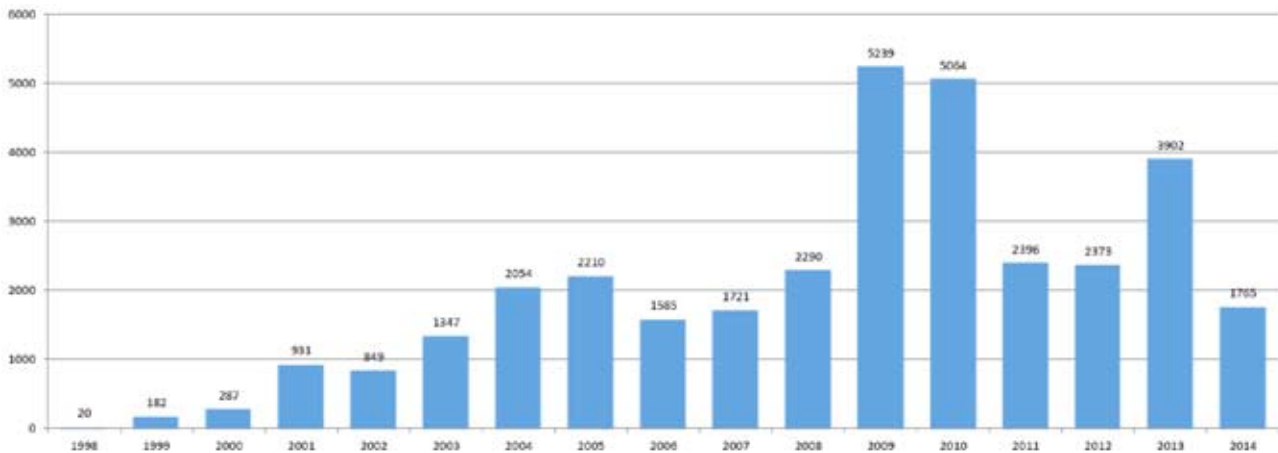
Analizuodami priemones, naudojamas įsilaužimams vykdyti, matome, kad duomenims gauti dažniausiai pasitelkiami kenksmingo programinio kodo tipai: kirminai (angl.spyware) sudaro 48%, formų skaitytuvai (angl. form – grabber) – 32%, brutalios jėgos atakos – 20% [3]. Tai rodo, kad nusikalstamos veikos priemonės, skirtos tapatybės duomenims pasisavinti, ir dažniausiai naudojamas būdas yra kirminai, nuo kurių apsaugoti galima antivirusinėmis programomis. Išanalizavę saugos pažeidimų pasiskirstymą pagal tinklo lygmenis L2, L3 ir L4 matome, kad daugiausia pažeidimų rasta IP protokole, o mažiausiai – ICMP [5]. Net 17% pažeidimų rasta ARP protokole (1 pav.). Atsižvelgiant į protokolo paprastumą tai gana didelė visų pažeidimų dalis.



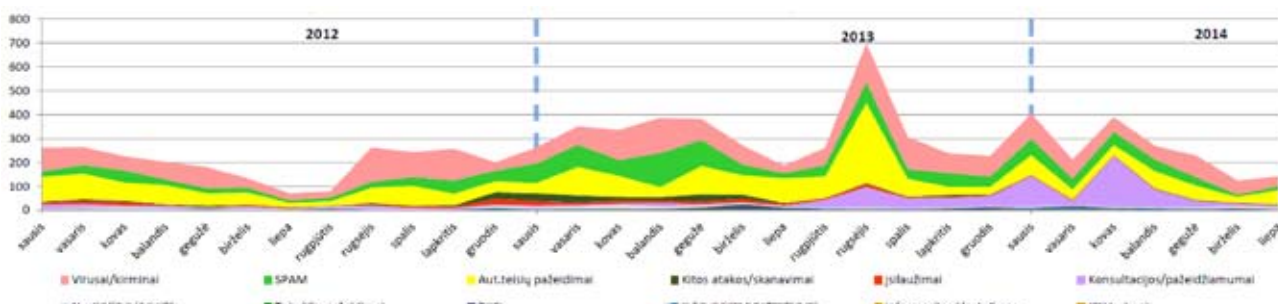
1 pav. Saugos pažeidimų pasiskirstymas pagal protokolus

Nagrinėdami Lietuvos akademinėse ir mokslo institucijose įvykusių IT saugos incidentų skaičiaus kitimą (2 pav.) matome, kad per pastaruosius 10 metų per metus vidutiniškai įvyksta 2770 incidentų [5]. 2009-2010 metais padidėjęs incidentų skaičius siejamas su pasaulinėmis elektroninių nusikaltimų augimo tendencijomis, ekonomine krize ir išaugusiu nedarbu Lietuvoje ir visame pasaulyje. Šie faktai tiesiogiai susiję su padidėjusiu nusikalstamumu tiek fiziniame, tiek ir elektroniniame erdvėje.

3 pav. pateiktas saugos incidentų, įvykusių 2012-2014 m. pasiskirstymas pagal tipus Litnet tinkle [5]. Visi incidentai suskirstyti į 12 grupių ir parodytas atitinkamas kiekvieną metų mėnesį įvykusių incidentų skaičius. Iš pateikto grafiko galime išskirti 3 incidentų grupes, kuriose incidentų skaičius didžiausias – tai virusai ir kirminai, autorinių teisių pažeidimai, nepageidaujami elektroniniai laišakai. Taigi galima teigti, kad Lietuvos akademinėje bendruomenėje vis dar pažeidinėjamos autorinės teisės, t.y. naudojama ar platinama nelegali programinė įranga, filmai, garso įrašai. Tiesa, per pastaruosius metus tokių incidentų skaičius gerokai sumažėjo. Taip pat matome, kad jau daugiau nei dvejus metus stabilus išlieka kompiuterių, užkrėstų kompiuteriniais virusais ir kirminais, skaičius (2 pav.). Kirminais ar virusais infekuotas kompiuteris – tai labai pavojingas IT saugos pažeidimo tipas, kadangi kompiuteryje patalpinus kenksmingą programinį kodą iš jo gali būti pavogti duomenys, jis gali tapti botnet tinklo dalimi ir būti panaudotas DDoS atakoms vykdyti. Nepageidaujami elektroniniai laišakai dažnai yra socialinės



2 pav. Saugos incidentų skaičiaus kitimas Litnet tinkle



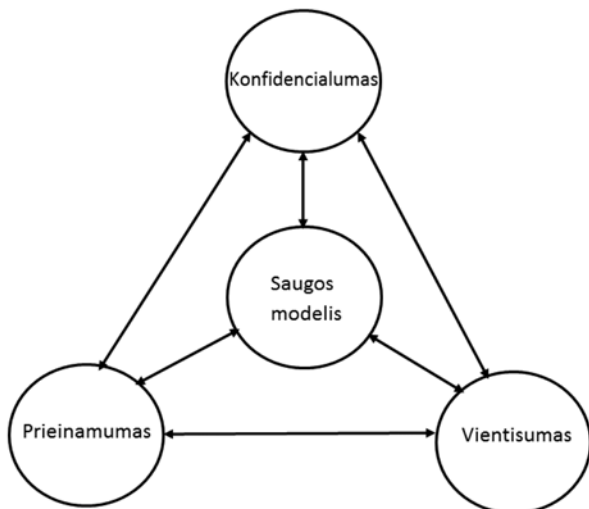
3 pav. Saugos incidentų pasiskirstymas pagal tipus Litnet tinkle

inžinerijos įrankis, siekiant apkrėsti kompiuterį kenksmingu programiniu kodu, todėl tokių laiškų filtravimas yra aktuali ir sudėtinga problema. Įmonės dažniausiai naudoja parašais grįstas filtravimo sistemas, kurios ne užtikrina aukšto filtravimo patikimumo, todėl incidentų skaičius, susijęs su nepageidautiniais laiškais vis dar egzistuoja. Pastaruoju metu akademinės institucijos skiria vis daugiau dėmesio informacinių technologijų saugai. Tai rodo sparčiai didėjantis Litnet CERT konsultacijų, susijusių su įvairių saugos grėsmių ir pažeidimų šalinimu, skaičius. Pavyzdžiui, 2014 metų kovo mėnesį buvo suteikta daugiau nei 210 konsultacijų.

Pateiktame grafike aiškiai matyti incidentų sezoniskumas. Vasaros atostogų metu incidentų skaičius mažėja, o didžiausias būna rugsėjo ir kovo-balandžio mėnesiais.

### 3. Informacinių technologijų saugos užtikrinimas

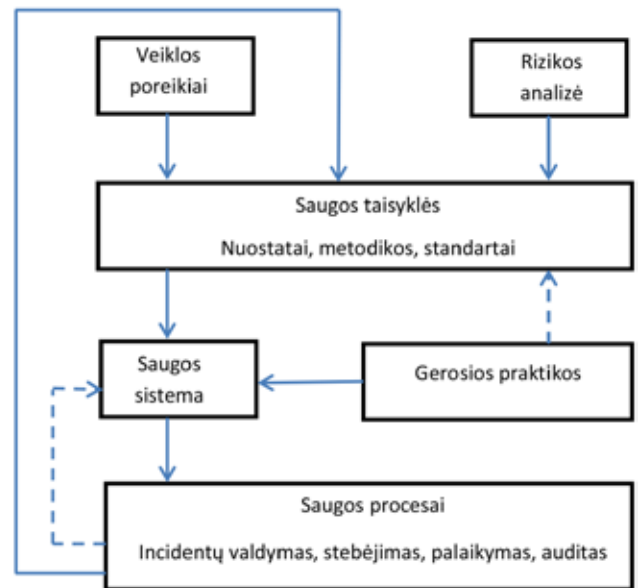
Informacijos ir informacinių technologijų sauga priklauso nuo daugelio faktorių, todėl būtinas sisteminis požiūris į saugos politiką ir strategiją, kuris apimtų technologinį aspektą, procesus ir vartotojus. Akademinės institucijos, siekdamos sukurti tinkamą saugos politiką, turėtų remtis informacinių technologijų saugos standartų ISO 27000 šeima. Vadovaujantis standartais galima identifikuoti rizikas ir apibrėžti tinklo saugos reikalavimus. Organizacijos IT saugos realizavimas pagal informacijos technologijos saugos standartus užtikrintų produktų ar paslaugų kokybę, saugą, patikimumą, efektyvumą ir suderinamumą [6]. Saugos modelis turėtų būti įgyvendinamas remiantis CIA triada, pagal kurią saugiose sistemose turėtų būti užtikrintas konfidencialumas, integralumas ir prieinamumas (4 pav.).



4 pav. CIA triada

Konfidencialumas užtikrina, kad informaciją peržiūrės tik autorizuoti asmenys, integralumo principas sako, kad duomenys turi pasiekti gavėją nepakeisti ir

tokia tvarka, kokia buvo perduoti siuntėjo, o prieinamumas užtikrina, kad informacija būtų pasiekiamą autorizuotų naudotojų tada, kada reikia. Siekiant visiškai užtikrinti tinklų saugą taip pat reikia įtraukti prevencijos, aptikimo ir atsako mechanizmus.



5 pav. Organizacijos saugos sistemos blokinė diagrama

Informacinių technologijų saugos metodika turi būti adaptuojama prie unikalios organizacijos aplinkos. Norint parinkti saugos valdymo ypatybes reikia įvertinti infrastruktūros ir studijų procesą, o tam turi būti sukurtos atitinkamos metrikos. Tokios metrikos leistų objektyviai įvertinti, kurios tinklo saugos ypatybės turi aukščiausią prioritetą, o kurios – žemiausią. Sudarant metodiką svarbu nubrėžti ribą tarp to, kas yra bazinės kompiuterių tinklo saugos priemonės, ir to, kas gali būti priskirta sudėtingesniai lygiui. Bazinės kompiuterių tinklų saugos priemonės atskirti nuo sudėtingesnio lygio realizacijų galima pasinaudojus tinklų projektavime naudojamais funkciniais elementais, išskiriant skirtingo sudėtingumo grupes: bazines, patobulintas, integruotas.

5 pav. pateikta blokinė diagrama, vaizduojanti organizacijos saugos sistemos komponentus ir jų tarpusavio sąsajas. Informacijos ir informacinių technologijų saugos taisyklės sudaromos atsižvelgiant į studijų proceso veiklos poreikius, rizikos analizę ir remiantis gerosiomis praktikomis. Saugos taisyklės yra vienas pagrindinių komponentų, sudarančių akademinės institucijos saugos procesus. Procesai yra dinaminiai, kadangi jie turi prisitaikyti prie kintančios aplinkos, naujų saugos grėsmių, veiklos poreikių.

#### 3.1 Saugos rizika ir jos vertinimas

Prieš pradėdant formuoti informacijos saugos sistemą akademinėje institucijoje, reikia atlikti informacinio turto auditą. Vertinant turtą nurodomi vertinimo kriterijai, kurie gali būti išreikšti kokybiškai (maža, vidutinė, maksimali vertės) arba kiekybiškai (ekonominiai rodikliai, vertės). Tikimybė prarasti informaci-

nių vertybių atsiranda tuomet, kai sistema yra pažeidžiama. Pažeidžiamumas generuoja saugos grėsmes ir riziką. Įvardijus galimas rizikas atliekama jų kokybinė ir kiekybinė analizė, nustatomas toleruotinas rizikos lygis ir sudaromas rizikos valdymo planas.

Saugos rizika tiesiogiai priklauso nuo akademinės institucijos dydžio, informacinių technologijų infrastruktūros, studijų proceso valdymo automatizavimo lygio. Kuo didesnė institucija, tuo didesnė jos infrastruktūra ir tuo didesnį informacinį turtą ji valdo. Vadinas, tokioje institucijoje bus aukštesnis saugos rizikos laipsnis. Norint apskaičiuoti organizacijos informacijos saugos riziką galima naudoti CVSS balą. CVSS bazinės metrikos naudojamos pasekmėms įvertinti, kai pažeidžiamas konfidencialumas, integralumas ir prieinamumas. Šios metrikos charakterizuoja tiesioginį poveikį informaciniam turtui, kai yra išnaudojamos saugos pažeidos ir apibrėžia praradimo laipsnį. CVSS tiesiogiai nesusietas su unikalia organizacijos aplinka, todėl leidžia įtraukti skirtingus aplinkos parametrus. Kiekviena organizacija, kuri nori įsivertinti, turėtų žinoti savo reikalavimus konfidencialumui, prieinamumui ir integralumui.

Rizikos analizės duomenys gali būti panaudoti nustatant, kurie rizikos veiksniai ir kaip stipriai gali paveikti organizacijos procesus, o drauge ir veiklos rezultatus. Rizikos valdymas apima grėsmių identifikavimą, įvertinant grėsmių įvykio tikimybę iš jau įvykusių incidentų duomenų ir jų metu paveiktas turtines vertybes. Taip galima pamatuoti galimus praradimus bei identifikuoti veiksmus, kurių reikia imtis rizikai mažinti atsižvelgiant į tai, kad investicijos yra pagrįstos. Taigi rizikos analizė yra saugaus studijų proceso užtikrinimo dalis.

Identifikavus saugos grėsmes ir riziką, kitas svarbus žingsnis yra organizacijos informacijos saugos politikos sudarymas. Politika privalo turėti aiškų tikslą ir strategiją bei logišką struktūrą. Politikoje turi būti apibrėžtos atsakomybių ribos, nustatytas kontrolės lygis. Politika turi būti žinoma ir suprantama organizacijos darbuotojams, jos laikomasi. Politikai įgyvendinti turi būti organizuojami mokymai.

### 3.3 Tinklo saugos rekomendacijos

Informacijos ir informacinių technologijų saugos metodai apima tokias sritis: saugos taisyklės, procesai ir procedūros, operacinių sistemų sauga ir tinklo sauga. Saugos taisyklės ir procedūros realizuojamos naudojant technines priemones ir įrankius. Operacinių sistemų pažeidžiamumai atsiranda dėl projektavimo, programavimo ar konfigūravimo klaidų, taip pat ir dėl didelio programų sistemų, veikiančių viename kompiuteryje ar serveryje, skaičiaus. Didesnis sistemos komponentų skaičius didina sistemos pažeidžiamumo tikimybę, todėl siekiant didinti programų saugą, rekomenduojama izoluoti programas ir jų vykdymo aplinkas. Tam naudojamos virtualios mašinos arba Linux konteineriai. Stiprinant operacinių sistemų saugą būtina laikytis tokių rekomendacijų:

- reguliarus pataisų diegimas
- įvykių auditas
- sistemos grūdinimas
- asmeninės ugniasienės naudojimas
- antivirusinės programos naudojimas

Tinklo perimetro sauga ir tinklo segmentavimas panaudojant užkardas ir sukuriant demilitarizuotas zonas yra vienos iš dažniausiai naudojamų tinklo apsaugos priemonių. Demilitarizuotos zonos leidžia skirtingo saugumo lygio ir funkcinės paskirties tinklus. Tokiu atveju, visos jungtys su kontrolės sistema, esančia LAN tinkle, turi eiti per užkardą. Užkardų taisyklės turi būti sudarytos taip, kad galiotų ne tik įeinančiam, bet ir išeinančiam tinklo srautui. Pavyzdžiui, tam, kad nuotoliniu būdu galima būtų kontroliuoti pažaidų išnaudojimo kodą, paleistą kontrolės sistemos kompiuteryje, reikalingas grįžtamasis ryšys. Jeigu bus tvarkingai surašytos išeinančio srauto taisyklės, išibrovėlis neįgis išeinančio srauto kontrolės ir negalės toliau tyrinėti ir kontroliuoti įsilaužo įrenginio. Kuo daugiau prievadų ir paslaugų yra prieinama, tuo didesnė atakų tikimybė prieš egzistuojančias paslaugų pažaidas.

Rekomenduojama nuolat stebėti tinklo veiklą tam skirtomis priemonėmis: IDS, IPS, ARP tarpininko stebėjimo įrankiais, taip pat periodiškai atlikti žurnalinių įrašų auditą. Reikia pastebėti, kad nerekomenduojama naudoti atvirojo teksto protokolų HTTP, FTP, Telnet, SMTP, nes naudojant šnipinėjimo priemones gali būti nuskaityti prisijungimo vardai ir slaptažodžiai.

Prieigos kontrolė – tai politika, programinis arba aparatinis komponentas, naudojamas išduoti arba suteikti priėjimo teisę prie tam tikro išteklių. Informacijos saugos technologijose prieigos kontrolė apima autentifikacijos, autorizacijos ir audito procesus. Siekiant užtikrinti saugią prieigos kontrolę rekomenduojama naudoti dvigubą autentifikaciją, t.y., prisijungimo slaptažodį ir biometrinių identifikacijos prietaisų arba slaptažodžių generatorių. Prieigos kontrolei valdyti rekomenduojama naudoti RBAC modelį. Modelis pagrįstas vartotojų vaidmenų sukūrimu, kurie tiesiogiai išreiškia jų pareigas, t. y. teisės vartotojams nėra suteikiamos tiesiogiai, bet priskiriant vieną ar kelis vaidmenis, kuriuose yra apibrėžtos konkrečios pareigybės teisės. Palyginti su tradiciniais prieigos teisių sąrašais, naudojamais DAC modelyje, RBAC suteikia daug didesnį detalumo lygį, pavyzdžiui, leidžia ne vien skaičiuoti, rašyti, vykdyti rinkmeną, bet ir vykdyti tam tikrus veiksmus sistemoje, tokius kaip vartotojų kūrimas. Tapatybės valdymas vienas iš svarbiausių prieigos kontrolės mechanizmų.

## 4. Išvados

Informacijos ir informacinių technologijų sauga yra svarbi akademinėms institucijoms, siekiančioms užtikrinti sklandų studijų procesą. Saugos incidentai, užfiksuojami Lietuvos akademinėje tinkle Litnet,

dažniausiai susiję su autorinių teisių pažeidimu, nepageidajamais elektroniniais laiškais ir virusais/kirminais užsikrėtusiais kompiuteriais. Saugos rizika tiesiogiai priklauso nuo akademinės institucijos dydžio, informacinių technologijų infrastruktūros, studijų proceso valdymo automatizavimo lygio. Informacinių technologijų saugos modelio sudarymas turi būti grindžiamas konfidencialumo, vientisumo ir prieinamumo principais.

### Literatūros šaltiniai

1. 2015 Internet SecurityThreatReport, Symantec, 2015. Prieiga per internetą: <[http://www.symantec.com/security\\_response/publications/threatreport.jsp](http://www.symantec.com/security_response/publications/threatreport.jsp)>
2. 2013 Global Security Report, Trustware, 2014. Prieiga per internetą: <<http://www2.trustwave.com/rs/trustwave/images/2013-Global-Security-Report.pdf>>
3. Security Threat Report 2014. Sophos. Prieiga per internetą: <<https://www.sophos.com/en-us/medialibrary/PDFs/other/sophos-security-threat-report-2014.pdf>>
4. Peláez M. S. H., Measuring effectiveness in Information Security Controls, 2010.
5. Urkis M., Litnet CERT veikla. 19-oji LITNET konferencija, 2014-08-25/26.
6. Tofan D., Information Security Standards. Journal of Mobile, Embedded and Distributed Systems, Vol.3, No. 3, 2011.

## INFORMACINIŲ TECHNOLOGIJŲ SAUGA STUDIJŲ PROCESE

**Dalius Mažeika**

*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija,  
K. Kalinausko g. 7, Vilnius,  
Dalius.Mazeika@gmail.com*

**Abstract.** With the recent advances in computer networking applications, information technology security is one of the most significant subjects not only for the commercial of state organizations but, also for the academic institutions. Modern information technologies and systems allow to modernize management of academic institutions, to introduce new forms of studies and to improve study processes. However, the electronic applications and IT services become the target of attack of the criminals, penetrators and different organized crimes. Information technology threats in high educational institutions are analyzed in the paper. Statistical data about information technology vulnerabilities in academic institutions of Lithuania are given and recommendations of information technology process management of academic institutions are provided in order to improve security of information technology infrastructure, applications and data.



# PUSIAUSVYRINĖS $\text{CuSO}_4$ IR GLIUKONO RŪGŠTIES TIRPALŲ CHARAKTERISTIKOS

Jolanta Pileckienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,, e. p.: j.pileckiene@vtdko.lt

**Anotacija.** Analizuojant elektrocheminių virsmų kinetiką ir mechanizmą  $\text{Cu(II)}$  kompleksų sistemose, pirmiausia reikia turėti patikimos informacijos apie tiriamų tirpalų sudėtį. Vykstant jų elektrolizei, įvairios dalelės, esančios tirpalo tūryje, dalyvauja ir masės transporto procesuose. Kadangi bendru atveju chemiškai sąveikaujančių dalelių masės transporto kiekybinis aprašymas yra gana sudėtingas, iškyla būtinybė kiek galima jį supaprastinti. Iš dalies to galima pasiekti, eliminuojant migracijos efektus, įpilant į tirpalus foninio elektrolito perteklių. Sulfatai, panaudoti šiame darbe, gerai tinka minėtam vaidmeniui, tačiau jie sukelia ir tam tikrų papildomų problemų. Kadangi  $\text{Cu}^{2+}$  ir  $\text{SO}_4^{2-}$  jonai gali gana energingai sąveikauti, sulfatus reikia laikyti potencialiais ligandais ir įvertinti jų indėlį į sistemos sukompleskinimo lygį. Mums prieinamoje literatūroje nepasisėkė rasti duomenų apie sulfatų įtaką gliukonatinį  $\text{Cu(II)}$  stabilumui, todėl teko atlikti reikiamus eksperimentinius tyrimus.

**Svarbiausios sąvokos:** gliukono rūgštis, kompleksų sistemos, ligandai.

## Įvadas

Elektrochemija – tai chemijos mokslo šaka, nagrinėjanti chemines reakcijas, kurios vyksta elektrolito ir elektrodo sąlyčio paviršiuje, tai viena iš mokslo sričių, kurioje plačiai taikomi kompleksiniai junginiai. Naudojant ligandus, surišančius metalo jonus į gana patvarius junginius, galima pagaminti tirpalus, kurie stabilūs gana aukštų pH srityje. Atliekant tokių tirpalų elektrolizę, ant įvairių metalinių detalių paviršiaus galima nusodinti aukštos kokybės galvanines dangas, kurios apsaugo dirbinius nuo korozijos bei suteikia joms gerą išvaizdą. Tokie procesai yra plačiai naudojami galvanostegijos pramonėje; jie nuolat tobulinami, pasitelkiant naujausias žinias apie tirpaluose vykstančių elektrocheminių procesų kinetiką ir mechanizmą.

Variui nusodinti taip pat naudojamos kompleksinės druskos. Pavyzdžiui,  $\text{Cu(II)}$  gliukonatinį (gliukono rūgštis) kompleksų tirpalai, kuriuose galima gauti kompaktiškas smulkiagrūdės vario dangas.

Tyrimo tikslas – kai gliukono rūgštis koncentracija nekinta, didinant tirpalo pH, nustatyti pusiausvyrines  $\text{CuSO}_4$  ir gliukono rūgštis tirpalų charakteristikas.

Darbo aktualumas.  $\text{Cu(II)}$  gliukonatinį kompleksų redukcijos kinetika iki šiol nėra išsamiau tirta. Trūksta žinių ir apie kitus procesus, susijusius su  $\text{Cu(II)}$  redukcija, ir apie pusiausvyrines tirpalų charakteristikas. Taigi išsamūs tyrimai yra, be abejo, aktualūs, o gauti rezultatai turėtų būti naudingi, nagrinėjant analogiškus elektrocheminius procesus.

## Tyrimo rezultatai

### 1. $\text{Cu(II)}$ gliukonatinį kompleksų stabilumas sulfatų terpėje

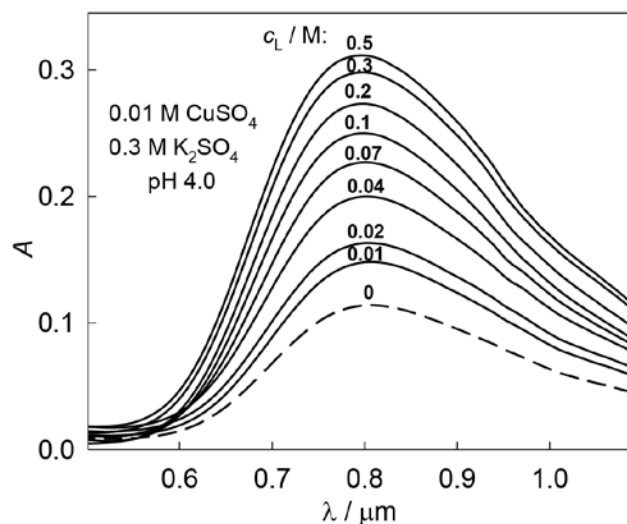
$\text{Cu(II)}$  gliukonatinį kompleksų stabilumui įvertinti pasitelktas tirpalų absorbcinės spektroskopijos metodas. Juo yra nustatomas dydis  $A = \log(I_0/I)$ , va-

dinamas spinduliuotės sugertimi, arba tirpalo optiniu tankiu.  $I_0$  ir  $I$  yra dvi monochromatinės šviesos srauto charakteristikos: krentančio į  $l$  storio,  $c$  koncentracijos tirpalo sluoksnį ir praėjusio pro šį sluoksnį šviesos intensyvumai. Pagal Beer-Lambert dėsnį

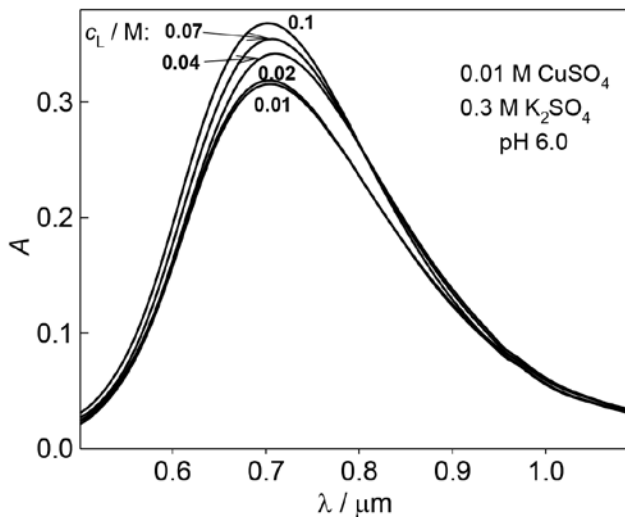
$$A = \varepsilon / c. \quad (1)$$

Sistemos optines savybes charakterizuoja parametras  $\varepsilon$ , vadinamas absorbcijos, sugerties, ekstinkcijos koeficientu. Jo vertė priklauso nuo absorbuojančių dalelių prigimties ir spinduliuotės bangos ilgio  $\lambda$ .

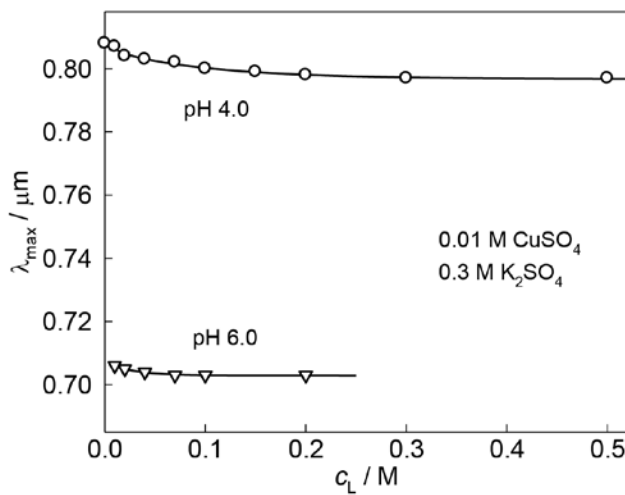
Atlikti bandymai parodė, kad gliukono rūgštis tirpalai matomosios šviesos kvantų neabsorbuoja. Tačiau šio ligando priedai į  $\text{Cu(II)}$  tirpalus keičia optinį tankį. Didinant ligando koncentraciją ( $c_L$ ) arba pH, sistemos sukompleskinimo lygis didėja. Tai rodo ir tirpalų sugerties pokyčiai. Silpnai rūgščiose terpėse (pH 4,0, 1 pav.) optinio tankio maksimumas ( $A_{\max}$ ) nuosekliai auga, artėdamas prie tam tikros ribos. Padidinus pH iki 6,0, aktyviosios ligando formos (gliukonato anijo-



1 pav. 0,01 M  $\text{CuSO}_4$ , 0,3 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ir gliukono rūgštis tirpalų, kurių pH 4,0, absorbcijos spektrai. Ligando koncentracijos (M) yra nurodytos prie atitinkamų kreivių



2 pav. 0,01 M  $\text{CuSO}_4$ , 0,3 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ir gliukono rūgšties tirpalų, kurių pH 6,0, absorbcijos spektrai. Ligando koncentracijos (M) yra nurodytos prie atitinkamų kreivių.



3 pav. Bangos ilgio ( $\lambda_{\max}$ ), atitinkančio absorbcijos spektrų maksimumą, priklausomybė nuo ligando koncentracijos

no L) koncentracija išauga ir susidaro palankesnės sąlygos kompleksams susidaryti. Todėl šiuo atveju tirpalų optiniai tankiai yra didesni ir mažiau priklauso nuo ligando koncentracijos (2 pav.).

Augant tirpalų pH, absorbcijos maksimumo padėtis ( $\lambda_{\max}$ ) pasislenka trumpesnių bangos ilgių (didesnių šviesos kvantų energijų) kryptimi (3 pav.). Padidinus pH nuo 4,0 iki 6,0,  $\lambda_{\max}$  sumažėja nuo ~0,8 iki 0,7  $\mu\text{m}$ . Stipriose šarminėse terpėse  $\lambda_{\max}$  pasislenka iki 0,65  $\mu\text{m}$  [8].

Prieš spektrofotometrinių duomenų analizę tikslinga aptarti kai kuriuos ankstesnių tyrimų rezultatus. Reikia pirmiausia atkreipti dėmesį, kad aptinkamos literatūroje [2, 5, 7, 9, 11, 14, 16]  $\text{Cu(II)}$  gliukonatinųjų kompleksų stabilumo konstantos ( $\beta_1$ ) buvo nustatytos, tiriant tirpalus su perchloratų ar nitratų foniniais elektrolitais. Tačiau šiame darbe naudojami tirpalai su gana didele sulfatų koncentracija. Žinoma, kad  $\text{SO}_4^{2-}$  jonai yra pakankamai aktyvūs ir gali dalyvauti įvairiose sąveikose, tarp jų – ir su  $\text{Cu}^{2+}$  jonais. Matyt dėl to įvairiuose žinyuose [12, 15] pateikiami gana žemi

(mažesni už 0,1)  $\text{CuSO}_4$  tirpalų aktyvumo koeficientai. Kai kurių  $\text{Cu(II)}$  sistemų tyrimai parodė [1, 3, 13], kad sulfatų terpėse kompleksų stabilumas tariamai sumažėja ir dėl to literatūrinės  $\beta_1$  reikšmės tenka koreguoti. Visa tai parodo, kad į  $\text{Cu}^{2+}$  ir  $\text{SO}_4^{2-}$  jonų sąveiką reikia atsižvelgti.

Manoma, kad sulfatų tirpaluose susidaro joninės poros  $\text{Cu}^{2+}\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ ; kartais jos yra traktuojamos kaip  $\text{Cu(II)}$  sulfatinis kompleksas  $\text{CuSO}_4$ . Anot įvairių literatūros šaltinių, šio darinio stabilumo konstanta

$$K_A = \frac{[\text{CuSO}_4]}{[\text{Cu}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]} \quad (2)$$

Daugiausia priklauso ne tik nuo tirpalų joninės jėgos ( $I$ ), bet ir nuo to, koks metodas buvo panaudotas konstantai nustatyti. Net ekstrapoliuoti į nulinę joninę jėgą  $K_A$  dydžiai skiriasi. Pastaruoju metu parašyta mokslinė disertacija [6], kurioje kritiškai įvertinti literatūros duomenys ir atliktas nuoseklus minėtos sąveikos eksperimentinis tyrimas. Išsiaiškinta, kad  $K_A$  reikšmės, nustatytos spektrofotometriniais metodais, yra mažesnės negu tos, kurios buvo gautos, naudojant potenciometriją. Esmė ta, kad pirmuoju atveju nėra registruojamos joninės poros, surištos per vandens molekulės tiltelį. Koncentruotame tirpale ( $1 < I < 5 \text{ M}$ )  $K_A$  mažai priklauso nuo  $I$  ir yra lygi  $10 \text{ M}^{-1}$  [6]. Analizuodami duomenis pasinaudojome šia  $K_A$  verte ir koncentracine molekulinės ligando formos LH stabilumo konstanta:  $\log \beta_1^H = 3,7$  [4]. Be to, apskaičiuojant  $\text{H}^+$  koncentraciją iš pH duomenų, buvo panaudotas hidronio jonų aktyvumo koeficientas  $\gamma_{\text{H}^+} = 0,7$ , gautas iš empirinės lygties

$$\log \gamma_{\text{H}^+} = -Bz^2 \left( \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0,2I \right), \quad (3)$$

čia jono krūvinis skaičius  $z = 1$ , o konstanta  $B = 0,5115$ .

Iš [6] darbo rezultatų matyti, kad „komplekso“  $\text{CuSO}_4$  absorbcijos juosta yra ultravioletinėje srityje ( $0,23 < \lambda < 0,26 \mu\text{m}$ ). Matomojo spektro srityje  $\text{CuSO}_4$  ir  $\text{Cu}^{2+}$  atskirti nepavyksta: ekvimoliarinių  $\text{CuSO}_4$  ir  $\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2$  tirpalų spektrai praktiškai sutampa [3]. Vadinasi,  $\text{CuSO}_4$  ir  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  absorbcinę gebą galima būtų charakterizuoti vienu ir tuo pačiu ekstinkcijos koeficientu  $\epsilon_0$ , kuris nesunkiai nustatomas, eksperimentuojant su  $\text{CuSO}_4$  tirpalais ir lygus  $11,4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  [3]. Be to, remiantis literatūros duomenų analize, galima daryti prielaidą, kad silpnai rūgščioje terpėje vyrauja monoligandinis  $\text{Cu(II)}$  ir gliukonato kompleksas  $\text{CuL}$ , kurį charakterizuoja koncentracinė stabilumo konstanta

$$\beta_1 = \frac{[\text{CuL}^+]}{[\text{Cu}^{2+}][\text{L}^-]} \quad (4)$$

Taigi, analizuojant eksperimentinius duomenis, pakaktų įvertinti trijų anksčiau išvardytų  $\text{Cu(II)}$  dalių egzistavimą. Vienas iš spektro dekonvoliucijos

(suskaidymo į atskiras komponentes) būdų buvo panaudotas, tiriant maleatinius Cu(II) kompleksus [3]. Kadangi  $\lambda_{\max}$  mažai priklauso nuo ligando koncentracijos (3 pav.), galima gerokai supaprastinti analizę, panaudojant tokią ryšį:

$$A_{\max} = \varepsilon_0([\text{Cu}^{2+}] + [\text{CuSO}_4]) + \varepsilon_1[\text{CuL}^+], \quad (5)$$

kuriame CuL<sup>+</sup> kompleksų ekstinkcijos koeficientas  $\varepsilon_1 = 32,3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  buvo gautas, ekstrapoliuojant  $A_{\max}$  vertes į begalinę ligando koncentraciją.

Literatūroje nėra jokių nuorodų apie tai, kad sistemoje galėtų susidaryti mišrūs Cu(II) kompleksai su gliukonatu ir sulfatu. Siekiant įvertinti tokios prielaidos patikimumą, buvo atlikta preliminari analizė, panaudojant tik kai kuriuos eksperimentinius duomenis. Taigi, galima teigti, kad pridėdant gliukono rūgšties į CuSO<sub>4</sub> tirpalą sulfatiname Cu(II) komplekse pasikeičia ligandas:



Šios pusiausvyros konstanta yra:

$$K' = \frac{[\text{CuL}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{CuSO}_4][\text{L}^-]}. \quad (7)$$

Antra vertus, iš (2), (4) ir (7) lygčių aiškėja, kad komplekso CuL<sup>+</sup> stabilumo konstanta

$$\beta_1 = K' K_A \quad (8)$$

Manant, kad CuSO<sub>4</sub> koncentracija yra gerokai didesnė, negu Cu<sup>2+</sup> jonų, iš (5) lygties galima nustatyti, kokiame tirpale kompleksų CuL<sup>+</sup> ir CuSO<sub>4</sub> koncentracijos yra vienodos ir lygios pusei bendrosios Cu(II) koncentracijos ( $[\text{CuSO}_4] = [\text{CuL}^+] = c_{\text{Cu(II)}}/2$ ). Panaudojus šią sąlygą, iš (5) lygties aiškėja, kad

$$A_{\max}^* = c_{\text{Cu(II)}} (\varepsilon_0 + \varepsilon_1) / 2 = 0,2158. \quad (9)$$

Duomenų, pateiktų 1 paveiksle, analizė rodo, kad tokį optinį tankį turi tirpalas, kuriame yra ~0,057 M gliukonato. Kadangi tokiam tirpale 0,05 M ligando surišta į CuL<sup>+</sup> kompleksą, laisvo ligando koncentracija yra ~0,052 M. Ji susideda iš LH ir L<sup>-</sup> koncentracijų sumos. Panaudoję ligando protonizacijos konstantos išraišką

$$\beta_1^{\text{H}} = \frac{[\text{LH}]}{[\text{L}^-][\text{H}^+]}, \quad (10)$$

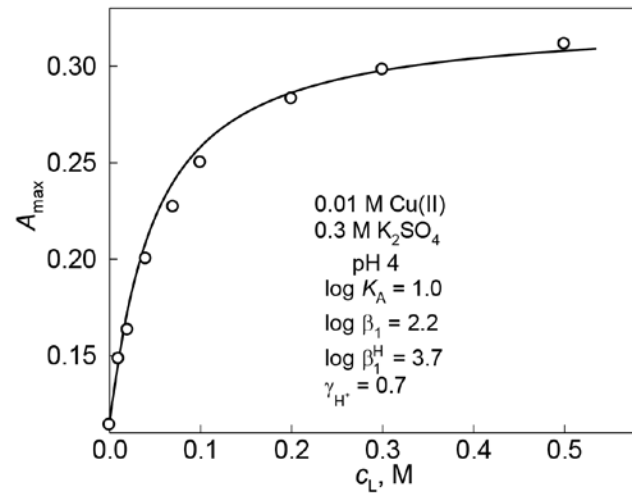
gauname, kad

$$[\text{LH}] + [\text{L}^-] = [\text{L}^-] (1 + \beta_1^{\text{H}}[\text{H}^+]). \quad (11)$$

Iš šios lygties, kai pH 4,0, nesunku nustatyti, kad  $[\text{L}^-] = 0,03 \text{ M}$ . Toliau, kai yra didelis sulfato perteklius ( $[\text{SO}_4^{2-}] \approx 0,3 \text{ M}$ ), iš (4.7) lygties matyti, kad  $K' = 10$ . Pagaliau, įrašę reikiamus dydžius į (4) lygtį, gauname, kad yra  $\beta_1 \approx 100 \text{ M}^{-1}$ .

Apytikriai įvertinta  $\beta_1$  reikšmė buvo patikslinta, atlikus visų spektrofotometrinių duomenų regresiją. Šiuo tikslu iš Cu(II), gliukonato ir sulfato materialaus

balanso lygčių buvo apskaičiuotos komponentių koncentracijos, kurios įrašytos į (5) lygtį. Taip gauti  $A_{\max}$  palyginti su atitinkamais eksperimentiniais duomenimis. Optimizacijos rezultatai parodyti 4 paveiksle.



4 pav.  $A_{\max}$  priklausomybė nuo bendrosios ligando koncentracijos tirpaluose, kurių pH 4,0. Taškai – eksperimentiniai duomenys, ištinė linija – skaičiavimų, naudojant nurodytas konstantas, rezultatas

Patikslinta  $\log \beta_1$  reikšmė yra lygi  $2,2 \pm 0,05$ . Analogiški literatūros duomenys patenka į intervalą nuo 2,1 iki 3,0. Nustatytos konstantos logaritmo paklaida neturėtų viršyti 0,05, tačiau ją sunku tiksliau įvertinti, kadangi egzistuoja tam tikra koreliacija tarp  $\beta_1$  ir  $\beta_1^{\text{H}}$  reikšmių. Skaičiavimai parodė, kad padidinus vieną, o po to kitą konstantą galima gauti praktiškai tą pačią  $A_{\max}$  priklausomybę nuo  $c_L$ .

## 2. Kompleksų ir ligandų susiskirstymas CuSO<sub>4</sub> ir gliukono rūgšties tirpaluose

Kadangi šiuo metu dar nėra sukurta eksperimentinių metodų, kuriais būtų galima nustatyti visų dalelių pusiausvyros koncentracijas, kompleksų ir ligandų susiskirstymą tirpalo tūryje tenka skaičiuoti, naudojant materialaus balanso lygtis. Pastarosios – tai tam tikrų dydžių, vadinamų bendrosiomis koncentracijomis, matematinės išraiškos. Jei, pavyzdžiui, gaminant vieną litrą tirpalo, buvo ištirpinta  $p$  molių CuSO<sub>4</sub>,  $q$  molių ligando ir  $r$  molių foninio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) elektrolito, tai bendrosios Cu(II), ligando ir fono koncentracijos yra tokios:  $c_{\text{Cu(II)}} = p$ ,  $c_L = q$ ,  $c_F = r$ . Būtent jos ir nurodomos.

Aišku, kad, įvykus cheminėms sąveikoms tarp ištirpintų medžiagų ir nusistovėjus pusiausvyroms, susidarys tam tikras įvairių dalelių kiekis. Pavyzdžiui, Cu<sup>2+</sup> jonai sudarys kompleksus CuL<sup>+</sup> ir CuSO<sub>4</sub>. Tada

$$c_{\text{Cu(II)}} = [\text{Cu}^{2+}] + [\text{CuL}^+] + [\text{CuSO}_4]. \quad (12)$$

Analogiškai bendroji ligando koncentracija yra lygi:

$$c_L = [\text{CuL}^+] + [\text{L}^-] + [\text{LH}]. \quad (13)$$

Pagaliau materialaus balanso lygtį reikia užrašyti ir sulfatui:

$$c_{\text{sulf}} = [\text{CuSO}_4] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{HSO}_4^-]. \quad (14)$$

Atkreipsime dėmesį, kad bendroji sulfato koncentracija yra dviejų dydžių suma:

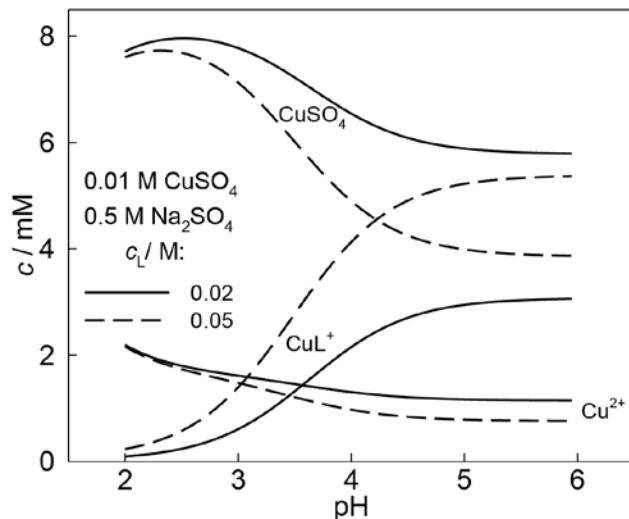
$$c_{\text{sulf}} = c_{\text{Cu(II)}} + c_{\text{F}} \quad (15)$$

Atlikti skaičiavimai parodė: kai tirpalų  $\text{pH} < 4$ , reikia atsižvelgti ir į hidrosulfatų susidarymo galimybę.  $\text{HSO}_4^-$  jonų stabilumą apibūdina konstanta

$$K_{\text{H}} = \frac{[\text{HSO}_4^-]}{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}, \quad (16)$$

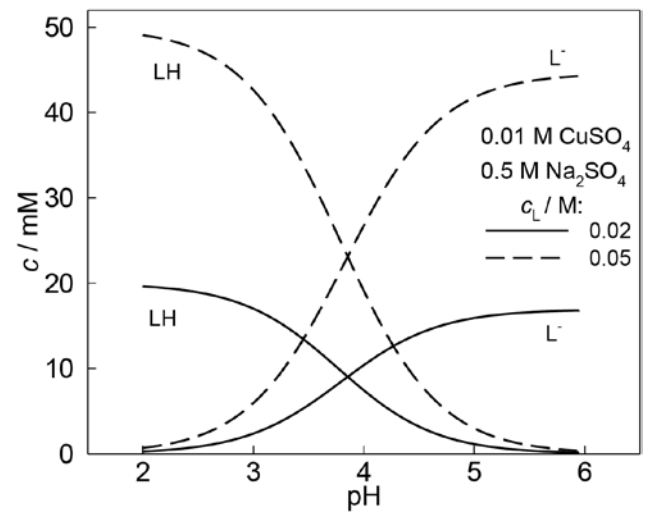
kurios reikšmė, lygi 30, buvo parinkta, peržiūrėjus žinyrų [7, 11] duomenis, geriausiai atitinkančius šiame darbe naudotų tirpalų jonines jėgas. Įrašius į (12)-(14) lygtis kai kurių dalelių koncentracijas, gautas iš stabilumo konstantų išraiškų (2), (4), (10) ir (16), galima sudaryti 3-jų lygčių sistemą, kurioje yra 3 nežinomieji:  $[\text{Cu}^{2+}]$ ,  $[\text{L}^-]$  ir  $[\text{SO}_4^{2-}]$ . Nustačius šiuos dydžius, kitų dalelių koncentracijos lengvai gaunamos, naudojant (2), (4), (10) ir (16) išraiškas. Taip suformuluotas uždavinys buvo sprendžiamas, naudojant programas, parašytas BASIC programavimo kalba. Atliktų skaičiavimų rezultatai pateikti šiame darbe.

Pirmiausia panagrinėsime, kaip susiskirsto  $\text{Cu(II)}$  kompleksai, atsižvelgiant į tirpalų  $\text{pH}$ . Du atvejai, atitinkantys nedidelį ir žymų gliukono rūgšties perteklių, yra parodyti 5 paveiksle. Rezultatai nepriklauso nuo  $c_{\text{L}}$  dydžio, išlieka tos pačios tendencijos: didinant  $\text{pH}$ ,  $\text{CuL}^+$  koncentracija auga, o asociato  $\text{CuSO}_4$  kiekis krenta. Šį dėsningumą lemia aktyviosios ligando formos  $\text{L}^-$  atspalaidavimas iš  $\text{LH}$  molekulės.  $\text{CuL}^+$  kompleksų susidaro daugiau ir tada, kai didinamas gliukono rūgšties kiekis. Kadangi sistemoje tarpusavyje konkuruoja du ligandai ( $\text{L}^-$  ir  $\text{SO}_4^{2-}$ ), sulfatinių kompleksų kiekis atitinkamai sumažėja. Atkreiptinas dėmesys į tai, kad pakankamai rūgščiose terpėse, kai  $\text{pH} < 2,5$ ,  $\text{CuSO}_4$



5 pav.  $\text{Cu(II)}$  kompleksų susiskirstymo priklausomybės nuo  $\text{pH}$ . 0,01 M  $\text{Cu(II)}$  ir 0,5 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tirpalai su 0,02 (ištisinės linijos) ir 0,05 M (punktinės linijos) gliukono rūgšties priedais

koncentracija vėl mažėja, nes geroka sulfato dalis yra surišama į  $\text{HSO}_4^-$  (7 pav.).

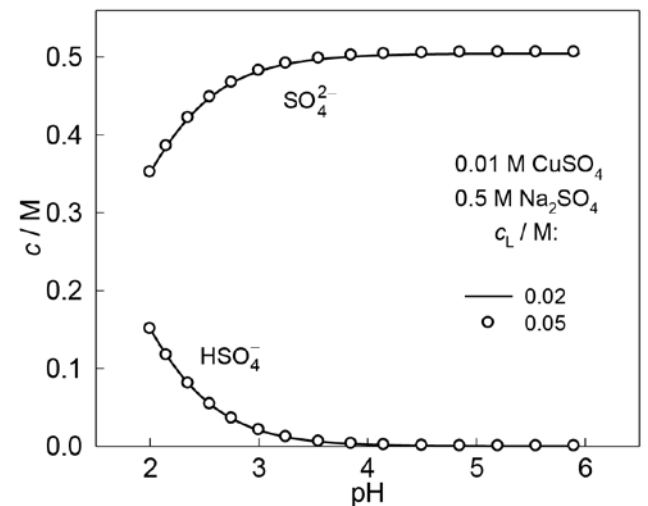


6 pav. Gliukono rūgšties  $\text{LH}$  ir gliukonato anijono  $\text{L}^-$  koncentracijų priklausomybė nuo nurodytos sudėties tirpalų  $\text{pH}$ . Bendroji ligando koncentracija  $c_{\text{L}}$  yra lygi 0,02 (ištisinės linijos) ir 0,05 M (punktinės linijos)

Laisvo ligando formų susiskirstymas  $\text{Cu(II)}$  tirpaluose (6 pav.) turi klasikinį pavidalą ir iš esmės nesiskiria nuo susiskirstymo vien tik gliukono rūgšties tirpale. Mažėjant tirpalų rūgštingumui, intensyvėja molekulinės ligando formos  $\text{LH}$ , nesudarančios kompleksų su  $\text{Cu(II)}$ , disociacija. Iš (9) išraiškos matyti, kad abiejų ligando formų ( $\text{LH}$  ir  $\text{L}^-$ ) koncentracijos susilygina, kai  $\text{pH} = -\log \beta_1^{\text{H}} - \log \gamma_{\text{H}^+}$ , t.y., kai  $\text{pH} = 3,85$ .

Kadangi nagrinėjamoje sistemoje yra sulfato perteklius, apie 10 kartų didesnis už kito ligando (gliukono rūgšties) kiekį, sulfato ir hidrosulfato koncentracijos praktiškai nepriklauso nuo  $c_{\text{L}}$  (7 pav.).  $\text{HSO}_4^-$  kiekis pradeda didėti tik pakankamai rūgščiose terpėse, kai  $\text{pH} < 4$ . Praktiškai į šio anijono susidarymą pakaktų atsižvelgti tada, kai  $\text{pH} \leq 3$ .

Gavus duomenis galima padaryti tam tikras išvadas apie sistemos sukomplesinimo lygį. Pagal apibrėži-



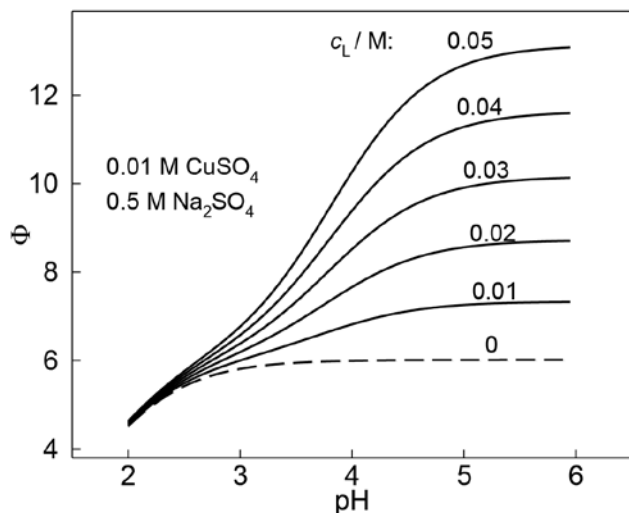
7 pav. Sulfato ir hidrosulfato susiskirstymas nurodytos sudėties tirpaluose. Bendroji ligando koncentracija  $c_{\text{L}}$  yra lygi 0,02 (ištisinės linijos) ir 0,05 M (taškai)

mą šis dydis yra bendrosios metalo koncentracijos ir „laisvų“ metalo jonų (akva-kompleksų) koncentracijos santykis:

$$\Phi = c_{\text{Cu(II)}} / [\text{Cu}^{2+}]. \quad (17)$$

$\Phi$  priklausomybės nuo pH, apskaičiuotos įvairių sudėčių tirpalams, yra parodytos 8 paveiksle. Pirmiausia galima teigti, kad sistemos sukomplesinimas nėra aukštas. Tai, beje, matyti ir 5 paveiksle, nes visų trijų Cu(II) dalelių koncentracijos yra tos pačios eilės dydžiai. Antra išvada susijusi su tirpalais be gliukono rūgšties: plačiu pH intervalu  $\Phi$  nėra labai žemas ir siekia ~ 6 (punktūrinė linija 8 paveiksle). Tai parodo, kad sistema yra gerokai sukomplesinta ir  $\text{Cu}^{2+}$  jonų kiekis sumažėjęs. Taigi galima aiškintis, kodėl  $\text{CuSO}_4$  tirpalų aktyvumo koeficientai ( $\gamma$ ), pateikiami žinyuose, yra žemi: kai tirpalo joninė jėga  $I \approx 1$ ,  $\gamma \approx 0,07$ . Taigi, 0,01 M  $\text{CuSO}_4$  su atitinkamu foninio sulfato priedu  $\text{Cu}^{2+}$  jonų aktyvumas  $a \approx 0,0007$  M.

Žemos  $\gamma$  reikšmės yra gautos manant, kad  $\text{CuSO}_4$  disocijuoja. Įvertinę  $\text{CuSO}_4$  kompleksų susidarymą, matome, kad taip nėra ir  $\text{Cu}^{2+}$  jonų koncentracija apie 6 kartus mažesnė už  $c_{\text{Cu(II)}}$ . Taigi, norint gauti tokį patį šių jonų aktyvumą ( $a \approx 0,0007$  M.), anksčiau pateiktą  $\gamma$  reikšmę reikia padidinti 6 kartus iki  $\gamma \approx 0,4$ . Tokia reikšmė nebeatrodo anomali; šios eilės dydžiai pateikti (3) tipo lygtyje.



8 pav.. Nurodytos sudėties tirpalų sukomplesinimo priklausomybė nuo pH. Bendroji ligando koncentracija yra nurodyta prie kreivių

Pabaigoje įvertinsime, kokių pusiausvyrinio potencialo ( $E_{\text{eq}}$ ) pokyčių galima tikėtis tiriamoje sistemoje. Iš Nernsto ir (17) lygčių nesunku gauti, kad

$$\Delta E_{\text{eq}} = \frac{RT}{nF} \Delta \ln \Phi. \quad (18)$$

Ši sąsaja ir 8 paveikslo duomenys atskleidžia keletą būdingų skaičių. Jei, pavyzdžiui, į 0,01 M  $\text{CuSO}_4$  tirpalą su 0,5 M foninio sulfato įdėsime 0,05 M gliukono rūgšties,  $E_{\text{eq}}$  pokyčiai bus lygūs 2, 7 ir 10 mV, kai tirpalų pH yra atitinkamai 3, 4 ir 5.

## Išvados

1. Kai gliukono rūgšties koncentracija nekinta, didinant tirpalo pH nuo 3 iki 5,  $\Delta E_{\text{eq}}$  sudarys tik 4 mV ( $c_L = 0,02$  M) arba 8 mV ( $c_L = 0,05$  M). Vadinas, pusiausvyrinio potencialo pokyčiai turėtų būti gana maži.
2. Išsiaiškinta, kad sistemos sukomplesinimas nėra aukštas. 5 paveiksle matyti, kad visų trijų Cu(II) dalelių koncentracijos yra tos pačios eilės dydžiai.
3. Plačiame pH intervale  $\Phi$  nėra labai žemas ir siekia ~ 6. Tai parodo, kad sistema yra gerokai sukomplesinta ir  $\text{Cu}^{2+}$  jonų kiekis atitinkamai sumažėjęs.

## Padėka

Autorė dėkoja Fizinių ir technologijos mokslų centro Elektrocheminės medžiagotyros skyriaus profesoriui habil. dr. Arvydui Survilai už bendradarbiavimą ir konsultacijas.

## Literatūra ir kiti šaltiniai

1. Akilan, C. Thermodynamic and related studies of aqueous copper(II) sulfate solutions. *Ph.D. Thesis*. Murdoch University, Australia, 2008.
2. Blomqvist, K.; Still, E. R. *Anal. Chem.* 57, 749, 1985.
3. Būdienė, J.; Survilienė, A.; Survila, A. *Russ. J. Electrochemistry*. 40, 394, 2004.
4. Davies, C. W. *Ion Association*. London: Butterworths, 1962.
5. Escandar, G. M., Sala, L.F. *Can. J. Chem.* 70, 2053, 1992.
6. Escandar, G. M.; Peregrin, J. M. S.; Sierra, M. G.; Martino, D.; Santoro, M.; Frutos A. A.; Garcia, S.I.; Labadie, G.; Sala, L. F. Interaction of divalent metal ions with gluconic acid in the solid phase and aqueous solution, *Polyhedron*. 15, 2251, 1996.
7. Gluconic acid and derivatives. *SIDS Initial Assessment Report for SIAM 18*. Paris, France, 20–23 April, 2004.
8. Martell, A.E.; Smith, R. M. *Critical Stability Constants*. N. Y.: Plenum Press, 1976, V. 4.
9. Pecsok, R. L.; Juvet, Jr. The gluconate complexes. I. Copper Gluconate Complexes in Strongly Basic Media, *Journal American Chemical Society*, 1955, volume 77, p. 202.
10. Rajan, K. S.; Martell, E. J. *Inorg. Nucl. Chem.* 29, 463, 1967.
11. Sawyer, D. T. Metal-Gluconate Complexes, *Chemical Reviews*, 633, 1964, p. 64.
12. Sillen, L. G.; Martell, A. E. Stability Constants of Metal-Ion Complexes. *Spec. Pub. N 17 and 25*. L: Chemical Society, 1964, V. 1; 1971, V. 2.
13. Uljanionok, J.; Jagminienė, A.; Survila, A. *Chemistry*. 20, 89, 2009.
14. Uljanionok, J.; Survila, A. *Chemistry*. 20, 84, 2009.
15. Visdomini, M. J. *Coord. Chem.* 12, 307, 1983.
16. Мищенко, К. П.; Равель, А. А. *Краткий справочник физико-химических величин*. Москва, Ленинград: Химия, 1965.
17. Ред. т.з.; Никольский, Б. П.; Пирогов, О. Н.; Позин, М. Е. и др. *Справочник химика*. Москва, Ленинград: Химия, 1964.



## GLUCONIC ACID AND STEADY $\text{CuSO}_4$ SOLUTIONS CHARACTERISTICS

Jolanta Pileckienė

*Vilnius College of Technologies and Design*

**Abstract.** Then we analyze the electromechanical conversion of kinetics and mechanism of Cu (II) in the complex systems, firstly it is necessary to have reliable information about the composition of the testing solution. In the process of electrolysis various particles that exist in the volume of solvent, are involved in the mass transport processes. In general case, chemically

interacting of participle mass transport quantitative description is quite complex, so there is a need to simplify it as much as possible. Partly, this can be achieved by eliminating the effects of migration, imposing into the solution an excess of phonic electrolyte. Sulphates, that are used in that research, well suit for this case, but they cause certain additional problems. Because of  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  ions can interact quite actively, sulphates are seen as potential ligands and we must evaluate their impact to the system of complex degree. We could not find the data about sulphates influence on Cu(II) stability in the literature, so we had to carry out experimental research.

**Key words:** gluconic acid, complex systems, ligands.

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

В. И. Попов, В. Скуднов, А. Васильев

**Аннотация.** В работе рассматривается имитационное моделирование и экспериментальные исследования гетерогенной сети передачи речевой информации и цифровых данных, которая включает цифровые и VOIP телефоны, IP-Ethernet соединения с локальными компьютерными сетями, SDH/PDH коммутационное оборудование, сеть SDH (на уровне STM-1). Разработанная сеть, с одной стороны, обобщает современные технологии, используемые в телекоммуникационных системах, а с другой, используется в институте железнодорожного транспорта РТУ в лабораторном практикуме по дисциплине «Системы связи на железнодорожном транспорте».

## Определения

**Сеть связи представляет – совокупность оконечных и промежуточных пунктов (узлов), соединяющих их каналов и линий связи, коммутирующих, уплотняющих и управляющих устройств.** Обычно для изучения структурных свойств сетей ее представляют в виде графа, в котором: – *узлы* соответствуют пунктам сети; – *ребра* сети – соответствуют пучкам каналов или линий связывающих узлы (пункты) сети.

При установлении соединений в сети образуется *путь*, как упорядоченный набор ребер и узлов. Число ребер, входящих в путь (при соединении узлов) называется *рангом пути*. Путь, намеченный для передачи сообщений между соответствующей парой узлов называют *маршрутом*. Структура сети характеризуется *связностью*, под которой понимают минимальное число независимых путей между парой узлов сети.

## Постановка задачи

Перед разработчиками была поставлена задача: разработать топологию и реализовать на практике гетерогенную сеть, которая бы включала:

- ребра сети: одномодовые оптические кабели ( $\lambda = 1,31$  мкм,  $\mu = 0,22$  дБ/км), медные коаксиальные (волновое сопротивление 70 Ом) кабели и витые пары (волновое сопротивление 120 Ом);
- узлы сети: электрические и оптические мультиплексоры (SIEMENS SURPASS hiT7020), коммутаторы (AloeSystem MVTs Softswitch и Digium Asterisk Softswitch)
- терминальное оборудование сети: цифровые телефонные аппараты и VOIP телефоны (Cisco ATA-186 SIP, Zoiper и CounterPath X-Lite), компьютеры мониторинга и контроля сети (программное обеспечение TNMS-M SURPASS hiT7020

3.2.2 LCT), цифровые анализаторы (Advanced Network Tester «SDH Version» ANT-20 производитель WavetekWandelGoltermann) и тестер (Optical powermeter);

- интерфейсы сети: для оптического соединения STM использованы SC-коннекторы, для оптического подключения к анализатору и тестеру использовались FC-коннекторы. Для медных кабельных подключений использовались BNC-коннекторы – для коаксиала и RJ45/RJ12 – для витой пары.

## Реализация топологии и принцип действия гетерогенной сети.

На рис 1 показана разработанная гетерогенная сеть:

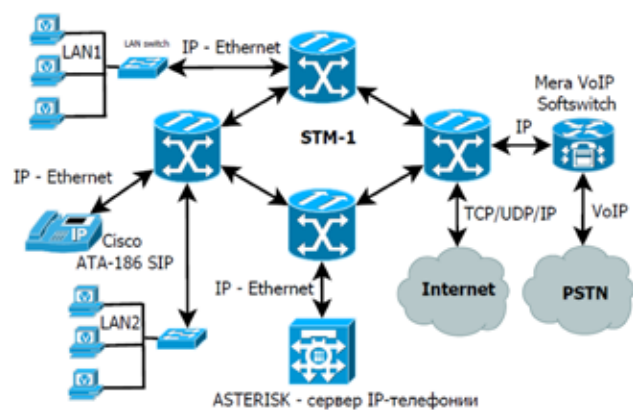


Рис.1

Сеть включает четыре оптических мультиплексора (SIEMENS SURPASS hiT7020) соединённых в оптическое кольцо и образующих первичную оптическую STM-1 сеть. К данным мультиплексорам через электрические интерфейсы подключены терминальные устройства: персональные компьютеры, VoIP-телефоны, коммутаторы (softswitch) и маршрутизаторы для выхода в глобальную сеть.

## Принцип действия

### 1. Передача речевых сигналов в сети.

Вызов и передача речевых сигналов осуществляется от VoIP телефонов через STM-1 сеть к AsteriskSoftswitchкоммутатору для обработки и маршрутизации. AsteriskSoftswitchосуществляет основные функции телефонной станции (PBX) и через сеть STM-1реализует вызов к AloeSystem MVTS Softswitch для маршрутизации и выхода в ТфОП сеть.

### 2. Передача данных в сети.

Передача данных происходит от персональных компьютеров из локальной сети LAN1 через STM-1сеть на граничный маршрутизатор глобальной сети интернет (BGP Router). Компьютеры стыкованы в локальные сети с подключением к SDH модулям черезEthernet интерфейсы.

## Методы мониторинга и измерений.

### 1. Методы мониторинга и измерений при передаче речевых сигналов

Для проведения измерений спектров аналоговых речевых сигналов было использованы два компьютера с программным обеспечением AdobeAudition2.0.Для приема аудио сигнала использовался программный VoIP SIP телефон Zoiper – TA1связанный с аудио входом персонального компьютера в LAN1. На этом же компьютере установлено программное обеспечение для спектрального анализа речевого сигнала AdobeAudition 2.0. Аналоговый сигнал от микрофона подавался на аудио вход PC1,при этом реализовывались два процесса – спектральный анализ данного аналогового сигнала и (при передаче в сеть) его дискретизация, кодирование и компрессия (использовались кодеки G.711, ilbc, GSM, G.729). Далее сигнал передавался на PBX Asteris для обработки через STM-1. После коммутации на PBX вызов направлялся к вызываемому абоненту через сеть STM-1, на программный VoIP SIP телефон Zoiper, кото-

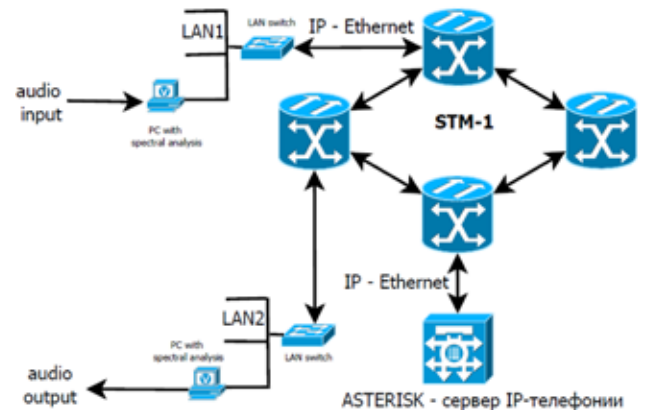


Рис.2.

рый связан с персональным компьютером PC2 в LAN2. После цифро-аналогового преобразования выходной аналоговый речевой сигнал поступал в телефонную трубку и на аудио вход PC2, при этом реализовывался спектральный анализ выходного речевого сигнала. На рис. 2 показана схема полного прохождения тракта TA1-LAN1-STM1-LAN2-TA2.

### 2. Методы мониторинга и измерений при передаче данных

Для экспериментов при передаче данных через STM-1 сеть использовали несколько персональных компьютеров, подключенных к различным STM модулям (SIEMENS SURPASS hiT7020). Данные проходили через Ethernet интерфейсы из локальных сетей (LAN1), мультиплексировались и отправлялись в STM-1 сеть в виде структурированных виртуальных контейнеров VC-4 и после прохождения через STM-1кольца демультиплексировались на необходимом узлом модуле и выходили в локальную сеть назначения (LAN2).Компьютерв LAN1 с установленным программным обеспечением NMS-M SURPASS hiT7020 3.2.2 LCTобеспечивал мониторинг прохождения трафика в сети STM-1. На рис.3, показан пример отображения в анализаторе процесса мультиплексирования в STM-1(использовалось программное обеспечениеTNMS-M SURPASS hiT7020 3.2.2 LCT).

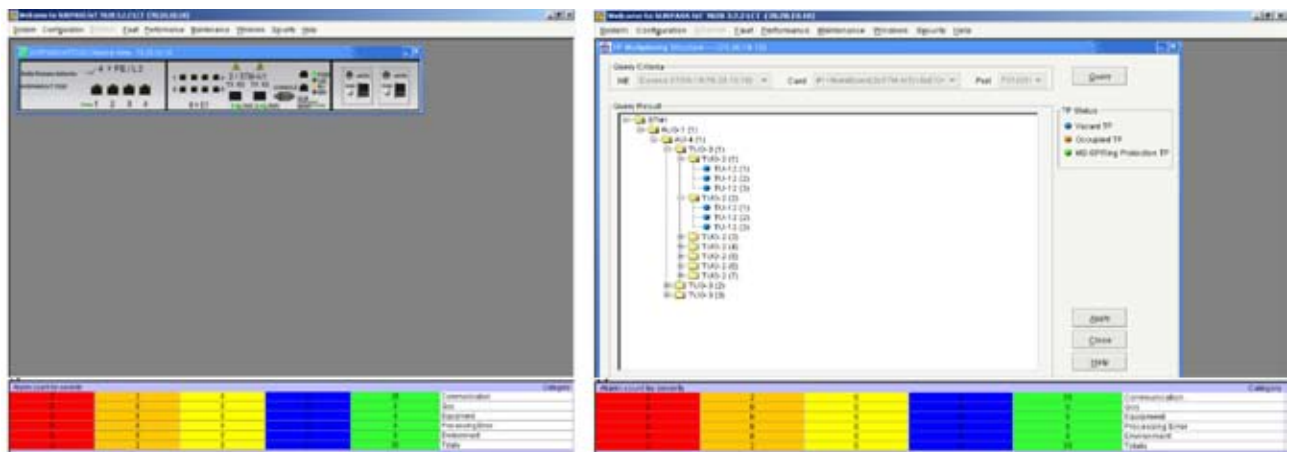


Рис. 3.

## Выводы

Разработанная современная гетерогенная сеть внедрена в учебный процесс в институте железнодорожного транспорта (DzTI) РТУ и позволяет студентам приобрести практические навыки в разработке, формировании, мониторинге, контроле, в измерениях и в обслуживании современных гетерогенных сетей, в которых используются перспективные технологии.

К основным достоинствам данной сети можно отнести:

1. Простые процессы мультиплексирования.
2. Легкий доступ к различным сигналам в мультиплексации с высокой скоростью передачи данных.
3. Гибкий и эффективный доступ в сеть.
4. Система поддержки и контроля Network ManagementSystem (OAM&P) – служебные биты для определения неисправностей, удаленное конфигурирование, мониторинг производительности, безопасности и управленческий учет.
5. Стандартный интерфейс может поддерживать несколько межсетевых поставщиков, международных соединений и множество различных услуг:
  - 5.1. пропуск потоков с коммутацией каналов (E1/E3) для обеспечения телефонной связи между PBX и ТфОП по различным телефонным протоколам (DSS1, BRI, PRI), а также с использованием общеканальной системы сигнализации №7 (CSS7);
  - 5.2. пропуск потоков семейства технологий пакетной передачи данных для компьютерных сетей (FastEthernet) и использование протоколов маршрутизации TCP/UDP/IP для соединения локальных и магистральных компьютерных сетей, а также для выхода в глобальную сеть (Internet).
  - 5.3. возможность объединения или подключения имеющейся STM-1 сети к другим SDH сетям с использованием стандартного оптического STM1/STM4SC-подключения для географического расширения точек доступа и увеличения портов для клиентского соединения.
6. При подключении к сетевому узлу AloeSystem MVTSoftswitch GSM/UMTS/LTE-радиомодема,

открывается возможность стыковки сети с сетями мобильной связи (LMT/Tele2/Bite).

7. При подключении E1 потока с общеканальной системой сигнализации №7 (CSS7) открывается выход в фиксированные телефонные сети публичных операторов (LDz, Lattlecom).
8. Использование протоколов VoIP (протоколы сигнализации H.323/SIP) при помощи AloeSystem MVTSoftswitch позволяет обеспечить телефонное соединение с любыми телефонными операторами в мире, посредством глобальной сети Internet.
9. Из возможных услуг доступны следующие: голосовая связь 3.1kHz с использованием кодеков речи с высоким уплотнением GSM/G.729/G.723, факсимильная связь с кодированием по протоколу T.38, видеотелефонная связь с видеокодированием по протоколам H.261/H.263.

## Заключение

Все современные телекоммуникационные сети являются гетерогенными. Поэтому возникает потребность в упрощении алгоритмов проектирования, инсталляции и мониторинга такого рода сетей. В данной работе предложен достаточно простой алгоритм создания имитационной модели неоднородной телекоммуникационной сети, включающей различные среды передачи, элементы и интерфейсы системы передачи речевых сигналов и цифровых данных.

## Литература

1. Popovs V. Šķiedru optisko sakaru līnijas transportā. Rīga: RTU DzTI, 2010, 63.lpp.
2. Popovs V. Sinhronas ciparu hierarhija. Rīga: RTU DzTI, 2006/2008, 53. lpp.
3. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. М.: Эко-Трендз, 2000, 267 с.
4. Шмалько А.В. Цифровые сети связи: основы планирования и построения. Москва: Эко-Трендз, 2001, 282 с.
5. Гринфилд Д. Оптические сети. К.: ООО «ТИД ДС», 2002, 256 с.
6. Скуднов В. Гетерогенная телекоммуникационная сеть фирмы SOTUS. Riga-Kaliningrad-Frankfurt-am-Main, 2014.
7. Popovs V., Skudnovs V., Vasiljevs A. Modeling of modern heterogeneous data networks. RTU starptautiskā zinātniskā konference, Transporta sekcija, 2014.g. 14. līdz 17. Oktobri

# SOCIOLOGINĖS, ANTROPOLOGINĖS PERSPEKTYVOS Į INTERJERĄ POREIKIS DIZAINO EDUKACIJOJE

Dalia Čiupailatė

Vilniaus universitetas

**Anotacija.** Interjero dizainerių kuriamos erdvės gali būti sėkmingos arba ne, vertinant ne vien jų estetiką ar siaurai suprantamą funkcionalumą. Interjerai yra erdvinės struktūros, praplečiančios ir ribojančios žmonių veiklą, įkūnijančios socialinius vaidmenis ir santykius, perteikiančios socialinių vertybių sistemas, kuriančios prierašumo prie vietos jausmą. Šie apibūdinimai gali būti analizuojami, pasitelkiant socialinių mokslų suteikiamas kompetencijas. Interjerų kaip socioerdvinių santykių sistemų pobūdis kelia poreikį formuoti dizainerių supratimą apie tai, kaip veikia erdvė – socioerdvinė visuma, kaip interjerai tampa socialinius santykius formuojančiomis prasminėmis sistemomis, nebūtinai tai darančiomis ta linkme, kurią numatė erdvės kūrėjas. Tai kelia poreikį ugdyti ne tik technines bei estetines, bet ir socialines bei analitines dizainerių kompetencijas. Todėl straipsnyje akcentuoju sociologinės, antropologinės perspektyvos į interjero kūrimą poreikį. Tam suformuluoju sociologine, antropologine erdvės samprata grįstą erdvės analizės koncepcinį karkasą interjero dizaino kontekste, siedama Henri Lefebvre, Michel de Certeau erdvės sampratą, erdvės sintaksės ir fenomenologinę perspektyvą ir pabrėždama socialinių daikto reikšmių interjere visetą. Straipsnyje pritariu pozicijai, jog interjero dizaineriai, erdvės specialistai, savo profesinę veiklą turi suvokti kaip profesionalo ir tarpininko pozicijos užėmimą, atsižvelgdami į interjero kaip socialiai transformuojamo pobūdį ir socialiai transformuojantį interjero poveikį.

**Svarbiausios sąvokos:** interjeras, erdvė, erdvės antropologija, erdvės sintaksė, dizaino edukacija.

## Įvadas

Straipsnio tikslas – pristatyti galimybes pasitelkti sociologinę, antropologinę perspektyvą interjero dizaino edukacijoje. Pagrįsdama socialinių mokslų teikiamų kompetencijų reikšmę interjero dizaino edukacijoje, visų pirma pristatysiu sociologijoje ir antropologijoje pateikiamą erdvės sampratą. Antra, išskleisiu, kokiais pjūviais ši erdvės samprata tampa prasminga interjere ir kokiais būdais ji gali būti suvokiama bei tiriama. Iliustruosiu, kaip erdvės formuotojų priimami sprendimai veikia interjerų naudojimą ir interjerų kuriamus socialinius efektus. Pristatydama savo požiūrį į sociologinę, antropologinę perspektyvos poreikį interjero edukacijoje, remiuosi prancūzų sociologų ir filosofų, skyrusių daug dėmesio erdvei, Henri Lefebvre [15; 16] ir Michel de Certeau [5] idėjomis, papildytomis erdvės sintaksės perspektyva bei daiktų kaip socialinių veikėjų ir socialinių reikšmių talpyklų samprata. Remdamasi šiomis perspektyvomis suformuluoju erdvės ir objektų interjere suvokimo bei analizės konceptualinę schemą. Siūlomą koncepciją grindžiu patirtimi, sukaupia tiriant įvairaus pobūdžio viešas miesto erdves ir interjerus, architektūros sociologijos tyrimų pavyzdžiais.

Erdvės profesionalai turi galios, žinių ir gebėjimų kurti erdves. Interjerai – tai artimiausia aplinka, kurioje žmonės gyvena, juda, veikia. Interjero erdvės struktūra, daiktai praplečia ir riboja žmonių veiklą, įkūnija socialinius vaidmenis ir santykius, perteikia socialinių vertybių sistemas, kuria prierašumo prie vietos jausmą. Interjerai suteikia galimybę veikti ir kuria kontrolę. Vadinasi, interjero dizaineriui svarbu suprasti, kaip žmonių veikla lokalizuotina erdvėje, suvokti žmones kaip judančius, sąveikaujančius, socialines pozicijas užimančius, gyvenamąjį pasaulį įprasminančius būtybes. Interjero dizaineriai kuria erdves žmonėms. Interjero sėkmė ar vertė dažnai siejama su estetiniais pasirinkimais,

funkciniais sprendimais<sup>1</sup>. Tačiau erdvės gali būti sėkmingos ir nesėkmingos, patogios ir nepatogios, daryti didesnę socialinę poveikį negu galima įžvelgti vien iš estetinių ir stilistinių sprendimų. Interjerai yra erdvės socioerdvine ar sociologine, antropologine prasme. Jie patys veikia tai, kaip yra naudojami ir kokias socialines pasekmes sukuria.

Toks interjero kaip erdvės apibrėžimas gali skambėti keistai arba savaime suprantamai. Tačiau sociologinės, antropologinės erdvės sampratos apibrėžimas skiriasi nuo geometrinės erdvės sampratos. Erdvė nėra tuščias plotas, kuris gali būti papildomas daiktų, tai socioerdvinė santykių visuma. Daiktų panaudojimas interjere intuityviai atpažįstamo, įprasto funkcionalumo prasme (ant kėdės patogų atsistėti, spintelės tinkamame aukštyje (kam toks aukštis tinka?) taip pat yra nepakankamas būdas įvertinti interjero prasmę, o kartu ir jo sėkmę. Tam reikia suprasti, kas yra erdvė; kokiais būdais erdvė veikia, gali būti analizuojama ir kuriama; kokių dilemų iškyla ją kuriant; koks daiktų ir žmonių vaidmuo bei vieta erdvėje, kaip atskleidžiama žmonių ir erdvės sąveika.

## Sociologinė, antropologinė erdvės samprata

Kalbant apie erdvę verta pasiremti Walterio Benjamino [2; p. 240] išvalga, jog erdvės „receptija esti išsiblaškęsi ir kolektyvi“. Vadinasi, dažnai suvokiame erdvę, kurioje gyvename, kaip savaime suprantamą ir jos nebepastebime. Žmonės dažnai nesusimąsto apie

<sup>1</sup> Lietuvoje rengiamuose interjero konkursuose toks vertinimas dažniausias. Pavyzdžiui, Lietuvoje vykusio interjero konkurso „Metų paletė“ kriterijai yra „originalumas ir kūrybingumas“, „estetinių, funkcionalumo, higienos ir saugumo reikalavimų įgyvendinimas“, „profesionalus atlikimas“ (žr. [www.metupaletė.com](http://www.metupaletė.com)). „Metų interjeras. Auksinė paletė“ apdovanojimai teikiami už spalvinius sprendimus, apšvietimo projektą, išmaniųjų technologijų naudojimą ir pan. (žr. [www.interjeras.lt](http://www.interjeras.lt)).



erdvę ir negali kalbėti apie ją, diskursyviai reflektuoti erdvės sandaros ir to, kaip ji juos veikia. Habitualizuo- jame aplinką ar, kitaip tariant, taip įprantame prie jos, jog reikia didelio dėmesingumo, kad tą aplinką pama- tytume, refleksyviai suvoktume, juo labiau suprastume, kaip jos organizacija veikia žmonių judėjimą, tarpusa- vio sąveiką, vaidmenis erdvėje ar, kitaip tariant, erdvi- nes praktikas. Dizaino specialybės užduotis – kurti er- dves, eksperimentuoti kuriant „sėkmingiausias vietas“. Kaip siūlo Henri Lefebvre [15; p.151], reikia experi- mentuoti, kuriant erdves, nagrinėjant konkrečias jų implikacijas ir pasekmes. „Jos gali nustebinti. Kokios yra ir kokios galėtų būti sėkmingiausios vietos? Kaip jos galėtų būti atrastos? Kokiais kriterijais remiantis? Koks dienos laikas ir ritmai įrašyti ir prirašyti šiose „sė- kmingose“ erdvėse, palankiose laimei. Tai yra įdomu.“ Arba, pasak Dovey [6; p. xii], vietų dizainas visada, kad ir nedideliu masteliu, – pasaulio keitimas.

Tačiau žmonių santykis su erdve ar erdvės povei- kis yra nevienareikšmis. Viena vertus, erdvė, aplinka kuria nuolatinį foną, kuriame gyvename, struktūruo- dama žmonių praktikas (kaip atskleidžia nagrinėda- mi konkrečias erdves Dovey [6]; Lefebvre [16]; Koch [12]). Kita vertus, žmonės sugeba prisitaikyti, priprasti prie beveik bet kokių erdvių. Trečia, kaip aptarsiu vė- liau, – žmonėms būtina nors ir nedideliu mastu pakeis- ti erdves, kad jos taptų prasmingos. Tai kelia klau- simų tiek dėl erdvės analizės, tiek jos formavimo. Ne tik nepaisant to, bet kaip tik todėl, jog suvokiame erdves išsiblaškę, erdvės profesionalo vaidmuo kuriant erdvių dizainą tampa labai svarbus. Erdvės ne tik gali būti jų naudotojams mielos arba nemielos, patogios arba nepatogios, tačiau jos taip pat skatina tam tikrus žmonių sąveikos ir atskyrimo būdus, praplečia vienokias ir ri- boja kitokias sąveikas.

Erdvių patogumas, kaip ir jaukumas ar juo labiau grožis, nėra universalios ar objektyvios savybės – jos sąveikauja su sociokultūrinėmis vertėmis ir asmenine erdvės patirtimi bei nuostatomis. Negalima suformu- luoti vieno, visoms erdvėms tinkančio apibendrinto instrukcijų rinkinio, kaip sukurti „sėkmingą“ erdvę. Nepaisant to, esama erdvės analizės prieigų, suteikian- čių galimybę suprasti, kaip erdvės veikia. Greta šių pri- eigų galima formuoti didesnę deskriptyvinę supratimą, kodėl erdvės veikia taip, kaip jos veikia, bet visada išlie- ka atviras klausimas, kaip reikėtų ar vertėtų formuoti erdves. Erdvės konsteliacija gali sustiprinti, įtvirtinti ir normalizuoti (tai reiškia padaryti galimus ir kartu per erdvės habitualizavimą įtvirtinti kaip savaimę supran- tamus) esamus sąveikos modelius arba siūlyti naujus [9; p. 192]. Kurdama nevienodus judėjimo potencia- lus, skirtingą judėjimo tankumą, erdvė gali atspindėti ir perteikti kultūrinius modelius. Tada erdvė projek- tuojama taip, kad sustiprintų ir reprodukuotų esamą kultūrinę veiklą. Hillieris tai vadina konservatyviu er- dvės naudojimu, nes erdvė reprodukuoja esamus buvi- mo greta kontroliavimo ir struktūravimo būdus. Kitas būdas kurti potencialius socialinius modelius – for-

muojant erdvę pasirinkti tankesnius judėjimo mode- lius. Taip erdvinis tinklas priklauso nuo erdvės kūrimo praktikų, bet pats susijęs su erdvinių praktikų genera- vimu. Erdvės profesionalo užduotimi tampa tiek kurti erdves, palankias žmonių veiklai, tiek rinktis, ar erdve bus siekiama įtvirtinti egzistuojančius socialinių san- tykių modelius, ar priešingai, – siūlomi nauji sąveikos būdai.

Kaip sociologiniu, antropologiniu požiūriu supran- tama erdvė? Erdvė suvokiama ne kaip tuščias plotas, kuriame gali būti daiktų, pastatytų namų, bet kaip socialinių santykių produktas ir tuo pačiu metu juos kuriantis veiksnys. Vadinas, erdvėje steigiami ir iš- reiškiami, per erdvines struktūras materializuojasi produkcijos ir reprodukcijos santykiai. Dėl interjero priimami sprendimai yra socialiai reikšmingi ir netgi politiški. Pavyzdžiui, ar žmonės šioje erdvėje sąveikau- s, ar bus atskirti ir kokiais būdais sąveikau- s: ar prasilenks pasitaikius progai prasmingai susidurti, ar konfliktuos? Kokie vaidmenys steigiami erdvėje? Ar erdvė „hierar- chiška“ ar „demokratiška“? Visa tai perteikiama sudė- tingu erdvinio plano, reprezentacinio ženklinimo arba reprezentavimo, simbolizavimo, t. y. erdvės žymėjimo, socialinę prasmę turinčių estetinių sprendimų san- tykiu su interjero paskirtimi apimti sociokultūrinės vei- klas, paskirstytas pagal viešo ir privataus šių veiklų po- būdžio kontinuumą.

Tokią erdvės kaip socialinio reiškinio sampratą padeda išskleisti prancūzų sociologo ir filosofo Henri Lefebvre [16] erdvės apibrėžtis. Lefebvre vietoj mate- matinės erdvės apibrėžties (jo koncepcijos formulavi- mo metu vyravusios akademiniame diskurse ir iki šiol būdingos architektūrinei erdvės sampratai) pasiūlo erdvės kaip heterogeniškų, istoriškai specifinių socia- linių praktikų produkto, socialiai pagamintos ir gami- nančios arba sukurtos ir veikiančios koncepciją. Taip išplečiama erdvės, kaip fizinę ir simbolinę dimensijas apimančio reiškinio, samprata. Erdvę Lefebvre [17; p. 33] siūlo suprasti kaip sudarytą iš trijų momentų: er- dvės reprezentacijų, erdvinių praktikų ir reprezentaci- jos erdvės. Šie trys momentai visų pirma atskleidžia, jog erdvė nėra universal, vienas ir visų suvokiama vienodai. Antra, toks erdvės skirstymas į momentus suteikia galimybę identifikuoti skirtingus erdvę for- muojančius veikėjus. Trečia, galima atsieti erdvės kūri- mą ir formavimą nuo erdvės naudojimo ir perkūrimo. Ši erdvės suvokimo triada suteikia galimybę lokalizuoti interjero dizainerį, patį interjerą, interjero naudotojus tarpusavyje ir laiko atžvilgiu. Ketvirta, galima sutelkti dėmesį į dvi santykio su erdve dimensijas: a) naudoji- mą pagal erdvės suponuojamą schemą ir b) transfor- mavimą. Trys erdvės momentų apibrėžimai, kuriuos tuojau pateiksiu, susieti su erdvės, kaip produkto ir gamintojo, samprata. Erdvės kūrimas, jos naudojimas susieti ne vien su patogumo klausimais. Šie klausimai yra labai svarbūs, kai kalbame apie interjerus – jie turi būti patogūs žmonėms, organizacijoms, skirtingoms naudotojų grupėms. Tačiau erdvė įkūnija ir ideologi-

nius aspektus. Taip atsitinka todėl, kad, būdama savaime suprantama ir dažniausiai dėl šios priežasties „nematoma“, erdvė įtvirtina socialinių santykių formas, kurias apibrėžia jos planas.

Taigi, Lefebvre skiria tris erdvės momentus. Erdvės reprezentacijos – tai sugalvota erdvė. Ši samprata apima miesto planuotojų, architektų ir kitų specialistų sumanytą erdvę. Šis erdvės momentas paprastai nurodo tam tikrą tvarką. Kaip pasakytų Michel de Certeau, viskam priskiriama atitinkama (*proper*) vieta. Erdvės reprezentacijos – žemėlapiai, planai, teorijos apie erdvę, ženklai, kodai – taip pat yra diskursai apie tai, kaip ji turi būti formuojama. Kaip erdvės formuotojai, interjero dizaineriai priskirtini prie erdvės reprezentacijų kūrėjų. Panašiai kaip ir erdvės reprezentacijoms, erdviniams ryšiams, jų apibrėžimui ir reikšmei nusakyti Michel de Certeau [5; p. 117] pasitelkia vietos sąvoką. Vieta – tai bet kokia tvarka, kuria elementai yra paskirstyti pagal savo sambūvio santykius (*in relationships of coexistence*). Vietai būdinga „tinkamos vietos“ (*proper*), priskirtos lokacijos samprata. Kalbant apie interjerą kaip erdvės reprezentaciją interjeras pradinėje apibrėžtyje yra tokia vieta, kurioje paskirstyti elementai ir jiems skirta „tinkama vieta“ bendroje tvarkoje.

Erdvinės praktikos – tai „savaime suprantamai“ *suvokta* erdvė arba, kaip rašo Veronika Urbonaitė-Barkauskienė [23] „tai individualaus rutininio elgesio erdvėje modeliai ir visuotinės jos panaudos taisyklės. Erdvės praktikos apima erdvines kompetencijas ir šabloninius disciplinuojančius performansus, būdingus „teisingai“ socializuotiems individams.“ Taigi, tai veikimas pagal erdvės siūlomą planą. Miesto lygmeniu – tai visą miestą nusakančios tam tikram istoriniam laikotarpiui būdingos praktikos, susiejiančios kasdienę tikrovę ir miesto tikrovę (keliais ir tinklais, kurie atskiria ir sieja darbą, „privatų“ gyvenimą, laisvalaikį), interjero lygmeniu – tai plano ir objektų suponuojamos sąveikos.

Trečiasis erdvės momentas – reprezentacijos erdvė ar išgyventa erdvė – tai pripildyta simbolių erdvė, modifikuota ir tapusi prasminga kasdienio gyvenimo sąlygomis. Lefebvre [15; 16; 17] ir de Certeau [5] sutelkia dėmesį į tai, kaip erdvė tampa išgyventa ar gyvenama arba vieta, anot de Certeau, transformuojasi į erdvę, kai ji yra pakeičiama, praktikuojama, pripildoma istorijų, joje paliekama pėdsakų.

Taigi, interjero kūrėjai (dizaineriai ar architektai) atsakingi už vieną šių momentų – erdvės sugalvojimą. Kiti momentai nurodo erdvės naudotojo santykį su specialisto sukurta erdve. Šis santykis yra dvejopas: a) veikla pagal erdvės suponuojamus būdus (erdvinės praktikos) ir b) erdvės transformacija, tokiu būdu ji įprasminama ar pasisavinama (išgyventa erdvė).

Pirma, erdvė veikia, suponuoja tam tikrus jos naudojimo būdus, nurodančius specifines judėjimo trajektorijas, santykius tarp naudotojų, santykius su objektais, veiklos, sąveikos ir koegzistencijos (tarp žmonių, taip pat tarp žmonių ir daiktų) tokioje sugalvotoje ar

suplanuotoje, suformuotoje erdvėje lūkesčius ir normas (labai supaprastinus, jei aš nematau kito besimo-kančio žmogaus bibliotekoje, nes jį nuo manęs skiria knygų sienelė, o patekimas į biblioteką nesusietas su skirtingų lygmenų perėjimo ritualais, nurodančiais, jog patenku į „kitokią“ erdvę, kurioje reikalaujama atitinkamo elgesio, aš galiu kalbėtis garsiai; jei kėdės yra nepritvirtintos ir laisvai išdėstytos erdvėje, aš galiu jas imti ir neštis). Erdvinės praktikos beveik visada yra nesąmoningos. Kaip rašo Pierre Bourdieu [3; 188], „sėkmingiausiai veikia tie ideologiniai efektai, kurie nesiremia žodžiais ir neprašo nieko daugiau, negu pritariančios tylos“. Erdvė kaip prielaida struktūruoja socialinius santykius nuo paprasto stovėjimo eilėje [7] iki Lefebvre [16] analizuojamų funkcionalistinės urbanistikos nubrėžiamų erdvių praktikų. Interjero dizainerio ar architekto sukurta, suplanuota, objektų pripildyta erdvė veikia žmonių įprastus, „savaime suprantamus“ veiklos, judėjimo, sąveikos būdus, nulemtus erdvės plano, objektų, esančių erdvėje.

Antra, žmonės pasisavindami, įprasmindami erdvę ją keičia. Išgyventa erdvė, arba reprezentacijos erdvė, yra plati samprata, nurodanti į asmeniškai reikšmingą ir kolektyviai simbolinę prasmę įgavusią erdvę, tokių kolektyviai simboliškai įprasmintų erdvių buvimą mieste. Tačiau mažu (interjero) masteliu taip pat galima kalbėti apie išgyventą erdvę. Jei žmonės negali pasisavinti erdvių ar jas sunku, nors ir laikinai, pasisavinti, jos išlieka neutraliomis erdvėmis, kurias antropologas Marc Auge [1] vadina ne vietomis. Tai modernioje visuomenėje (pasak Auge, supermodernybėje) gausėjančios tapatumo, istoriškumo, santykių apibrėžties stokojančios erdvės (pavyzdžiui, oro uostai, prekybos centrai).

Tačiau kokia yra erdvės formuotojų atsakomybė? Kaip erdvė veikia ar, pasak Kocho [12], kaip erdvės kuria prasmę?

Galima skirti keletą esminių būdų, kuriais veikia erdvė. Orientuodamasi iš sociologinės perspektyvos į erdvės naudotojų tarpusavio sąveiką ir erdvės paskirtį struktūruoti socialinius santykius, aš akcentuoju šiuos erdvės poveikio pjūvius: erdvinės konsteliacijos; reprezentacijos; asmeninio ir grupės santykio su erdve, objektų reikšmės.

Interjeras visų pirma gali būti suprantamas (analizuojamas ir kuriamas) kaip erdvinė konfigūracija, pasitelkus Bill Hillier ir Julienne Hansen [10] suformuluotą erdvės sintaksės prieigą. Erdvės sintaksė yra erdvės supratimo, analizės ir formavimo būdas, kuris atskleidžia, kaip architektūra ar erdvė kuria prasmę. Hillier ir Hanson požiūriu, erdvės struktūros judėjimo trajektorijos erdvėje sudaro „natūralią judėjimo ekonomiką“. Vadinasi, asmenys juda erdvėje prienamomis judėjimo trajektorijomis, kurias apibūdina judėjimo trajektorijų ilgis, susikirtimo taškai, gylis, pralaidumas, kontrolė ir galimybė kontroliuoti. Pagrindinė erdvės sintaksės teorijos prielaida ta, kad erdvė yra konfigūracinė. Vadinasi, ji apibrėžiama per dalių santykį vie-

na kitos atžvilgiu. Šie santykiai ar atstumai tarp erdvės dalių apibrėžiami ne metrais matuojama išraiška, bet konfigūraciniais žingsniais. Pavyzdžiui, erdvės gylį nusako tai, kiek tokių žingsnių reikia pereiti, norit patekti į tam tikrą tašką erdvėje. Kuo daugiau žingsnių reikia patekti į erdvę, tuo aukštesnis tokios erdvės kontrolės lygis. Išgaubtos<sup>2</sup> erdvės (*convex spaces*) nurodo buvimą greta. Vizuali kontrolė nusako, kokią erdvės dalį galima kontroliuoti žvilgsniu. Pavyzdžiui, bet kokia sienelė ar knygų lentyna bibliotekoje blokuoja tokį matomumą – susiejimą, taip erdvė dalijama į skirtingus vienetų. Matomumas, integruotumas, sąsaja, kontrolė, galimybė kontroliuoti nurodo erdvės konfigūracijas, paskirstančias: a) pačią erdvę (konfigūracinis erdvės paskirstymas); b) žmones ir artefaktus erdvėje; c) per erdvę – kaip erdvę paskirsto žmones, artefaktus ir įvykius, kaip susiformuojančias judėjimo, sąveikos, susitikimų, privatumo tendencijas, kuriamas nesąmoningo erdvės naudojimo. Toks trilypis paskirstymas erdvėje formuoja veiklos ir bendrabūvio modelius joje. Erdvės sintaksė suteikia galimybes analizuoti, kur erdvėje bus daugiausiai ar mažiausiai judėjimo, izoliacijos ar susidūrimų, kaip pasiskirstys kontrolė ar galimybė kontroliuoti (pavyzdžiui, tokius erdvės poveikio pavyzdžius analizuoja Dovey [6], Koch [12], Hillier and Hansen [10], Hillier [9]). Taigi erdvės sintaksė atskleidžia, kaip per erdvines konfigūracijas daromos prielaidos antrajam Lefebvre formuluojamam erdvės momentui – erdvinėms praktikoms.

Taigi erdvės sintaksė suteikia galimybę analizuoti buvimą greta, susidūrimo tikimybes ir privatumo lygį. Šie universalūs bruožai nurodo, kaip asmuo erdvėje susisieja buvimo greta sąlygomis su kitais: nusako santykį tarp žmonių, tarp žmonių ir objektų, tarp žmonių ir pastato [12; p. 43]. Tačiau tokia erdvinė interjero analizė ar šios erdvinės prielaidos, kuriomis remiantis formuojamas interjeras ar organizuojama erdvė, yra nepakankamos, tik suteikia reikšmingos informacijos. Taip yra todėl, kad skirtingos erdvės reikalauja kitokių šių bruožų konfigūracijų. Nėra vieno tinkamiausio konfigūracijų rinkinio. Santykis tarp erdvių, grįstas judėjimo, buvimo greta ir sąveikos kategorijomis, yra susietas su veikloms ir jų tarpusavio santykiui priskiriamomis sociokultūrinėmis nuostatomis. Pavyzdžiui, privataus ir viešo kontinuumas privačiame interjere priklauso nuo nuostatų apie svečių priėmimą ir didžiausio privatumo zonų namų erdvėje apibrėžties. Tam svarbu analizuoti žmonių elgesio modelius ir preferencijas erdvių konfigūracijų atžvilgiu susietai su veiklos pobūdžiu, kaip dirbama bibliotekose (pavyzdžiui, Koch [12]), kaip praktikuojamas kavinės bendrabūvis, kaip gyvenama namuose (nagrinėti „namų“ kaip socioerdvinės sistemos sampratą antropologiškai, Kent [11]). Galima dirbti ir kavinėje, ir bibliotekoje, tačiau darbuotojo lūkesčiai dėl triukšmo ar tylos, žmonių artumo skirsis. Vadinasi, tik erdvės formalaus api-

būdinimo nepakanka analizuojant interjerus kaip socioerdvinės struktūras. Taip pat reikia supratimo apie pačius kultūrinius veiklos modelius, skirtingo lygmens sociokultūrinės kategorijas. Viena iš jų – viešo ir privataus kontinuumas. Kita – socialinių vaidmenų per veiklas raiška, lokalizacija erdvėje ir jų erdvinė sąsaja.

Kitas mano išskirtas aspektas – reprezentacijos. Reprezentacija netapatu estetikai. Tik estetika nepaaiškina ar nesukuria sėkmingo interjero. Reprezentacija fiksuoja galią, lytiškumą, socialinį statusą, kultūrinę grupę, tačiau taip pat jai būdingos ir subjektyvios dimensijos: atminties, nostalgijos, laikiškumo, ryšių simbolinės raiškos. Skirtingo tipo interjeruose viešo ir privataus kontinuume šios skirtys įgauna savitą raišką. Vienokia jų raiška bus traukinių stotyje, kitokia privačiame interjere, dar kitokia – kavinėje. Vis dėlto estetika susipina su reprezentacija. Grožio samprata nurodo priimtinius reprezentacijos būdus, ne absoliutų grožio suvokimą. Kai vienam gražu minimalizmas, o kitas nori Provanso stiliaus interjero, kyla klausimų apie šių estetinių, stilistinių sprendimų reikšmę. Estetiniai pasirinkimai gali būti susiję su nostalgija, ankstesnėmis erdvinėmis patirtimis, statuso ar gyvenimo stiliaus raiškos poreikiu<sup>3</sup>. Be estetinių sprendimų, reprezentacija erdvėje, kaip dizainerio ar architekto veiksmas, – tai erdvės ženklėjimas priskiriant jai vienokias ar kitokias prasmes, o žmonėms joje – vienokius ar kitokius vaidmenis (kaip tiksliai atskleidžia Lerup [17] ir Dovey [6], analizuodami šeimai skirtą priemiesčio namą kaip ženklų sistemą<sup>4</sup>).

## Žmogus interjere

Siekiant suprasti, kaip jau sukurtos erdvės yra (o projektuojamos – bus) naudojamos, svarbu pateikti ir žmonių „poreikių“ sampratą. Remiantis „poreikiais“ yra kuriamos erdvės. Pavyzdžiui, bibliotekoje lankytojai „skaito, mokosi, dirba“, namuose „ilsisi“, traukinių stotyje „laukia ir išvyksta“. Toks vienareikšmiškai funkciškai apibrėžtas poreikių suvokimas yra siauras ir nepakankamas norint suprasti, kaip žmonės naudoja erdves. Visų pirma svarbu suprasti, jog žmonės gyvena (ne tik būste, bet ir kitose erdvėse) fenomenologine prasme kaip aktyvios būtybės. Jų santykis su aplinka yra poetasinis – *poesis* – kūrimo ir perkūrimo prasme. Vadinasi, žmonės aktyviai sąveikauja su aplinka suteikdami jai reikšmę. Kad erdvė taptų žmogui svarbi ir prasminga, žmogus ją dažniausiai transformuoja. Vis dėlto žmonės skiriasi lytimi, etniškumu, amžiumi, judėjimo galimybėmis, socialiniais vaidmenimis.

<sup>3</sup> Interjero požiūriu tai kels ir iššūkius suprasti klientus, ir derinti dažnai išsiskiriančius jų interesus. Pavyzdžiui, ar tai, jog klientė nori interjero „kaip iš itališko žurnalo“ ir reiškia estetikos ar statuso siekį?

<sup>4</sup> Pavyzdžiui, Lars Lerup [18] ir Kim Dovey [6] dekonstruoja šeimai skirtą namą kaip vieningą ideologinę konstrukciją. Toks namas perteikia šeimos reprezentaciją konkrečiai ženklėjamos vietos veikloms ir vaidmenims. Pasak Lerup [18; p. 147], „pilnas gyventojų „įrašymas“ – tai ne vien jo palikti pėdsakai, bet išbaigta santykių ekonomija, matoma namo plane tiek kaip konkretus, tiek kaip siūlomas, implikuojamas elgesys“.

<sup>2</sup> Taikau architektūriniame diskurse jau naudojamą *convex spaces* vertimą.

Visa tai gali būti pritaikyta čia ir dabar (pavyzdžiui,, pritaikant erdves moterims pagal joms skiriamus socialinius vaidmenis), dekonstruojama kvestionuojant įtvirtintas normas (atsiejant vaidmenis nuo socialinių grupių socialinių demografinių požymių). „Poreikiai“ yra svarbi dimensija, kalbant apie interjerus, kaip ir apie kitas erdves (pavyzdžiui, miesto aikštės pritaikomos „visuomenės poreikiams“). Tačiau ką ši samprata reiškia? Kai sakoma, jog erdvė pritaikoma „visuomenės poveikiams“, galima kelti įvairius klausimus (Kas yra visuomenė? Kokie tai poreikiai? Kiek yra turinčių poreikius grupių ar kategorijų ir kokie jų tarpusavio santykiai?). Tarkime, statant naują universiteto biblioteką, poreikių turi universitetas kaip institucija, dėstytojai, studentai, bibliotekos darbuotojai (turintys skirtingą statusą), patys architektai, miesto lankytojai, atvykstantys į renginius. Papildomai skirtingų poreikių gali turėti, pavyzdžiui, tėvai ir jų atsivedami vaikai, bakalauro programos pirmakursiai ir doktorantai. Šie poreikiai gali susikirsti, sukeldami konfliktus erdvėje arba būti balansuojami. Poreikių ir juo labiau visos erdvės funkcionalizavimas nepadeda atsižvelgti į veiklas erdvėje. Verta kelti klausimus ne vien apie funkciškai išreikštus poreikius, pavyzdžiui, bibliotekoje „mokyti“, „skaityti“, bet lokalizuoti veiklas pagal poreikių kontinuumus, susietus su judėjimo ir buvimo erdvėje formomis ir santykiu.

Šį siūlymą padeda išskleisti Henri Lefebvre [15; p. 147] suformuluota antropologinių poreikių samprata. Žmonės turi socialinių ir antropologinių poreikių žaisti, kurti, sportuoti, mokytis, susirinkti, patirti. Lefebvre siūlo kurti erdves, kur gyventojai galėtų apbrėžti, formuoti savo santykius su kitais ir savo aplinka. Funkcionalizmas (moderniosios urbanistikos ir architektūros prasme) apibrėžia žmogaus poreikius kaip objektyvius: šviesai, švariam orui ir egzistencijos minimumui, o Lefebvre akcentuoja žmogaus poreikių įvairovę ir kaitą. Žmonės turi poreikių prieštaravimams ir papildomumui, saugumui ir atvirumui, garantijoms ir nuotykiui, darbui ir žaidimui, numatomam ir neprognozuojamam, panašumui ir skirtumui, izoliacijai ir susidūrimui, apskaitimui ir investavimui, nepriklausomybei (netgi vienatvei) ir komunikacijai, artimiausiems ir ilgalaikiams planams, poreikių kaupti energiją ir naudoti, netgi švaisyti ją žaidimui. Jam reikia matyti, girdėti, liesti, ragauti, sukaupti šias jusles bendram pasaulio suvokimui. Šiems socialiai išplėtotiems poreikiams Lefebvre dar priskiria poreikį kūrybingumui, *oeuvre*, vaizduotei ir žaidimui, vienalaikiškumo ir susidūrimo vietoms.

Ką reiškia toks poreikių supratimas interjero dizaino požiūriu? Be funkciškai apibrėžtų poreikių, pavyzdžiui, organizuoti keleivių judėjimą stotyje, studentų darbą bibliotekoje, maitinimą kavinėje ir poilsį namuose, reikia atsižvelgti į tai, kad įvairiose situacijose skirtingi žmonės (taip pat skirtingu metu tas pats žmogus) turi poreikių, kurie atitinkamai lokalizuojami erdvėje ir gali būti įgyvendinti (arba ne) per erdvines konsteliacijas, pavyzdžiui, būti greta kitų ir toliau nuo

kitų, galėti kurti triukšmą (bendrauti, kalbėti telefonu, klausytis muzikos) ir skęsti tyloje, matyti, būti matomam ir nebūti matomam. Pavyzdžiui, bibliotekoje norima dirbti tyliai ir susikaupti, susidurti su pažįstamu ar nepažįstamu ir šneketėti, susipažinti, dirbti grupėje, nes reikia parengti grupinį darbą – tam reikia erdvių; kurios sukuria sąveikos būdus. Pavyzdžiui, laisvalaikio kambarys bibliotekoje, kuriame yra bendras stalas, o prie jo žmonės valgo savo atsineštą maistą, paskatina pokalbį, pažintis, draugystes, bendradarbiavimą; šie poreikiai yra ne tik skirtingų žmonių poreikiai, bet to paties žmogaus kintantis poreikis, tarkim, dirbant bibliotekoje atsitraukti pamąstyti, pasivaikščioti, pakeisti aplinką, pasikalbėti ir vėl susikaupti tyloje.

Visa tai atsiremia į erdvinius sprendimus, sudarančius erdvės planą, erdvėje esančius barjerus. Barjerai erdvėje gali įgyti skirtingą pobūdį. Galima skirti estetinę ar vizualią reikšmę turinčius barjerus ir tikrus barjerus. Tikri barjerai izoliuos garsą ir atskirs grupes, regimi barjerai – tai tik simbolinės ribos. Kiekviena ribos forma interjere turi skirtingą funkciją. „Tikrieji“ barjerai, izoliuojantys garsą, suteikia galimybę atskirti labiausiai nesuderinamas veiklas ir judėti tarp erdvių („užsidaryti duris“); simboliniai barjerai sukuria „kraštus“. Kraštai, kaip atskleidė Kevinas Lynchas [19] analizuodamas miestų urbanistinių struktūrų formuojamus vaizdinius, yra orientacinės linijos. Kraštai padeda orientuotis erdvėje, bet jie nebūtinai yra tikros atskiriančios ribos. Žmonės yra linkę suderinti su sociokultūrine veiklos paskirtimi rinktis vietas prie ribų, tikrų ar simbolinių. Riba tarsi sukuria užnugarį, suteikiantį galimybę apibrėžti savo poziciją erdvėje (atėję į biblioteką studentai sėda pirmiausiai prie lentynų, lango, kitų matomų ribų ir galiausiai atviriausioje erdvėje. Norima susikurti tam tikrą galimybę kontroliuoti užimamą erdvę; tai veikia ir atviroje erdvėje, pavyzdžiui, Katedros aikštėje žmonės sėdasi ant laiptų, ne viduryje aikštės; tuščia erdvė nurodo judėjimą, „kraštai“ – statiką). Problemų kyla, kai vizualus santykis imamas traktuoti kaip „tikras“, t. y. atskiriantis ir kitas jusles (ypač garsą ar kvapą). Problemiškas vizualinis santykis su erdve, kai erdvė matoma kaip dvimatis objektas tiek plano požiūriu, tiek nuotraukos, vizualumo požiūriu. Matant interjerą kaip trimatį objektą, jis gali būti traktuojamas kaip daiktų erdvėje konsteliacija. Tačiau interjeras yra daugiamatė erdvė. Jis veikia laiko požiūriu, svarbu atsižvelgti į tai, jog žmonės yra ne vien vizualūs, jie juda, skleidžia garsą.

## Interjeras kaip procesas

Iš to, kas pasakyta, aiškėja, jog erdvės sukūrimo momentu nesibaigia erdvės gyvavimas. Interjeras kuriamas ir dizaineriui atlikus darbą. Interjeras nėra statiška sistema, tai procesas. Erdvė veikia kaip procesas tiek kol ji formuojama (erdvės profesionalui dirbant su dažnai gausiu interesantų būriu), tiek jau suformuota

(kai ji yra naudojama, transformuojama, kinta vien dėl laiko tėkmės – senstant medžiagoms, kintant stiliams, taip pat ir ją transformuojant dėl kintančių vartotojų poreikių, gyvenimo, erdvės naudojimo būdų). Ne tik kuriamas, bet ir dizainerio išbaigtas interjeras nuolatos kinta, prisideda prie socialinės sąveikos ir yra keičiamas žmonių. Žmonės perkuria aplinką, pritaiko sau, tokiu būdu ją įprasmindami. Interjerą formuoja jį kuriantys dizaineriai, vėliau naudojantys žmonės, jis kinta bėgant laikui (Latour ir Yaneva [13] analizuoja kintančią pastato paskirtį). Dizaineriui gražus ar stilingas interjeras gali ne tik būti nepatogus, pakeistas, sugriauta jo kompozicinė darna, bet ir, pavyzdžiui, kelti konfliktus tarp jo naudotojų. Tačiau ir subalansuotas interjeras gali kisti. Čia reikia grįžti prie trečiosios Lefebvre išskirtos erdvės dimensijos – reprezentacijos erdvės arba išgyventos erdvės. Tai yra erdvė, įprasminama pokyčiu. Panašiai erdvės transformacijos pobūdį atskleidžia Michel de Certeau formuluodamas strategijos ir taktikos sampratą. Taktikos neturi savo lokacijos, jos veikia kito erdvėje. Tai yra erdvės transformavimas laiko požiūriu, naudojimo metu. Supratimas, kad žmonės transformuoja erdvę, yra svarbus interjero dizaineriui. Erdvė taps prasminga, kai joje atsiras pokyčių: ją transformuos naudotojai, atsiras laiko sluoksniškas – tai, kas kaupia atmintį bei pripildo erdvę asmeniškumo ir prasmės. Pabrėždamas tokios transformacijos reikšmę Michel de Certeau [5; p. 108] rašo: „vietos, kuriose vaidenasi, – vienintelės vietos, kuriose gali gyventi žmonės“. Michel de Certeau susieja tokį erdvės formavimą ir erdvės naudojimą. Kalbėdamas apie miesto erdvės formavimą jis skiria žvelgiančiuosius ir vaikstančiuosius. Žvelgiantieji, Lefebvre apibūdinami erdvės reprezentacijų kūrėjai, yra erdvės strategijų formuotojai, matantys planą iš viršaus. Vaikstantieji taip pat yra kūrėjai: nesąmoningai transformuodami jau sukurtas erdves jie prisideda prie jų kūrimo, tobulindami iš to, kas jiems pasiūloma, konstruodami erdvės koliažus. Taip transformuotos erdvės įgyja gyvybę. Architekto žvilgsnis į pastatą kaip į maketą iš viršaus ar interjero dizainerio žvilgsnis į erdvės planą kaip į žemėlapi, kuriame visų pirma kartografuojami daiktai, yra transformuojamas vaikščiotojų – erdvės naudotojų, kurie mato erdvę akių lygmenyje ir veikia sukurtoje erdvėje jiems prieinamais būdais, suardydami paskirstančią erdvės logiką.

## Objektai interjere

Be erdvės struktūros interjere reikšmingi ir objektai. Daiktai ar objektai interjere ne tik suteikia patogumą ar atlieka funkciją. Jie parodo statusą, tampa trukdžiais, kaupia atmintį, formuoja tapatumą, skatina vienokus ir apriboja kitokius veiksmus. Daiktai turi prasmę skirtingose dimensijose, jiems būdingi ypatumai, kuriuos svarbu apgalvoti kuriant interjerą. Daiktai turi naudojimo ir simbolinę dimensijas, kurios, nors analitiškai

skirtinos, praktiškai yra susietos. Sociologinėje, antropologinėje perspektyvoje daiktų reikšmės požiūriu galima sąlygiškai skirti dvi pagrindines pozicijas. Pirmą, tai simbolinė daiktų reikšmė, įgaunama per socialinius santykius ir tokiu būdu atskleidžianti socialinius santykius. Antra, daiktai kaip aktantai – veikėjai, per savo materialumą sudarantys sąlygas specifinei veiklai ar socialiniams santykiams.

Pirmąją perspektyvą atskleidžia Erving Goffman [8], Pierre Bourdieu [4] ar klasikinės antropologijos požiūris. Daiktai veikia per savo simbolinę vertę. Pierre Bourdieu atskleidžia klasines estetines preferencijas. Erving Goffman formuluoja dramaturginę perspektyvą – kaip pateikiame save kasdieniame gyvenime. Daiktai tampa pateikties „butaforija“, scenoje išdėliotais prasmę perteikiančiais objektais. Klasikinėje antropologijoje nagrinėjama daikto kaip dovanos reikšmė. Ši samprata perkeliama į šiuolaikinę sociologiją per simbolinės reikšmės suteikimą daiktams, t. y. daiktams suteikiama socialinė simbolinė reikšmė ir jie ją perteikia suvokiantiems individams. Tokia daikto, kaip simbolinio objekto, samprata daiktų interjere požiūriu padeda suprasti stilistinius pasirinkimus kaip ne vien estetinius, bet visų pirma simbolinius. „Juodas akmuo virtuvėje“ ar „paveikslai, knygos, kambarinės gėlės“ išreiškia tam tikrų socialinių sluoksnių vertybes ir reprezentuoja jas lankytojams. Kieno skoniui ir gyvenimo stiliui atstovauja IKEA baldai, kokius vaidmenis siūlo, ką perteikia apie tai, kas yra „namai“, „šeima“, kokias lytiškumo normas siūlo?

Simbolinė daikto reikšmė interjere be tokios reprezentacinės simbolinės raiškos taip pat įgyja dar vieną dimensiją, kurią santykinai galima apibūdinti kaip fenomenologinę. Tai „reikšmingi daiktai“. Tokių daiktų daug, pavyzdžiui, Juditos Vaičiūnaitės poezijoje. Kaip suprasti fenomenologinę reikšmę ir kuo susijusi poezija su interjero dizainu? Fenomenologija – tai filosofinė ir sociologinė perspektyva, teigianti, jog žmonės gyvena įprasminuose socialiniuose pasauliuose. Poezija, kaip erdvės transformavimas, – poetiškai transformuojama erdvė, poetiškai apie ją pasakojant, suteikiant daugiau prasmės žodžiui, daiktui ar pakeičiant prasmę. Erdvinė perspektyva fenomenologijoje (pavyzdžiui, gausūs Davido Seamono [21; 22] tekstai) akcentuoja asmeninį erdvės prasmingumą per sąsają su individualiu ar grupės gyvenimu. Šiuo požiūriu tampa svarbūs „reikšmingi daiktai“. Tai yra daiktai, kurie ne tiek skirti reprezentuoti, sukurti „sceną“, kiek įtvirtina individo ar grupės gyvenimo tąsą, prasmę, santykį su vieta. Interjero dizaineris negali pripildyti erdvės tokiais daiktais, tačiau tokie daiktai kuria vietos jausmą. Interjero dizaineris gali suprasti tokių daiktų reikšmę interjere ir kurdamas interjerą, palikti jį kaip atvirą ir transformacijai imlią sistemą. Tokį asmeninį, tapatumo prisotintą erdvės pavyzdį atskleidžia Artūro Valiaugos fotografijų ciklas „Tylusis identitetas“: „Fotografas juk ieškojo vidutinio žmogaus namų nenukrypdamas į kraštutinius, kur erdvė būtų gal net tirštesnė netikėtumų, labiau žadi-



nanti vidutinio žiūrovo smalsumą. Šiuose namuose nieko nėra išskirtinio, tik vienodos šeimos nuotraukos, knygos su lietuviškais, angliškais, olandiškais pavadinimais, galbūt „senelio pagamintas fotoaparatas“, stalai, lentynos, sofas, kėdės ir dulkantys pamiršti identiteto ženklai. Čia apsilankiusio fotografo žvilgsnis ir šildanti fotojuosta staiga paverčia tą sustingusią buitį poezija – daiktai „prabyla“ ir ta jų šneka apie niekuo neišsiskiriantį gyvenimą net mielesnė. Bet juk tai – dar viena sąsaja, nes intymus buities kalbinimas, joje atrandant visokiausių simbolių, priklauso iš „mažųjų olandų“ tapybos kilusiai meno tradicijai<sup>5</sup>.

Antroji perspektyva į daiktus (taip pat tinkama ir daiktų reikšmei interjere suvokti) grindžiama Bruno Latour [14] idėjomis apie daiktus. Panašiai galima suprasti daiktus ir Marshalo McLuhano [20] pateikta medijų kaip pranešimo prasme. Daiktai koncentruoja, materializuoja vienokias ar kitokias veiklos ir sąveikos formas pačiu savo buvimu ir funkcionalumu. Žmonių sąveika vyksta ne vien tarpusavyje ar tarp žmogaus ir objekto – žmonės ir objektai persipina į santykių rinkinius. McLuhanas žvelgia plačiau – objektai sukuria iš esmės transformuotą ar transformuojamą terpę, kurioje veikiame. Daiktai įtvirtina mąstymo ir kalbėjimo, matymo, lytėjimo ir kitus būdus. Mąstymo – tapdami metaforomis, diskursyvindami santykį, juslinio – dėl to, jog pratęsdami kūną pratęsia vienas, o ne kitas jusles. Nepastebimas daiktas konsoliduoja specifinius santykius į tikrovę. McLuhan kalba apie saviampūciją, draudžiančią savęs atpažinimą. Veikiama terpėje, kuri nėra matoma (refleksyvaus suvokimo prasme), pasiduodama tos terpės poveikiui kaip tikrovei. Be to, atlikdami „žmonių veiklos fono“ funkciją, daiktai gali sankcionuoti, leisti, skatinti, sutikti, siūlyti, daryti įtaką, blokuoti, daryti kažką įmanomą, uždrausti ir t. t. Pati daiktų ir žmonių santykio prigimtis suteikia galimybę pirmiesiems greitai pereiti nuo tarpininkavimo sąsajos tarp žmonių į buvimą tarpininkais, kuriuos galima laikyti tik vienu arba tik kitu, nepaisant jų vidinio sudėtingumo lygmens. Štai kodėl reikia sugalvoti ypatingų gudrybių, kurios priverstų daiktus kalbėti, t. y., apibūdinti save, pateikti scenarijus, nusakančius, kaip jie verčia kitus – žmones ar ne žmones – vienaip ar kitaip elgtis. Taigi viena daiktų prasmė kyla iš žmonių santykių, kai daiktui suteikiama simbolinė dimensija, o kita dimensija – daiktų materialumas, veikiantis veiklas ir sąveikas.

## Išvados

Taigi interjeras suprantamas ne kaip stabilus objektų rinkinys, bet daiktų, prasmų, atsiminimų, vaidmenų ir santykių visuma arba socialinė erdvė, analizuotina ir formuotina atsižvelgiant į erdvinių konfigūracijų poveikį susietai su kultūrinėmis preferencijomis skirtingų veiklų atžvilgiu. Toks transformuojančio santykio

su aplinka ir erdvės ryšio su žmonių sąveika suprantamas prasmingai išplėstų interjero dizainerių, kaip erdvės kūrimo profesionalų, žinias ir gebėjimus, siekiant, kad jų kuriamos erdvės sąveikautų su žmonių veikla jose ir būtų palankios neišvengiamai transformacijai.

Kadangi interjerai praplečia arba riboja sąveikas ir veikia, koku būdu žmonės sąveikauja, kyla ir atviras klausimas: ar interjero kūrėjai formuos erdvę taip, kad atitiktų jau esamas sąveikos formas ar kad paskatintų jų kaitą. Klausimas, koks interjeras yra sėkmingas, atviras: tai gali būti interjeras, kuris gerai atitinka kompleksinius erdvės naudotojų poreikius. O gal tokie, kuris tampa kevalu, o jį pripildo naudotojai jiems patogiais būdais.

Taigi ką, atsižvelgiant į išdėstytą erdvės sampratą, svarbu žinoti dizaineriui(ei)?

Pirma, tai, kad erdvė veikia žmonių sąveikas. Vadinasi, svarbu išmanyti, kaip kokios erdvės konfigūracijos veikia sąveiką. Reikia atkreipti dėmesį į tai, koks erdvės naudojimo kultūrinis kontekstas ir kokia jos sintaksė – ar šie pjūviai vienas kitą sustiprina. Privatus ir viešas interjeras kelia nevienodus reikalavimus, susietus su skirtingais lūkesčiais, nes privatumas ir viešumas suvoktini kaip kontinuumas. Stotis – viešesnė erdvė už biblioteką, bibliotekos lankytojų salė – viešesnė už bibliotekininko kabinetą, toks kabinetas – viešesnė erdvė už namus. Tad jos skiriasi savo transformacijos poreikio būdais, erdvinėmis praktikomis, kurioms keliami dažnai nereflektuoti socialiniai lūkesčiai. Siekiant kurti sėkmingus interjerus reikia pasitelkti žinias apie žmonių veiklą juose ir galimas sprendimų pasekmes. Antra, tai, kad žmonės įprasmina erdvę ją pritaikydami sau. Tad svarbu, kiek lankstus, parankus interjeras transformacijai, pritaikymui, kartu – kiek jis atviras laikui.

Taigi, sociologinis, antropologinis interjero suvokimas turėtų apimti transakcijas tarp erdvinių, sociokultūrinių ir asmeninių prasmų laiko požiūriu (todėl erdvės sintaksė nepakankama), tiek analizuojant sukurtus interjerus, tiek juos kuriant ir pasitelkus žinias apie erdvių naudojimą. Kiekvienam interjerui reikia savitos prieigos, suprasti, kas jį naudos, kokių esama kultūrinių veikos modelių, kaip pagal juos būtų paranku susieti erdves, paisant erdvės sintaksės apibrėžiamų kriterijų. Visa tai, kas paminėta, gali būti iširta pasitelkus socialinių mokslų siūlomus metodus, kurie prasmingai praturtintų interjero dizainerių edukaciją. Dizaineriai būtų rengiami kurti erdves, atviras žmonių veiklai, transformacijai ir kartu tinkamas veikloms jose.

## Literatūra ir kiti šaltiniai

1. Auge, M. *Non-Places: An Introduction to Supermodernity*. London, New York: Verso, 1995.
2. Benjamin, W. *Nušvitimai*. Vilnius: Vaga, 2005, p. 214–244.
3. Bourdieu, P. *Outline of a Theory of Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

<sup>5</sup> Vilniaus paveikslų galerija, žr. [http://www.ldm.lt/VPG/Valiaugos\\_parda.htm](http://www.ldm.lt/VPG/Valiaugos_parda.htm)

4. Bourdieu, P. *Distinction. A social Critique of the Judgement of Taste*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1996.
5. De Certeau, M. *The Practice of Everyday Life*. Berkeley: University of California Press, 1988, 1984.
6. Dovey, K. *Framing Places: Mediating Power in Built Form*. London: Routledge, 1999.
7. Gibson, D. R. Doing Time in Space: Line-Joining Rules and Resultant Morphologies, *Sociological Forum*, 2008, 23(2), p 207–233.
8. Goffman, E. *Savęs pateikimas kasdieniame gyvenime*. Vilnius: Vaga, 2000.
9. Hillier, B. *Space is the machine*. London: Space Syntax, 2007.
10. Hillier, B.; Hansen, J. *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, 1989.
11. Kent, S. *Domestic Architecture and the Use of Space*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
12. Koch, D. *Spatial Systems as Producers of Meaning – the idea of knowledge in three public libraries*. KTH School of Architecture, 2004.
13. Latour, B. ; Yaneva, A. Give me a Gun and I will Make All Buildings Move: An ANT's View of Architecture. In: R. Geiser (ed.) *Explorations in Architecture: Teaching, Design, Research*. Basel: Birkhäuser, 2008, p. 80–89.
14. Latour, B. *Reassembling the Social An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press, 2005.
15. Lefebvre, H. *Writings on Cities: Henri Lefebvre*, Eleonore Kofman and Elizabeth Lebas (eds.). Cambridge, MA: Blackwell, 1996.
16. Lefebvre, H. *The Production of Space*. Oxford, Cambridge: Blackwell, 1991.
17. Lefebvre, H. *Key Writings*. Stuart Elden, Elizabeth Lebas and Eleonore Kofman (eds.). New York, London: Continuum, 2003.
18. Lerup, L. The Master of the House. In: Russell Ellis and Dana Cuff (eds.) *Architects' people*. New York, Oxford: Oxford University Press, 1989, p. 14–163.
19. Lynch, K. *The Image of the City*. Cambridge, Massachusetts, and London: The M.I.T. Press, 1990.
20. McLuhan, M. *Kaip suprasti medijas. Žmogaus tęsiniai*. Vilnius: Baltos lankos, 2003.
21. Seamon, D. Place Attachment and Phenomenology: The Synergistic Dynamism of Place. In: Lynne C. Manzo, Patrick Devine-Wright (eds.) *Place Attachment: Advances in Theory, Methods and Applications*. Routledge, 2013, p. 11–23.
22. Seamon, D.; Gill, H. Qualitative Approaches to Environment-Behavior Research: Understanding Environmental and Place Experiences, Meanings, and Actions. In: Robert Gifford (ed.) *Research Methods in Environment-Behavior Research*. New York: Wiley/Blackwell, 2014.
23. Urbonaitė-Barkauskienė, V. Vilniaus graffiti žemėlapis kaip socialinės miesto kaitos indikatorius: Naujininkų rajono atvejis. *Coactivity: Philosophy, Communication*, 2014, 22(1), p. 51– 66.

## OUTLINING THE BASIS OF SOCIOLOGICAL – ANTHROPOLOGICAL PERSPECTIVE IN INTERIOR DESIGN EDUCATION

**Dalia Čiupailatė**

*Vilnius University*

**Annotation.** In this article I outline the need for the inclusion of sociological-anthropological perspective on space in the education of interior designers. I base my suggested understanding of space and suggestion for the analytical approaches towards it on the conceptions of Henri Lefebvre, Michel de Certeau, space syntax, phenomenology and the social meanings of things. These perspectives provide different angles how to approach interior as space. In the article I suggest that the interior designers should be understood as professionals of space and mediators, taking into account the transformative aspects of interiors: as creating basis for spatial practises, but also as potentially transformed by their users.

**Key words:** interiors, space, spatial anthropology, spatial syntax, designer education.

# ENERGIJOS SURINKIMO METODAI IR JŲ TAIKYMO GALIMYBĖS

Andrius Čeponis

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,  
 e. p.: a.ceponis@vtdko.lt

**Anotacija.** Straipsnyje apžvelgiami alternatyvūs, mažos galios elektronikos maitinimo metodai, paremti aplinkoje esančios energijos virsmu elektra. Aptiriamos aplinkoje randamos energijos rūšys, tinkamos keičiant klasikinius energijos tiekimo metodus bevieluose, mažos galios elektronikos įtaisuose. Išskiriamas tiesioginiu pjezoelektriniu efektu pagrįstas energijos surinkimo metodas, analizuojamos pjezoelektrinio efekto taikymo galimybės energijai surinkti ir apibrėžiamas metodo energetinis potencialas.

**Svarbiausios sąvokos:** energijos surinkimas, mažos galios elektronika, bevielės sistemos, alternatyvūs maitinimo metodai, tiesioginis pjezoelektrinis efektas.

## Įvadas

**Tikslas** – apžvelgti energijos surinkimo metodus, kurių energetinis potencialas gali būti naudojamas įvairių mažos galios elektros energijos imtuvams maitinti.

### Uždaviniai:

- rasti energijos surinkimo metodą, išsiskiriantį geriausiu energetiniu potencialu;
- atlikus literatūros apžvalgą, išskirti elektromechaninius parametrus, lemiančius energijos surinkimo metodų energetinį potencialą;
- apibrėžti reikalavimus, keliamus elektrinėms grandinėms ir veikiančius energijos surinkimo metodų efektyvumą.

Aplinkoje aptinkamos energijos rūšys gali būti naudojamos mažos galios elektronikos įrenginiams maitinti. Klasikinės vėjo ir fotovoltinės jėgainės mažos galios elektronikai maitinti netinkamos dėl keitiklių matmenų, todėl turime rasti technologinius sprendimus, kurie užtikrintų matmenų ir galios santykį.

Energijos surinkimo metodų energetinis potencialas gali būti tinkamas įvairiose mažos galios elektronikos sistemose, kurių taikymo sritys susijusios su fizikinių ar technologinių procesų stebėseną, žmogaus fiziologinių parametrų kontrole bei duomenų perdavimu sistemoms. Šio tipo elektronikos sistemos dažniausiai duomenis perduoda bevieliu būdu, tačiau tuomet iškyla maitinimo problemų, nes sumažėja įrangos efektyvumas. Užtikrinami energijos tiekimą klasikiais metodais susiduriame su padidėjusiais eksploataavimo sąnaudomis, ribotais klasikinių maitinimo elementų ištekiais. Kaip vieną galimų energijos tiekimo alternatyvų galime įvardyti fotovoltinius elementus, tačiau fotovoltinių elementų taikymas apriboja sistemų galimybės funkcionuoti uždaroje ar blogai apšviestoje aplinkoje.

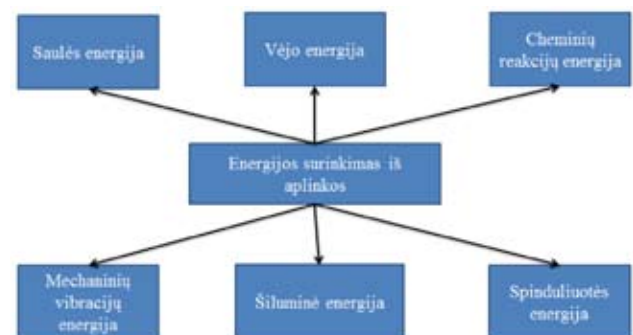
Problemas, susijusias su energijos tiekimu, vis dažniau siūloma spręsti energijos surinkimo iš aplinkos metodais. Energijos gavybai iš sistemą supančios aplinkos būdingi tam tikri ypatumai, kuriuos pritaikius galime išspręsti kylančias problemas, tiekiant energiją mažo galingumo imtuvams.

Energijos surinkimas iš aplinkos – tai aplinkoje esančios mechaninės vibracijų, elektromagnetinės, šiluminės energijos keitimas elektros energija. Kiekviena aplinkoje esanti energijos rūšis gali būti verčiama elektros energija, pasitelkiant keitiklius, kurių konstrukcinės savybės ar naudojamos medžiagos, sąveikaudamos su aplinkoje esančia energija, sukuria elektros energiją.

Atsižvelgdami į surenkamos energijos tipą ir vertimo metodą, galime apibrėžti vieną iš esminių energijos keitimo parametrų – sukuriame elektrinės galios santykį su keitiklio paviršiaus plotu ( $W/m^2$ ) arba jo tūriu ( $W/m^3$ ). Galios tankis apibrėžia energijos surinkimo sistemos efektyvumą, todėl renkant energijos surinkimo metodus svarbu atsižvelgti į šį elektromechaninį parametą.

## Aplinkoje randamos energijos rūšys

Energija, randama mus supančioje aplinkoje, gali būti keičiama elektros energija ir tiekama mažos galios elektronikai, bevielėms sistemoms. Energijos surinkimo metodų taikymas atveria naujas šių sistemų technologines galimybes. Siekdami efektyviai taikyti energijos surinkimo metodus elektronikos įrenginiuose turime išskirti didžiausios energetinio potencialo energijos rūšis ( 1 pav.)



1 pav. Aplinkoje randamos energijos rūšys

Skirtingų energijos rūšių energetinis potencialas skiriasi, todėl turime išskirti energijos rūšį, plačiai pa-

plitusią aplinkoje, siekdami užtikrinti maksimalų sukuriamos energijos kiekį.

Saulės ir vėjo energiją naudojant energijai surinkti reikia atsižvelgti į papildomus reikalavimus aplinkai. Naudojami šio tipo energijos rūšis privalome užtikrinti tinkamą apšvietimą ar oro judėjimo srautą. Vertindami šias sąlygas galime teigti, kad tokių energijos šaltinių naudojimas apriboja mažos galios elektronikos funkcionavimo galimybes mažai apšviestoje ar uždaroje aplinkoje.

Spinduliuotės energijai būdingas žemas energijos sukūrimo potencialas. Taikydami šio tipo energijos surinkimo technologiją susiduriame mažu galios tankiu bei jautrumu montavimo aplinkai ir kitomis sąlygomis, darančiomis įtaką žemam energetiniam potencialui.

Pagrindinis cheminių reakcijų išskiriamos energijos trūkumų – ribotas naudojimo laikas. Taikydami mažos galios elektronikos sistemose tokio tipo energijos šaltinius, neišvengiame klasikinių maitinimo sistemos trūkumų.

Šiluminės energijos surinkimas gali būti plačiai taikomas aplinkoje, kuriai būdingas temperatūros svyravimas. Ši sąlyga apriboja tokio tipo energijos surinkimo galimybes aplinkoje, kurioje temperatūra stabili. Atsižvelgiant į taikomą metodą gaunamas galios tankis gali svyruoti nuo 3 iki  $16 \mu\text{W}/\text{m}^3$  [6].

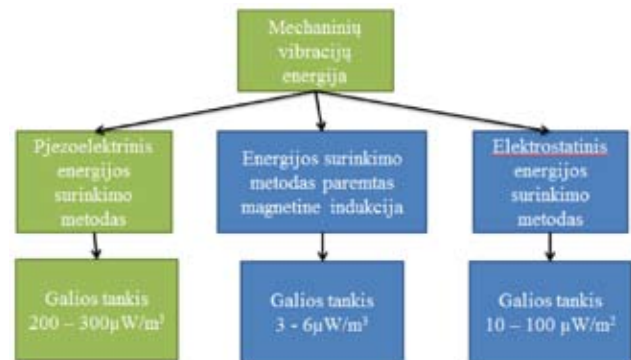
Mechaninių vibracijų energija yra plačiausiai paplitusi energijos rūšis aplinkoje ir gali būti taikoma elektros energijai surinkti. Šios energijos rūšies keitimas apibūdinamas geru energetiniu ir technologiniu potencialu. Taikant mechaninės vibracijų energijos surinkimo metodus nesusiduriama su sunkumais, kylančiais naudojant kitų energijos rūšių surinkimo metodus. Naudojant pjezoelektrinę arba magnetinės indukcijos metodus galios tankis gali svyruoti nuo  $5,6 \mu\text{W}/\text{m}^3$  iki  $300 \mu\text{W}/\text{m}^3$  [5], elektrostatinių energijos surinkimo metodą – nuo 10 iki  $100 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . [4]

Galime daryti išvadą, kad energijos surinkimo iš aplinkos technologijos turi platų pritaikymą mažos galios elektronikos sistemose. Taikydami įvairius metodus galime užtikrinti energijos tiekimą, išvengdami klasikinių maitinimo metodų trūkumų. Didžiausią energetinį ir technologinį potencialą turi mechaninių vibracijų energijos surinkimo technologijos, kai galios tankis didžiausias. Keitikliai mechaninių vibracijų energijai surinkti gali būti pritaikyti įvairioje aplinkoje.

## Mechaninės energijos surinkimo metodai

Aplinkoje esanti mechaninė energija gali būti efektyviai pritaikyta mažos galios elektronikos įtaisams maitinti. Atsižvelgiant į keitiklio konstrukciją ir tipą galios tankis gali svyruoti nuo  $5,6 \mu\text{W}/\text{m}^3$  iki  $300 \mu\text{W}/\text{m}^3$  [4]. Geru energetiniu potencialu išsiskiria elektromagnetinis keitimo metodas. Šis metodas pagrįstas

elektromagnetiniu M. Faradėjaus savindukcijos dėsniumi. Elektromagnetinių energijos surinkimo keitiklių naudingumas tiesiogiai priklauso nuo naudojamos rėties elektrotechninių parametrų. (2 pav.)



2 pav. Mechaninės vibracijų energijos surinkimo metodai

Elektrostatinių energijos keitiklių konstrukciją sudaro dvi plokštelės, tarp kurių yra dialektikas, t. y. oras, vakuumas ar kita medžiaga su geromis dialektinėmis savybėmis. Išorinėmis mechaninėmis vibracijomis keičiant atstumą tarp plokštelių gaunamas talpumo pokytis, todėl ir elektrinis krūvis plokštelių paviršiuje. Šio tipo keitikliai gali būti skirstomi į dvi grupes:

1. Nenaudojant išorinio žadinimo šaltinio. Valdant kondensatoriaus įkrovos ir iškrovos ciklus papildoma sinchronizuota valdymo grandine, kuri sinchronizuojama plokštelių tarpusavio atstumo kitimo atžvilgiu [1].

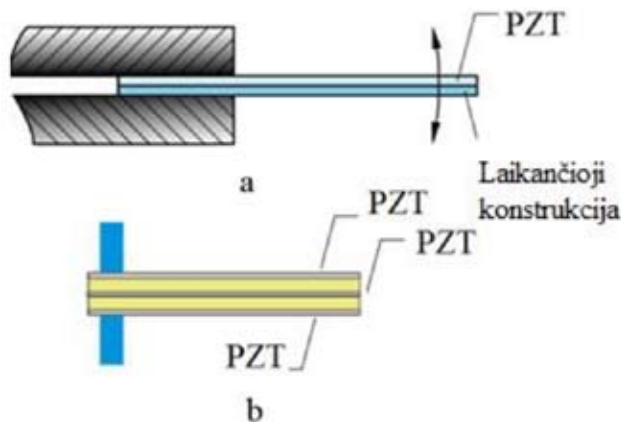
2. Naudojant išorinį žadinimo šaltinį. Tiesiogiai veikiant kondensatorių suteikiama galimybė keisti mechaninę energiją elektros energija [2].

Geriausiu energetiniu potencialu išsiskiria pjezoelektriniai keitikliai, kurių veikimas pagrįstas tiesioginiu pjezoelektriniu efektu, šio tipo keitiklių galios tankis svyruoja nuo 200 iki  $300 \mu\text{W}/\text{m}^3$  [7]. Tiesioginio pjezoelektrinio efekto naudojimas kinetinei energijai surinkti iš aplinkos atveria plačias galimybes šį energijos surinkimo metodą taikyti mažos galios elektronikoje. Pasielkiant šį efektą gali būti išspręstos problemos, susijusios su mažos galios sistemų maitinimu.

## Pjezoelektriniai mechaninės vibracijų energijos keitikliai

Naudojami tiesioginį pjezoelektrinį efektą mechaninei energijai surinkti iš aplinkos, turime apibrėžti elektromechaninius keitiklio parametrus, kurie tiesiogiai priklauso nuo išorinės jėgos žadinimo dažnio ir virpesių amplitudės. Dažniausiai naudojamas pjezoelektrinės energijos surinkimo sistemos mechaninės konstrukcijos elementas – viensluoksni (3 pav., a) arba dvisluoksni (3 pav., b) lenkiamoji plokštelė. Jeigu keitiklis sudarytas iš vieno pasyvaus ir vieno aktyvaus pjezoelektrinės keramikos sluoksnio, tai toks keitiklis vadinamas viensluoksniu sistema. Jei pjezoelektrinės

keramikos sluoksniai yra abejuose pasyvaus sluoksnio paviršiuose, tokia keitiklio konstrukcija vadinama dvisluoksne. Dvisluoksnės konstrukcijos keitiklių keramikos sluoksniai jungiami nuosekliai ar lygiagrečiuoju būdu



3 pav. Pjezoelektriniai kinetinės energijos keitikliai: a – viensluoksne plokštelė; b – dvisluoksne plokštelė

Pjezoelektriniai kinetinės energijos keitikliai dažniausiai virpa modose  $d_{33}$  ir  $d_{31}$ . Moda  $d_{33}$  (tempimo ir gniuždymo moda) nusako, kad įtampa ant elektrodų susidaro, kai veikiančioji jėga yra lygiagreti su pjezoelektrinės keramikos poliarizacijos vektoriumi. Moda  $d_{31}$  (lenkimo moda) nusako įtampos susidarymą, kai veikiančioji jėga yra statmena pjezoelektrinės keramikos poliarizacijos vektoriui [7]. Lyginant pagrindines veikimo modas galima pastebėti, kad sistemai, veikiančiai  $d_{31}$  modoje, bus būdingas geresnis įtampos generavimo koeficientas, palyginti su  $d_{33}$  moda, kai žadinimo jėgos amplitudė vienoda [8].

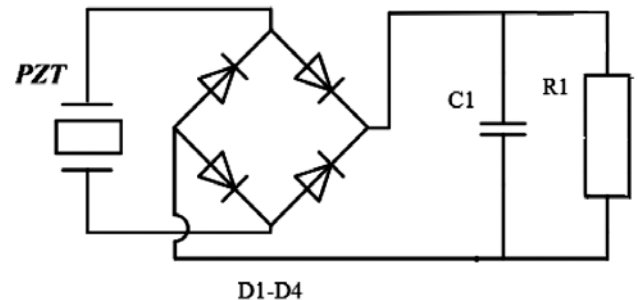
Energijos surinkimo sistemų, paremtų pjezoelektrinais energijos keitikliais, efektyvumas priklauso nuo virpesių šaltinio ir keitiklio savųjų svyravimų dažnio. Kadangi sistemos slopinimas priklauso nuo virpesių dažnio, pjezoelektrinio keitiklio didžiausias efektyvumas pasiekiamas, kai jis veikia rezonansiniu režimu. Keitiklio savieji dažniai priklauso nuo keitiklio geometrijos, medžiagos charakteristikų ir tvirtinimo sąlygų, todėl galima teigti, kad kiekvienas pjezoelektrinis keitiklis turi būti pritaikytas prie tam tikro dažnio mechaninių virpesių šaltinio [9].

### Pjezoelektrinių energijos surinkimo sistemų elektroniniai komponentai

Mechaninių virpesių šaltinio charakteristikos taip pat veikia ne tik pjezoelektrinių keitiklių projektavimo procesą, bet ir elektrinės grandinės schemą bei elektronikos komponentus elektrinei energijai kaupti. Pjezoelektrinių energijos surinkimo sistemų principinė elektrinė grandinė pateikta 4 pav. Ją sudaro pjezoelektrinis keitiklis, diodų tiltelis, kondensatorius ir elektrinė apkrova.

Diodų tiltelis atlieka kintamosios įtampos lygintuvo (AC/DC) funkciją. Pjezoelektrinės sistemos sukuria

kintamąją įtampą, tačiau tokia įtampa retai naudojama mažos galios elektronikoje, todėl kintamoji įtampa turi būti pakeista nuolatine (DC). Elektriniai nuostoliai tiesiogiai priklauso nuo naudojamų puslaidininkių diodų, t. y. nuo jų persijungimo greičio. Siekiant mažinti energijos nuostolius, kai įtampa lyginama, klasikiniai lyginimo diodai keičiami Zenerio diodais, Schottky diodais ar Esaki diodais. Taip pat galima naudoti tranzistorių p-n sandūrą kaip lygintuvo komponentą. Tranzistorių naudojimas įtampai lyginti taip pat suteikia galimybę valdyti lyginimo procesą ir pagerinti šio etapo efektyvumą.



4 pav. Elektrinė kinetinės energijos surinkimo schema: PZT – pjezoelektrinis keitiklis; D1-D4 – įtampos lyginimo diodai; C1 – kondensatorius; R1 – elektrinė apkrova

Elektrinei energijai kaupti energijos surinkimo sistemose retai kada naudojami elektrolitiniai kondensatoriai dėl mažos talpos ir didelių elektrinių nuostolių. Ličio geležies fosfato baterijų (LFP) pritaikymas energijai kaupti nėra patogus, nes reikia turėti baterijos krovos valdymo sistemą, dėl kurios patiriama papildomų elektrinių ir šiluminių nuostolių. Superkondensatoriai, kaip energijos kaupimo įtaisai, energijos surinkimo sistemose geriausiai pritaikomi dėl didelės talpos, greito įkrovos ir iškrovos laiko bei žemo impedanso lygio.

### Išvados

1. Mažos galios elektronikos sistemų energijos maitinimo problema gali būti sprendžiama taikant energijos surinkimo iš aplinkos technologijas. Iš visų energijos surinkimo technologijų didžiausią technologinį potencialą turi pjezoelektrinis kinetinės energijos surinkimo metodas.

2. Pjezoelektrinių kinetinės energijos keitiklių efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo keitiklio ir kinetinės energijos šaltinio svyravimų dažnių, t. y. pjezoelektrinės energijos keitimo sistemos efektyvumas didžiausias, kai ji veikia rezonansiniu dažniu.

3. Pjezoelektrinių energijos surinkimo sistemų efektyvumas priklauso ne tik nuo mechaninių komponentų, bet ir nuo elektrinių. Elektrinei grandinei gali būti keliami įvairūs reikalavimai, kurie daro įtaką sistemos efektyvumui. Vienas kertinių elektrinės sistemos parametrų – energijos nuostolių mažinimas visoje sistemoje.



## Literatūra

1. Abdulmunam, R.; Taha, L. Y.; Ivey, P. C.. Modeling of Low Power Electrostatic Wind Energy Harvester for Macro-Scale, Applications. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 2012, vol. 2, issue 6, p. 912 – 917. Prieiga internetu: <http://www.ijee.org/papers/240-L0035.pdf>
2. Boisseau, S.; Despesse, G.; Ahmed Seddik, B. Electrostatic Conversion for Vibration Energy Harvesting, *Small-Scale Energy Harvesting, Intech*, 2012..
3. Bouendeu, E.; Greiner, A.; Smith, P. J.; Korvink, J. G. An efficient low cost electromagnetic vibration harvester, *Proceedings of PowerMEMS*. Washington DC, USA, 2009.
4. Feenstra, J.; Granstrom, J.; Sodano, H. Energy harvesting through a backpack employing a mechanically amplified piezoelectric stack. *Mechanical Systems and Signal Processing* 22(3), 2008. p. 721–734. Prieiga internetu: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ymsp.2007.09.015>
5. Yildiz, F. Potential Ambient Energy-Harvesting Sources. *The Journal of Technology Studies*. 2009, p. 40–48.
6. Yang, M.Z.; Wu, C.C.; Dai, C.L.; Tsai, W.J. *Energy Harvesting Thermoelectric Generators Manufactured Using the Complementary Metal Oxide Semiconductor Process Sensors*, 2013, 13, p. 2359–2367.
7. Varadrajana, E.; Bhanusri, M. . Design and simulation of uni-morph piezoelectric energy harvesting system, *COMSOL Conference in Bangalore*, 17–18 October, 2013, Bangalore, India.
8. Wright, R. K ; Roundy, S.; Rabaey. A study of low level vibrations as a power source for wireless sensor nodes, *Computer Communications*, 2003. 26 (11), 1131–1144. Prieiga internetu: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-3664\(02\)00248-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-3664(02)00248-7)

## ENERGY HARVESTING METHODS AND THEIR APPLICATIONS OPTIONS

Andrius Čeponis

*Vilnius College of Technology and Design*

**Abstract.** The article gives an overview of the problems and solutions of low power electronics systems power supply, using the energy harvesting systems. The main parameter which describes energy harvesting systems is power density. Piezoelectric energy harvesting systems shows the best power density, according to this parameter. Article gives an overview of piezoelectric energy harvesting transducers and their components. Also the article gives an overview of terms which affects the efficiency of piezoelectric energy harvesting systems.

**Keywords:** low power electronics, energy harvesting systems, power density, piezoelectric energy harvesting.

# PROJEKTO METODO TAIKYMAS UGDANT STUDENTŲ DALYKINES IR BENDRĄSIAS KOMPETENCIJAS

Jolita Grašienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, e. p.: j.grasiene@vtdko.lt.

**Anotacija.** Straipsnyje aptariamas projekto metodo taikymas ugdant studentų dalykines ir bendrąsias kompetencijas. Pateikiama šio mokymosi metodo samprata, mokslinės literatūros apie projekto metodą analizė, nagrinėjami projekto metodo privalumai ugdant studentų dalykines ir bendrąsias kompetencijas; dalijamasi patirtimi apie metodo taikymo galimybes per kalbos kultūros paskaitas, analizuojama projekto parengimo ir dalykinių bei bendrųjų kompetencijų vertinimo metodika. Projekto metodas siejamas su aktyviuoju dalykinių ir bendrųjų kompetencijų ugdymu.

**Svarbiausios sąvokos:** projekto metodas, studijų kokybė, dalykinės ir bendrosios kompetencijos, aktyvusis mokymas.

## Įvadas

Kalbos kultūros dalyko studijos prisideda prie bendrojo studentų išsilavinimo – būsimiems specialistams reikia suteikti ne tik dalyko žinių, bet ir ugdyti bendrąsias kompetencijas, t. y. parengti būsimus specialistus, galinčius konkuruoti darbo rinkoje. Kintant požiūriui į specialistų rengimą nuolatinės kaitos sąlygomis vis aktualesnė tampa studentų savarankiška veikla, keičiasi dėstytojo ir studento santykis – pirmenybė suteikiama studentų savarankiškam darbui, gebėjimui dirbti grupėje, spręsti problemas, teoriją sieti su praktika. Tokia veikla įmanoma per paskaitas taikant aktyviuosius mokymo metodus, ypač projekto metodą. D. Šiaulytienės [9] manymu, darbas projekto metodu – tai mokymasis atrandant, žinant, ko ieškoma. Pastaruoju metu projekto metodas įgyja vis didesnę edukacinę vertę. Taikant šį metodą, svarbu išmanyti jo parengimo metodiką.

**Straipsnio tikslas** – išanalizuoti projekto metodo taikymo galimybes ugdant dalykines ir bendrąsias kompetencijas.

## Uždaviniai:

- atlikti mokslinės literatūros apie projekto metodą analizę;
- teoriškai išnagrinėti projekto metodo privalumus ugdant dalykines ir bendrąsias kompetencijas;
- pasidalyti dėstyto patirtimi taikant projekto metodą per paskaitas;
- išanalizuoti projekto parengimo ir studentų dalykinių bei bendrųjų kompetencijų vertinimo metodiką.

## Straipsnio aktualumas

Kintant visuomenės ugdymo poreikiams, keičiasi požiūris į specialistų rengimą. Šiuolaikinis mokymas reikalauja taip organizuoti mokymo procesą, kad studentai įgytų bendrųjų kompetencijų, būtų paklausūs nuolat besikeičiančioje darbo rinkoje, todėl „pagrindinis artimiausio dešimtmečio Europos aukštojo mokslo

evoliucijos uždavinys yra studijų turinio ir metodų atnaujinimas (*curriculum reform*), orientuotas į studentą ir jo mokymosi pasiekimus.“ [1]. Šiuolaikinis mokymas reikalauja taip organizuoti mokymo procesą, kad studentai įgytų bendrųjų kompetencijų, būtų paklausūs nuolat besikeičiančioje darbo rinkoje. „Šiandien aktyvus ugdymas – tai dinamiškos, greitai kintančios tikrovės būtinybė“ [9]. Studentai turėtų patys aktyviai mokytis, sąmoningai veikdami, savarankiškai protaudami, tada jų mokymasis bus aktyvi ir kūrybiška veikla, kuriai būdingi ieškojimai ir atradimai. Kai studentai ieško savarankiško sprendimo, jie sieja įgyjamą žinią su sava patirtimi, informacija, gauta iš kitų šaltinių; įsitemina sąmoningai, o ne mechaniškai. „20 a. keičiasi dėstytojo vaidmuo: jis turi ne vien suteikti žinių, kontroliuoti, bet ir organizuoti autonomines studijas, vadovauti savarankiškomis studento studijoms“ [10; p.91]. Dėstytojas turi suteikti galimybę dirbti savarankiškai, skatinti diskutuoti, patiems atrasti tiesą, kritiškai mąstyti, dirbti komandoje, spręsti problemas, t. y. naudoti aktyviuosius mokymo metodus. Vienas pagrindinių tokių metodų – projekto metodas.

## Mokslinės literatūros apie projekto metodą analizė

Graikų kalbos žodis „metodas“ (*meta-hodos* susideda iš „už“ ir „hodos“ – t. y. „už kelio“) lotyniškai buvo verčiamas „via et ratio“ – kelias ir protas – racionalus kelias, tyrinėjimas, mokymasis, ugdymo būdas. „Dabartinės lietuvių kalbos žodyne“ [2] pateikiamos dvi žodžio „metodas“ reikšmės: 1. Pažinimo, tyrinėjimo būdas. 2. Veikimo būdas .

Atsižvelgdamas į dėstytojo ir studento aktyvumo santykį, S. Šalkauskis [6; p. 87] išskyrė du mokymo(si) būdus:

1. Tetinį arba teikiamąjį („aktyvumas persveria į mokytojo pusę“).

2. Heuristinį arba randamąjį („aktyvumas persveria į mokinio pusę“).

Dabartinėje literatūroje tokie metodai vadinami:

1. Tradiciniais mokymosi metodais.
2. Aktyviaisiais mokymosi metodais.

Projekto metodą būtų galima priskirti aktyviesiems mokymosi metodams.

„Projekto metodas – tai mokymosi būdas, kurį naudojant sudaroma galimybė ugdyti(s) problemų sprendimo gebėjimus ir kitas besimokančiojo kompetencijas. Naudojant projekto metodą siekiama palengvinti mokymąsi ir reaguoti į kompleksines švietimui keliamas problemas bei naujus žmogaus rengimo visuomenei keliamus iššūkius“ [5].

Projekto metodiką, svarbą nagrinėjo T. Tamošiūnas [11]. Jo manymu, projekto metodas lavina intelektą, „kai mokymosi tikslu tampa ne didelės apimties žinių srauto kaupimas, slopinantis intelekto augimą, bet reikalingų teorinių žinių įgijimas, pritaikant jas iš realios tikrovės kylančioms problemoms savarankiškai ir laisvai spręsti“. Projekto metodas, anot Teresevičienės, Adomaitienės [12], skirtas problemoms spręsti, tai vienas kūrybinių metodų. L. Šiaučiukėnienės, O. Visockienės, P. Talijūnienės knygoje „Šiuolaikinės didaktikos pagrindai“ projektas apibūdinamas kaip metodas, padedantis išmokti praktiškai naudotis žiniomis [7]. Projekto metodo taikymą meniniam ugdymui tyrinėjo ir D. Šiaulytienė [9]. Ji daugiausia dėmesio skyrė dailės mokymui projektu metodu, aptarė dailės mokymo modelį, kurio dėmesio centre ne dailė, kaip dalykas, ne meno teorijos, o jaunuolių meninių, kūrybinių gebėjimų ugdymas, analizavo meninių projektų organizavimo metodiką, struktūrą, eigą, projektų pobūdį, galimų problemų sprendimo būdus. Šiaulytienės teigimu, projekto metodo esmė – organizuoti mokymo procesą taip, kad studentai gebėjimus ir žinias įgytų praktinėje, kūrybinėje veikloje, plėtodami patirtį [8].

Taigi projekto metodas populiarus, daugelio autorių apibūdinamas kaip aktyvusis mokymo metodas, grindžiamas mokymusi grupėmis, taip ugdomas gebėjimas bendrauti ir veikti bendradarbiaujant, konstruktyviai spręsti išskylančias problemas. Tokiu būdu plėtojamos asmeninės kompetencijos.

### Projekto metodo taikymo privalumai

Daugelis autorių nurodo panašius projekto metodo privalumus. Šiaulytienės manymu, projekto metodo taikymo privalumai:

- dirbant projekto metodu kaupiama per veiklą įgyjama patirtis;
- ugdomas gebėjimas veikti greitai kintančioje aplinkoje;
- ugdomas gebėjimas įgyti informaciją iš įvairių šaltinių;
- skatinama socialinių santykių plėtra, bendradarbiavimas, savitarpio pagalbos, pagarbos bruožai;
- atskleidžiami asmenybės kūrybiniai bruožai [9; p. 20].

Projekto metodas teigiamai vertinamas dėl įvairių priežasčių:

- besimokantieji įtraukiami į aktyvią ir prasmingą veiklą;
  - lavinami savarankiško ir kūrybinio darbo gebėjimai;
  - ugdomi gebėjimai bendrauti ir bendradarbiauti;
  - plėtojamas ir gilinamas pažinimas ir supratimas, mokėjimai ir gebėjimai;
  - ugdomas kritinis ir kūrybinis mąstymas;
  - tobulinami asmeniniai gebėjimai ar įgyjama naujų asmeninių kompetencijų, skatinamos asmens savybės ir vertybės;
  - stiprinamas domėjimasis iškelta problema, atsiranda teigiama mokymosi motyvacija“ [5; p. 44].
- Taikant projekto metodą svarbu apgalvoti vertinimo sistemą, nes vertinant dažnai susiduriama su sunkumais:
- projekto metu gali susidaryti situacijų, kurias sunku valdyti ir vertinti;
  - dėstytojui sunku kontroliuoti projekto grupių darbą ir rezultatus, aprėpti visų veiklą ir dalyvauti jų darbe;
  - nėra ir negali būti vieningų standartų, ką besimokantieji išmoks, jie gali išmokti dalykų, kurių nebuvimo galima iš anksto numatyti;
  - vertinant besimokančiojo pasiektus studijų siekius, sunku „išmatuoti“ kiekvieno grupės nario indėlį į bendrą grupės darbą [5, p. 69].

### Projekto metodo praktinis taikymas per paskaitas ugdant ir vertinant studentų dalykines bei bendrąsias kompetencijas

Projekto metodas gali būti pasiūlytas pirmo kurso studentams, studijuojantiems kalbos kultūros dalyką namų darbų užduočiai atlikti.

Užduotys.

1. Užduotis – sudaryti savo specialybės nevertotinių ir vartotinių terminų žodynėlį.  
Studentai turi:
  - susipažinti su savo specialybės terminais, išanalizuoti jų vartoseną (ištęstinių studijų studentams siūloma atlikti tyrimą apie netaisyklingų terminų paplitimą įmonėje, kurioje jie dirba, t. y. konkretaus atvejo analizė);
  - rasti netaisyklingiems terminams atitikmenis Valskybinės lietuvių kalbos komisijos terminų banke, Eurovox bei kituose norminiuose žodynuose, t. y. studijuoti literatūrą.
2. Užduotis – parengti pristatymą apie aktualiausias kalbos klaidas.  
Studentai turi:
  - iš šnekamosios kalbos, įvairių lankstinukų, spaudos, reklamos mieste, interneto surinkti medžiagos apie netaisyklingai vartojamą savo specialybės kalbą;
  - ištaisyti kalbos klaidas, jas sugrupuoti;
  - parengti pristatymą arba sukurti penkių minučių trukmės filmuką.

Projektą galima rengti grupėmis. Tuomet būtina sutelkti gerą komandą. R. Kučinskienės ir V. Kučinsko nuomone, kad susiburtų sėkminga komanda, būtina išspręsti keturias svarbiausias problemas:

- apibrėžti tikslą ir uždavinius;
- pasiskirstyti vaidmenis ir pareigas;
- išsiaiškinti darbų atlikimo tvarką ir kitas procedūras;
- sėkmingai valdyti tarpasmeninius santykius [4].

Dirbant grupėmis skatinama asmeninė atsakomybė, ugdomas savarankiškumas. Prieš atliekant užduotį būtina suplanuoti veiklą.

Užduočių atlikimo eiga arba svarbiausi projekto rengimo etapai:

1. Projekto inicijavimas ir pradžia.
2. Projekto planavimas.
3. Projekto įgyvendinimas.
4. Projekto ataskaita [13].

### 1. Projekto inicijavimas ir pradžia:

- studentai supažindinami su būsima veikla, projekto metodo paskirtimi. Svarbu sudominti studentus būsima veikla, paskatinti aktyviai į ją įsitraukti;

- planuojant veiklą studentai supažindinami su darbo pobūdžiu, aptariami bendrieji projekto rengimo reikalavimai;
- pateikiama užduotis – sudaryti savo specialybės nevertotinių ir vertotinių terminų žodynelį.

### 2. Projekto planavimas:

- numatoma studentų grupė;
- aptariama darbo eiga, apibrėžiamas konkretus užduoties atlikimo laikas – vienas mėnuo;
- pasidalijama darbais, paskirstomos užduotys, numatoma kiekvieno grupės nario atsakomybė;
- projekto dalyviai supažindinami su projekto pristatymo reikalavimais;
- projekto dalyviams pateikiami aiškūs vertinimo kriterijai;
- aptariami neaiškumai.

### 3. Projekto įgyvendinimas:

- projektas rengiamas grupėje: renkama medžiaga, studijuojama literatūra;
- dirbama iš anksto numatytą laiką – vieną mėnesį;
- projektas rengiamas savarankiškai, dėstytojas tik konsultuoja iškilus neaiškumams.

1 lentelė. Bendrųjų kompetencijų vertinimas

Užduotis	Ugdomos bendrosios kompetencijos	Bendrųjų kompetencijų elementų vertinimas
1. Kartu su kitais grupės nariais iš šnekamosios kalbos surinkti medžiagą specialybės terminų žodyneliui. 2. Valstybinės kalbos komisijos terminų banke rasti taisyklingų atitikmenų nevertotiniams terminams. 2. Įdomiai pristatyti grupei savo darbą. 3. Medžiagą išdėstyti nuosekliai, suprantamai. 4. Įtraukti klausytojus į diskusiją dėl terminų vartosenos.	Komunikavimas	1. Suteikia galimybę kitiems dalyvauti diskusijoje. 2. Parengia pranešimą naudodamasis tomis priemonėmis, kurios sudomina auditoriją. 3. Apibendrina pateiktą informaciją. 4. Informaciją pateikia nuosekliai.
1. Kompiuteriu surinkti informaciją, įkelti terminų nuotraukų. 2. Išspausdinti pranešimą.	Informacinės technologijos	1. Naudoja įvairius šaltinius bei tinkamas priemones informacijai rasti ir atrinkti. 2. Pranešimą suplanuoja taip, kad panaudotų informaciją iš skirtingų šaltinių.
1. Numatyti darbo tikslą. 2. Suplanuoti darbo rengimo eigą. 3. Įvertinti savo darbą.	Asmeninis tobulėjimas	1. Kitų asmenų padedamas planuoja, kaip bus įgyvendinti tikslai. 2. Laikosi plano, siekia įgyvendinti tikslus. 3. Apžvelgia pažangą pateikdamas laimėjimų įrodymus.
1. Apgalvoti, ką padarė gerai, o ką reikėtų tobulinti.	Problemų sprendimas	1. Randa, tiria ir apibūdina problemas. 2. Palygina galimus sprendimų būdus. Pasirenka tinkamiausią. 3. Įvertina rezultatus.

2 lentelė. Vertinimo kriterijai

Vertinimo kriterijai	Balas	Komentarai
Temos atskleidimas: aiški formuluotė, rasta įvairių (žodyno, morfologijos, sintaksės ir kt.) kalbos klaidų	2	
Naujausių šaltinių naudojimas, taisyklingi, šaltiniais pagrįsti kalbos klaidų taisymai	2	
Darbo įforminimas (vertinama, ar darbas įformintas pagal darbų įforminimo reikalavimus), išvadų pateikimas (ar pateiktos išvados konkrečios, atitinka darbe iškeltus uždavinius ir gautus rezultatus)	2	
Pranešėjo kalba taisyklinga, logiška, argumentuota	2	
Originalus savo darbo pristatymas (išsamus, nuoseklus, neiššęstas, nenuobodus), vaizdinės medžiagos pateiktis	2	
Iš viso	10	

#### 4. Projekto ataskaita.

- grupė apibendrina darbą, aptaria, kas pavyko, kas ne;
- grupė pristato projektą, aptaria iškilusias problemas ir pateikia jų sprendimo būdus;
- projekto dalyvių kalba turi būti taisyklinga, aiški, logiška, teiginiai pagrįsti argumentais;
- reikia naudoti vaizdines priemones. Projektas gali būti pateiktas kaip:
  - parengtas ir pristatytas pranešimas,
  - pateikta informacija,
  - paruošta vaizdinė medžiaga: sukurtas filmukas, plakatai,
  - paruošti lankstinukai,
  - aprašyta darbo eiga.

Atlikdami užduotį studentai ima suvokti, kad kalbos kultūros dalyko studijos prisideda prie bendrojo išsilavinimo. Anot profesoriaus A. Gudavičiaus, „kalbėdamas kiekvienas praveria savo langą į pasaulį. Kaip jis įvardija reiškinius, kokiais žodžiais klausia, kokia fraze kreipiasi, – toks jo pasaulis“. Supratę, koks svarbus jų įvaizdis visuomenėje, studentai pasiekia socialinę brandą, ima suvokti save kaip asmenybę. Rengdami projektą jie ugdo ne tik dalykines, bet ir bendrąsias kompetencijas.

Mokant kalbos kultūros naudinga rinktis projekto metodą ir kitus aktyvius metodus, nes kalba – kintantis reiškinys. „Kalba nuolat kinta, nes keičiasi visuomenės, arba kitaip – kalbos vartotojų komunikacinės reikmės“ [3]. Atsiranda naujų terminų, seni tampa neaktualūs ir yra išstumiami iš vartosenos. Kalbos kultūros dėstytojo užduotis – stebėti lietuvių kalbos vartosenos pokyčius, su jais supažindinti studentus, skatinti pačius ieškoti naujausios informacijos, t. y. pasitelkti aktyvius mokymo metodus, ypač projekto metodą.

Kaip rodo dėstyto patirtis, projekto metodas aktyvina studentus. Jie susidomi kalba, atranda, kad kalba – ne kalbininkų sugalvotų taisyklių, kurių privalu laikytis, rinkinys, kalbos vartotojai taip pat gali teikti siūlymų, prisidėti prie taisyklingos kalbos vartosenos, būti aktyvūs kalbos puoselėtojai. Taigi skatinama aktyvi studentų veikla, darbas grupėmis, bendradarbiavimas. Projekto rengimą galima sutapatinti su aktyviu studento darbu. Dėstytojas taip pat svarbus, jis – iniciatorius, skatinantis veiklą, pagalbininkas, veiklos partneris, galintis pasiūlyti temą, numatyti tikslą, eigą, rezultatus.

#### Išvados

1. Nuolatinės kaitos sąlygomis kinta studijų organizavimo principai, ugdymo turinio ir metodų reikavimai, todėl pageidautina rinktis aktyvius mo-

kymo metodus, ypač projekto metodą.

2. Kintant mokymo pobūdžiui, keičiasi mokymo proceso dalyvių vaidmenys: taikant projekto metodą studentai tampa aktyviais studijų proceso dalyviais.
3. Pasirinkus projekto mokymo metodą reikia tiksliai suplanuoti darbą, apgalvoti svarbiausius projekto rengimo etapus. Tai – projekto inicijavimas ir pradžia, projekto planavimas, projekto įgyvendinimas, projekto ataskaita.
4. Projekto metodas suteikia galimybę ugdyti ne tik studentų dalykines kompetencijas susiejant teoriją su praktika, bet ir bendrąsias kompetencijas: mokomasi dirbti komandoje, ugdoma atsakomybė už atliktą darbą, kūrybiškumas, aktyvumas, savarankiškumas, darbo organizavimo, bendravimo ir bendradarbiavimo, problemų sprendimo, informacijos paieškos ir apdorojimo ir kitos kompetencijos.

#### Literatūra

1. Bolonijos procesas 2020 Europos aukštojo mokslo erdvė naujajame dešimtmetyje. *Technologijos ir menas*, 2010, Nr.1.
2. *Dabartinės lietuvių kalbos žodynas*. Vilnius: Lietuvių kalbos institutas, 2006.
3. Karaliūnas, S. *Kalba ir visuomenė. Psicholingvistiniai ir komunikaciniai kalbos vartojimo bruožai*. Vilnius: Lietuvių kalbos institutas, 1997.
4. Kučinskienė, R.; Kučinskas, V. *Socialinių projektų rengimas ir valdymas*. Klaipėda: KU, 2005.
5. Pocevičienė, R.; Lukavičienė, V.; Augienė, D. *Praktinės projektų metodo taikymo galimybės*. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla, 2010.
6. Šalkauskis, S. *Rinktiniai raštai. Pedagoginės studijos 11 knyga*. Roma: Lietuvių katalikų mokslų akademija, 1992.
7. Šiaučiukėnienė, L.; Visockienė, O.; Talijūnienė, P. *Šiuolaikinės didaktikos pagrindai*. Kaunas: Kauno technologijos universitetas, 2006.
8. Šiaulytėnė, D. Kai kurie dailės mokymo bruožai taikant projektų metodą. In: *Pedagogika*, 2000, Nr. 47, p. 113123.
9. Šiaulytėnė, D. *Projektų metodas meniniame ugdyme*. Vilnius: Švietimo aprūpinimo centras, 2001.
10. Šernas, V. Sintezuotas ir individualizuotas užsienio kalbos komunikacinės koncepcijos ugdymo modelis. *Filologija*, 2005, Nr.13, p.90–105.
11. Tamošiūnas, T. *Projektų metodas ugdymo procese*. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla, 1999.
12. Teresevičienė, M.; Adomaitienė, J. *Projektai mokymosi procese: mokojoji knyga*. Kaunas: VDU, 2000.
13. Teresevičienė, M.; Oldroyd, D.; Gedvilienė, D. *Suaugusiųjų mokymasis*. Kaunas: KTU, 2004.
14. Vaitkevičiūtė, V. *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: Žodynas, 2001.
15. Zuzevičiūtė, V.; Žvinienė, V. *Projektų rengimas ir valdymas*. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2007.



## USE OF THE PROJECT METHOD FOR THE DEVELOPMENT OF SUBJECT AND CORE COMPETENCIES

**Jolita Grašienė**

*Vilnius College of Technologies and Design*

**Abstract.** The article deals with the use of the project method for the development of subject and core competencies. It explains the concept of this learning method and shares experience about possibilities to apply this method for teaching Contemporary Lithuanian. The project method is linked to the active development of subject and core competencies.

The aim of the article is to discuss possibilities to use the project method for the development of subject and core competencies.

The project method can be useful for the purpose of teaching Contemporary Lithuanian. Teaching experience shows that this method makes students more active. When we choose to apply the project method, it is necessary to accurately plan the work and think over the main steps of project preparation, namely initiation and start of the project, project planning, project implementation and project report. The project method gives an opportunity to develop subject competencies by relating theory with practice, as well as core competencies.

# POTENTIALITIES OF MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN LOGISTICS AND TRANSPORT

Maryia Hristova

Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Str.1574 Sofia, Bulgaria, mhristova@vtu.bg

**Annotation:** The paper presents an overview on new Information and Communication Technologies such as Cloud Computing, Internet of Things, Big Data, Mobile technologies, the Future internet that form the so-called Third Platform technologies. It summarizes their features, characteristics, models of service provision, operation principles, basic consumer benefits. The use of these technologies in logistics and transport is justified by giving examples of their implementations in Bulgaria and the European Union.

**Keywords:** Information and Communication Technologies (ICT), Cloud Computing, Internet of Things, Big Data, Logistics, Transport, Intelligent Transport Systems

## Introduction

The European policy in railway transport has the following objectives:

- Establishment of a single railway area.
- Improvement of rail service quality.
- Harnessing monopoly.
- Creating a framework for allocation of railway infrastructure capacity.
- Development of transport and environment-friendly technologies.
- Use of modern information and communication technologies.
- Establishment of a uniform European requirements and a single standardized approach to safety of the railway sector, etc. [7]

The innovation “*Strategy for development of transport system of the Republic of Bulgaria until 2020*” [8] outlines the vision 2020 that Bulgaria will have modern, safe and secure transport system meeting the needs for quality and safe transport. The purposes set in the Strategy include:

- Accelerate the development of research, technology transfer and innovations in ICT.
- Activation of the Bulgarian participation in the EC Framework Programmes in the field of ICT, etc.

New technologies and IT solutions are part of a successful strategy to create an effective, advanced and convenient rail transport in the European Union (EU) and Bulgaria in particular. The EU support has been contributing to improvement of administrative procedures, implementation of monitoring on traffic in real-time, electronic reports on freight, optimization of schedules, coordination of international routes, creation and development of security corridors, etc.

Conditions for development and use of integrated information management systems facilitating the service of mobility and ensuring maximum control and secure transport have been created. The introduction of modern ICT is aimed to achieve greater security, safety and mobility, and build modern infrastructure. [3].

## 1. Third Platform Technologies

The concept of **Third Platform** appeared in 2013 as using it, the analyzers from *International Data Corporation* (IDC) have been trying to describe the global transformation of information technologies. Over the next five years, 90% of companies’ IT investments will involve Third Platform technologies. While organizations will still need servers, PCs, client- and PC-based applications, and miles of cables, these technologies will serve mainly as tools to facilitate the use of mobility, Cloud Computing, Big Data analytics, and social networks. Architectures, communication processes, and IT contracts will change. And organizations’ awareness of their capabilities and potential will increase dramatically. The decisions of the Third Platform will be the main driving force of ICT industry during the next decade [9]. According to IDC forecasts, by 2020 the market volume of information and communication technologies will reach \$ 5 trillion (\$ 3.2 trillion compared to 2013), at that 40% of revenues and 98% of growth will be provided by technologies within the “Third Platform”. While organizations will still need servers, computers, client- and PC-based applications and kilometers of cables, these technologies will serve primarily as instruments to facilitate mobility, cloud services, analysis of large volumes of data and business through social networks. Thus companies will significantly increase the use of their hidden potential.

The main ‘pillars’ that form the **Third Platform** are:

- Cloud Computing
- Internet of things
- Mobile technologies
- Big Data
- Social Media

### 1.1. Cloud Computing

#### *Characteristics*

The heart of the Third Platform is “cloud” (**Cloud Computing**). It provides access to the full functionali-

ty of applications we have used to deal daily anywhere and anytime. Cloud services represent a new model of consumption of ICT services: with this model the high-tech products (servers, storage, software, etc.) are consumed through Internet in real time. Different organizations have their own definitions of the term [1, 10], but most often they include three distinctive features that make *Cloud Computing* services different from traditional hosting:

- They are provided according to demand and are usually sold per hour and minute.
- They are elastic: the user can select services as many as he/she desires and can change them according to his/her needs.
- They are entirely operated by the supplier: the practical user does not need anything but a personal computer and Internet access.

### **Models of Cloud Computing services delivery**

Delivery models of cloud services can be divided into the following main categories [11]:

- Infrastructure as a Service (IaaS) – IaaS is a form of cloud computing that provides virtualized computing resources over the Internet. In an IaaS model, a third-party provider hosts hardware, software, servers, storage and other infrastructure components on behalf of its users. As with any other form of cloud service, users should not possess the equipment and assets but they pay for using the service, which is available to them on the shared infrastructure.
- Platform as a Service (PaaS) – PaaS is a cloud computing model that delivers applications over the Internet. In a PaaS model, a cloud provider delivers hardware and software tools – usually those needed for application development – to its users as a service.
- Software as a Service (SaaS) – SaaS is a software distribution model in which applications are hosted by a vendor or service provider and made available to customers over a network, typically the Internet.
- Desktop as a Service (DaaS) – DaaS is a cloud service in which the back-end of a virtual desktop infrastructure (VDI) is hosted by a cloud service provider
- Monitoring as a Service (MaaS) – MaaS is a framework that facilitates the deployment of monitoring functionalities for various other services and applications within the cloud.
- Communications as a Service (CaaS) – CaaS is an outsourced enterprise communications solution that can be leased from a single vendor. Such communications can include voice over IP (VoIP or Internet telephony), instant messaging (IM), collaboration and videoconference applications using fixed and mobile devices. CaaS has evolved along the same lines as SaaS.
- Everything as a Service (XaaS) – XaaS is a collective term that stands for a number of things including X

as a service, anything as a service or everything as a service. The acronym refers to any of an increasing number of services provided over the Internet that have been traditionally provided locally.

- Business Process as a Service (BPaaS) BPaaS is a form of business process outsourcing (BPO) that employs a cloud computing service model.

### **Key benefits for Cloud Computing users**

- Cost savings: use of services without a necessity of capital investment in expensive IT infrastructure, software, maintenance, upgrades, etc.
- Rapid provision with additional resources and infrastructure after a customer's request.
- Safe, secure and saving way to achieving and back up.
- Access to corporate information anywhere, at anytime.
- Privacy and security of information, etc.

The basic idea of cloud services is outsourcing of different functionalities, which eliminates the need for companies to buy, install, maintain and upgrade hardware and software necessary for the operation of certain business aspects. Cloud services include rental of IT and communications infrastructure and services of specialized IT companies eliminating the need for capital investment in its own infrastructure, software licenses and human resources. They quickly became widely accepted and accessible model of work at companies around the world. Cloud services are flexible, their volume is adapted to the current needs of the customer and is priced according to the volume of use.

Cloud technologies lead to the fifth industrial revolution. According to industrial organization *Euro Cloud Europe*, 2.5 million new jobs will be created with their help in Europe and the GDP of the EU countries will increase by 160 billion annually. The factors in business that promote the penetration of cloud services include industry (development of communication between machines – M2M, Internet of things, etc.), mobility, which enters the transport (logistics systems) [2], navigation and cars (over 100 CPU in new vehicles). An important incentive is the deployment of intelligent urban infrastructure (the so-called smart cities and smart public services), “smart” lifestyle (e.g. electronic and mobile health), and last but not least improvement of IT business services (analysis of Big Data, smart data protection). According to IDC data, the forecast for 2017 is that the global volume of cloud market will reach \$ 107.2 billion.

According to the forecast of Gartner Inc.<sup>1</sup>, **Cloud Computing** is one of the 10 strategic technology trends for 2015. Analysts define a technology as strategic if it has potential to significantly impact on organizations for next three years [12].

<sup>1</sup> American information technology research and advisory firm providing technology related insight headquartered in Stamford, Connecticut, United States

## 1.2. The Internet of Things

The IERC<sup>2</sup> definition states that *Internet of Things* (IoT, also *Industrial Internet*) is “A dynamic global network infrastructure with self-configuring capabilities based on standard and interoperable communication protocols where physical and virtual “things” have identities, physical attributes, and virtual personalities and use intelligent interfaces, and are seamlessly integrated into the information network”. *Internet of Things* is a technology and a market development based on the inter-connection of everyday objects among themselves and applications. IoT will enable an ecosystem of smart applications and services, which will improve and simplify EU citizens’ lives [13].

The concept of IoT is aimed at connecting as many objects of environment as possible (daily used items such as smartphones, cars, household appliances, industrial equipment, clothing and even food) to the global network Internet through smart chips. So, these things will be able to collect and exchange data. To 2020 IoT is expected to link 28 billion “things” to the network. The innovation of *Internet of Things* shall simplify and optimize various processes, to create new ones, which in turn will generate additional revenue or save certain costs.

ICT can transform other sectors within transport, education, entrepreneurship, industry, services, etc. This will be due to the fact that transformation is forthcoming: linking everything in the global network. According to *The Goldman Sachs Group, Inc.*<sup>3</sup>, now there are a number of prerequisites for conversion of *Internet of Things* from a futuristic concept to reality.

Nowadays over 50% of all activity related to Internet of Things refers mainly to production, transport services, smart cities and consumer applications but in next 5 years the initiatives in the field of *Internet of Things* will begin to be applied in all sectors, for example: intelligent power supply (prepaid energy, smart metering with accumulation, e-Mobility); smart transport; smart buildings and lifestyle; health, etc.

There are opportunities to use IoT in other fields such as data collection, remote control, robotics, remote monitoring, tracking conditions, traffic regulation, remote diagnostics and equipment service, security systems, logistics, management of vehicle or machinery parks, telemetry (automated communications process, which is used to transmit and receive data collected by measurements of monitoring equipment – e.g. meteorology, agriculture, water control, energy monitoring, testing of products and services), telemedicine (transmission of data about the physical condition of people in real time to other apparatus, which performs monitoring and alerts when there is a problem), etc. [5]

Forecasts [17] show that:

- In the next five years service providers will begin

to store more than 90% of all data related to the Internet of Things: cloud services will simplify their integration.

- In the next two years breakthroughs in safety issues connected with the Internet of Things will be monitored in 90% of IT environment; safety managers will certainly need to implement relevant new policies.
- By 2018, 25% of total budget expenses of the city administration will be related to projects aimed at smart cities: with introduction and operation of the Internet of Things.

Businesses are increasingly aware of the possibilities of IoT for innovation of products and services, improving information for users and applicability of the services available to them, the creation of more efficient operations in real time. Users increasingly expect to have access to all aspects of their lives at any time, on any place, on any device, looking for interactivity and control that go far beyond the simple delivery of a product or service. For example, a recent survey carried out by *Ericsson Consumer Lab* showed that nearly 70% of smartphone owners today want interactivity and control for utility, transportation and health services.

### *The Internet of Things in logistics and transport*

When in 1999 Kevin Ashton defined *Internet of Things* as terminology, a new sphere and business opportunities appeared. IoT refers to the interconnection of uniquely identifiable embedded computing-like devices within the existing internet infrastructure. IoT focuses on “Machine-to-Machine” communications. Backbones are cloud-based GPS and Radio Frequency Identification (RFID). Data gathered from GPS and RFID technologies allows not only chain professionals to automate transport and delivery by exactly predicting the time of arrival; they can monitor important details such as temperature control, which impact the quality of a product in-transit. Furthermore, IoT helps logistics and supply chain professionals to:

- reduce asset loss;
- reduce and save energy consumption (e. g. fuel, etc.);
- ensure temperature stability;
- manage warehouse stocks etc.

### *Risks of Internet of Things*

*Internet of Things* raises many questions related to ensuring security. All of these “things” can exchange information with each other but also to share information on their condition and location of third parties. This in turn may reveal information about their owners. To keep security and ensure privacy, the European Commission launched a public consultation to determine the legal frameworks for networked “smart” objects.

## 1.3. M2M communications

The automatic exchange of information between machines and devices, known as *M2M* (*machine-to-*

<sup>2</sup> European Research Cluster on the Internet of Things

<sup>3</sup> American multinational investment banking firm that engages in global investment banking, securities, investment management, and other financial services primarily with institutional clients

machine) communication, is closely connected with concepts *Internet of Things* (IoT), *Cyber-Physical Systems* (CPS) and *Industry 4.0* (the so-called fourth industrial revolution). As a whole M2M technologies ensure potentialities of effective control, sharing and dissemination of information between machines, operators, technology equipment, facilities and systems for data management [14].

### Principle of operation

M2M solutions include smart sensors and micro-processors embedded in the remote asset and communication module that receives and transmits data to the central management systems where they can be analyzed and processed. It is often that the end point connected to M2M transmits and receives data by wireless networks using GSM, GPRS, EDGE, 3G, LTE or Wi-Fi and WiMAX. For other uses it is appropriate to establish link with a fixed line using copper, fibre optic cables or Ethernet. With implementing the M2M concept each case is unique, but there are four main stages that are common for almost any M2M application. These are: data acquisition; selected data transmitting via a communication network; data analysis; an action based on the information available.

### Applications of M2M communications

Due to expanding global cellular coverage, the potential of M2M communications is almost unlimited: the applications include tracking vehicles and assets; remote control of machines, identifying critical situations in industry, smart metering of energy resources, industrial and building automation; security and remote video surveillance, ATM (automated teller machines), POS terminals and devices of paying bills; management of logistics processes, tracking shipments, vehicles and control of fleet; smart management of buildings, apartments and infrastructure (lighting, traffic lights), etc.

## 1.4 Big Data

Big Data has been pointed out by all leading analysts as one of the most promising developments in the field of ICT for several years. *Big Data* is a popular terminology name used to describe the exponential growth and availability of data, both structured and unstructured. "Big data" is understood as a whole range of technologies and solutions allowing to operating with huge volumes of information that humanity have begun to produce for recent decades.

Big Data is high -volume, high -velocity and high-variety information assets that demand cost-effective, innovative forms of information processing for enhanced insight and decision making (*Gartner*). As far back as 2001, industry analyst Doug Laney (currently with *Gartner*) articulated the now mainstream definition of big data as the **three Vs** of big data, enormous volume (**Volume**), velocity of updating (**Velocity**) and

variety of input information (**Variety**). Today **Variability** and **Complexity** are added as well [15].

The sources of big data are many in today's world. They include constantly entering data from measuring devices, events from RFID (*Radio Frequency Identification*), streams messages from social networks, meteorological data, data streams for the location of subscribers of cellular networks, web sites, e-commerce, banking transactions, sensors and detectors, search engines, GPS coordinates and other devices for audio and video registration, etc. Mass distribution of the above-mentioned technologies and models of using different types of devices and Internet services are namely the starting point where the penetration of Big Data in all spheres of human activity, especially in research, in commercial sector and government has begun.

#### Benefits of using Big data:

- More informed decision making – for government, business, and individuals
- Assist in identification of trends
- Gain competitive advantage
- Support greater innovation
- Increase productivity
- Leverage technology opportunities

#### Challenges of using big data:

- Separating the signal from the noise
- Data fragmentation across multiple systems
- Recruiting skilled workers
- Privacy and security
- Limitations of data – risks of responding to problems using data alone
- Access and leveraging its full potential

### Using Big Data in transport sector

The following statement on Big Data applications in the transport sector was made at the *International Transport Forum 2013* [16]:

#### Governments use Big data via:

- Traffic Controlling
- Transport Planning and Modelling
- Route Planning
- Congestion Management
- Intelligent Transport Systems

#### The Private Sector use big data via:

- Travel Industry
- Route Planning and Logistics
- Revenue Management
- Competitive Advantage
- Technological Enhancements

#### Individuals use big data via:

- Route Planning (save time/increase fuel-efficiency)
- Travel (tourism)

The analysis of company data is increasingly used by companies (including the leading players in this market – companies such as HP, IBM, Microsoft, Oracle and SAP) to improve their businesses and gain competitive advantages. The analyses themselves vary



from reports on past activities to real-time analyses and forecasting including more and more and different types of data and apply more complex methods of analysis combining cloud computing with big data. The speed of processing of Big Data allows to carry out predictive analyzes and to offer recommendations for the future to businesses. [6]

### 1.5 The Future Internet

As a basic infrastructure for economic growth, employment and social progress Internet shall meet the huge expectations of society. The focus of support to the development of *Future Internet* is to solve the following problems:

- Overcoming the limitations of existing communications network with respect to the growing demands of the so-called hyper-connected world and transition to the fifth generation of networks to become the basic infrastructure of the future Internet.
- Development of infrastructures for cloud computing and services based on it.
- Development of more efficient computational models and models of data management;
- Encouraging innovative use of Internet and the development of WEB entrepreneurship.

The Future Internet will make infrastructures and business processes smarter (i.e. more intelligent, more efficient, more sustainable) through tighter integration with Internet networking and computing capabilities. The Future Internet is not just about mastering the technology—but about working together. The Future Internet Public Private Partnership (FI-PPP) is a European programme for Internet-enabled innovation. Its aims are to advance Europe's competitiveness in Future Internet technologies and to support the emergence of Future Internet-enhanced applications of public and social relevance (<http://www.fi-ppp.eu/>). The FI-PPP will accelerate the development and adoption of Future Internet technologies in Europe, advance the European market for smart infrastructures, and increase the effectiveness of business processes through the Internet. The FI-PPP looks at different sectors such as transport, health, and energy. It defines possible innovative business models for these sectors.

## 2. Implementation of modern ICT in logistics and transport

The European Commission invests in advanced ICT technologies through the Framework Programmes of research and development (FP 5-6-7) and the Framework Programme for Competitiveness and Innovation (CIP). For example, in the field of transport it is actively promoting their implementation through action plans on freight transport logistics and Intelligent Transport Systems (ITS). The European industry is a strong player in many of these technologies, such as telecommunica-

tions equipment, enterprise software and semiconductors. Internet of Things, drones, 3D printing and nano-satellites are the leading technology trends in 2015. These examples are based on several main technologies such as Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC), 2-dimensional bar codes, wireless sensors and actuators, Internet Protocol version 6 (IPv6), ultra-wide bandwidth or mobile networks or 3/4G, as they all are expected to play an important role in future implementation [4].

Advanced logistics IT systems offer not only multifunctional opportunities. Promising IT systems are characterized by flexibility and the possibility of integration. Flexibility is assessed in terms of utility systems in changing dynamic business processes and integration is sought on different levels: integration into advanced IT infrastructures, systems integration emerging from within the enterprise and integration of advanced technology.

The connection between ICT and logistics holds the potential of the future sustainability of the business and logistics location in Europe. It is therefore the central strategic requirement of logistics to take on a stimulating and leading role in computer sciences and in the development of information technologies. The 4th Industrial Revolution and especially the software and hardware developments and the corresponding algorithms and their application in logistics need to be accelerated.

### Examples

- European information systems in railway transport
  - **ISR** –International Service Reliability for Freight wagon and tracking system – It is developed by RAILDATA – an NGO centrally managing the exchange of data between freight information systems in the field of railway transport.
  - **ORFEUS** (Open Railway Freight EDI System) is also developed by RAILDATA. It is used to process and exchange electronic bills of lading.
  - **Train Information System (TIS)** – real-time data transmission.
  - **Path Co-ordination System (PCS)** Telecom- munication internet-based system to facilitate international rail routes.

Data transmission in ISR and ORFEUS implemented by using a virtual private network *Hermes VPN* provided by British Telecom and managed by *HIT Rail*. *ORFEUS*, *TIS*, *PCS* and Electronic registers of ERA presents HERMES applications actively using **cloud services HEROS** (<https://www.hitrail.com/heros>) as well as the built-up information communications infrastructure HIT Rail Hermes VPN service for train data exchange and management. HEROS (HERmes Open Services) is a cloud middleware service offering message interoperability for the European Railway Industry. HEROS provides cloud services providing data exchange through different channels and in different

formats. The main advantage provided by HEROS, is that it allows the railway companies to exchange data with existing and new partners without modifying their applications.

Thus it ensures seamless exchange of e-messages between multiple participants in the railway business in its economies railway companies, offices ticketing, transport companies, carrying different loads, etc. Cloud technology removes the need to hold expensive computer configurations.

- RFID in Rail – This advanced Radio Frequency Identification (RFID) technology delivers information to both onboard and track-side systems in rail applications such as traffic control, passenger information, maintenance and quality control. RFID technology applications in Railway Management helps to ensure safety, enhance operations, and boost service levels in the rail transport industry. RFID system solutions are based on cloud computing SaaS (Software as a Service or System as a Service) and GAO Auto-ID engine.
- Within automotive industry the integrated services can provide a range of different functions and capabilities. Currently there are a number of car applications related to M2M communications or telematics. These include systems eCall (in case of an accident the system automatically sends a signal to the nearest emergency centre); bCall (with a fault in the vehicle the diagnostic system automatically retrieves and transmits data on the technical condition of the vehicle to the service centre); tracking of a stolen vehicle, etc. ITS action plan to identify a number of goals for activation of different solutions within the transport sector where M2M plays an important role has been launched in the EU. Among the key ones are the provision of interoperable solutions (within the EU and between different transport systems) to reduce congestion, traffic casualties and CO<sub>2</sub> emissions using intelligent transport systems, etc.
- «BDZ Freight services» Company has implemented two major IT projects recently: “System of planning and resource management – rail freight” and “System of tracking and tracing of rail transport” in connection with the project “Multimodal platform “Adriatic – Danube – Black Sea” funded under Operational Programme for Transnational Cooperation “Southeast Europe 2007–2013” and co-funded by the European Regional Development Fund”. [18]

Currently the systems are in regular use and offer new opportunities to their customers: electronic submission of requests for loading wagons and bills for cargo transportation in domestic and international traffic, e-mail notification of customers about accepted, modified or rejected request, notifying customers about the shipment arrival at the end station and wagon arrival at the border station, detailed information

about the location of railway wagons in the network of the country. Also, solutions for environment-friendly freight transport of higher quality and more efficient use of existing infrastructure in the region of Southeast Europe are offered.

To operate the two systems, *cloud services* exported to an external data centre, a cloud application server and cloud database are used. Server 8 and MS SQL Server 2012 installed on Windows 2012 are used as an application server and DBMS. A participant in the project is the Slovenian Railways Company. Currently the “BDZ Freight” Company has established contacts with the railway operators in Serbia and Turkey to include them in the system. This will lead to the possibility of pre-planning and organization of work at our border crossings with neighbouring countries, tracking the international trains and information transfer to customers.

- Intelligent Transport Systems (ITS) – IT solutions that improve traffic flow, increase road safety, help to protect the environment and enhance public security by managing access in urban areas, by monitoring traffic and enforcing traffic laws, by controlling traffic flows and preventing traffic jams, or by detecting incidents in tunnels and on the open road. In ITS Cloud Computing, Big Data, Mobile technologies are applied (example ERTMS).
- Several high-tech companies including AT&T, Cisco, IBM, GE and Intel created a consortium for industrial Internet IIC (Industrial Internet Consortium). The group’s objective is to eliminate barriers of different technologies and thus simplify the access to large data and integration between physical and digital environments. The consortium will establish common architectures and deployment options that will enable enterprises of aviation, transport, health and energy to run and use applications for industrial internet in any place and at any time.

## Conclusion

New ICT technologies such as *Cloud Computing, the Internet of Things, Mobile technologies, Big Data and the Future internet* are constantly changing the way people work and collaborate. It is an undisputable fact that industry of transport and logistics services is highly dependent on ICT. The rail sector in the EU faces a number of challenges and global competition, which carries out innovations and investments in new technologies, information systems and solutions for increasing the efficiency of this type of transport activity. The interaction between transport, information systems, technologies and communications leads to improvements in the efficiency of resource use. The success of the sector is determined by the quality of services, and it directly depends on the capabilities of ICT efficiency.

## References

1. Ilin Vl., Simic Dr., V. Svircevic and N. Saulic: *Cloud Computing Applications in Global Logistics*. Information System Infrastructure, Dec. 2013, Volume 1, No. 1 (Serial No. 1), pp. 30-38
2. Bahga A.; Vijay K. Madiseti *Cloud-Based Information Technology Framework for Data Driven Intelligent Transportation Systems*. Journal of Transportation Technologies, 2013. 3, 131-141 , <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=30404>,
3. Vladimirova M., *Comparative Analysis of European and Bulgarian systems in the area of the railway sector*, PhD Thesis: 2015.<http://www.slideshare.net/MMEEVV/ss-45761943>
4. *ECITL\_confbook.pdf*, Dortmund, GERMANY 7th European conference on ICT Transport logistics, ICT drives transport logistics cooperation, 2014. [http://www.ecitl.eu/ecitl\\_2014/ECITL\\_confbook.pdf](http://www.ecitl.eu/ecitl_2014/ECITL_confbook.pdf)
5. *Internet of Things –From Research and Innovation to Market Deployment*, River Publishers Series in Communication, Editors Ovidiu Vermesan Peter Friess, [http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC\\_Cluster\\_Book\\_2014\\_Ch.3\\_SRIA\\_WEB.pdf](http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC_Cluster_Book_2014_Ch.3_SRIA_WEB.pdf)
6. *Big data and analytics in travel and transportation*. IBM, <http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en/gbw03215usen/GBW03215USEN.PDF>
7. [http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/bg/displayFtu.html?ftuld=FTU\\_5.6.6.ht](http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/bg/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.6.6.ht)
8. <https://www.mtitc.government.bg/page.php?category=451&id=3756>
9. [http://technews.bg/article-70691.html#.VRz\\_wmEcTrc](http://technews.bg/article-70691.html#.VRz_wmEcTrc)
10. <http://dgm.bg/za-oblaka/definitisii/>
11. <http://whatis.techtarget.com/definition>
12. <http://computerworld.bg/>
13. <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/internet-things>
14. Engineering Review – the Industrial Magazine of Bulgaria. 2013, 6, Access via Internet <http://engineering-review.bg/>
15. [http://www.sas.com/en\\_us/insights/big-data/what-is-big-data.html](http://www.sas.com/en_us/insights/big-data/what-is-big-data.html)
16. <http://www.openskydata.com/assets/media/downloads/BigDataOct2013.pdf>. <http://www.internationaltransportforum.org/>
17. <http://www.internet-of-things-research.eu/index.html>
18. Ганева, Н. *Новите ИТ решения – стъпки към повишаване на конкурентоспособността на „БДЖ – Товарни превози* , <http://cio.bg/6985>

# COOPERATION BETWEEN UNIVERSITIES AND BUSINESS IN UKRAINE: CURRENT STATE AND POSSIBLE WAYS OF DEVELOPMENT

Olesya Shcherba<sup>1</sup>, Tetyana Nestorenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ukrainian Academy of Printing Technology, Lviv, Ukraine,*

<sup>2</sup> *Berdyansk State Pedagogical University, Berdyansk, Ukraine*

**Annotation.** The article describes the problems of educational institutions from the perspective of non-compliance of their graduates to market reality and on the other side about sharpening of competition between enterprises. To solve these problems are proposed effective cooperation between science, education and business. Positive sides of such cooperation and the necessary conditions for their achievement through overcoming the barriers to it are shown in this research.

Business incubators as a mechanism of cooperation of business and universities are considered in this article. Special attention is paid to the academic business incubator as a promising mechanism of establishment of cooperation between business and universities. The article discusses the possibility of implementation in Ukraine of Polish experience to create academic incubators business.

**Key words:** business, university, cooperation, barriers, academic business incubator.

## Introduction

Relevant to many countries there is actual the existence of a problem of effective education at the present stage of economic development. A high level of educational institutions is often achieved by building closer links between educational institutions and commercial structures, more active participation in the educational processes of employers and other social partners, to strengthen the research base of institutions of higher education. These tasks are particularly important for Ukraine, where combination and collaboration in triumvirate “science-education-business” are a serious problem through objective reasons of historical transformations, as well as in modern warfare.

### 1. The main directions of cooperation between universities and business

Sustainable economic growth of any country is not possible without the active development of the real sector. Identification of the entrepreneurial potential of young people, creating favorable conditions for the development of entrepreneurship should be considered as one of the major challenges in ensuring the country's economic growth. An important role in solving this problem belongs to the universities.

Today during economical crisis in Ukraine, as well as in war, the country suffers entrepreneurship. In addition, global trends suggest that the life cycle of products every day, and reduced competition among enterprises is very sharpened. And in order to venture was competitive, we must constantly look for new resources, technology, ideas, and others. If we analyze the experience of cooperation in this area in other countries, we can see that competitive enterprises are placed around research centers and universities. Universities also benefit from interaction with business.

Ukrainian and world trends indicate that cooperation between business and university can create mutually dividends. University is no longer an organization where monotonically participation in educational and scientific work, which has a preassigned future and is entirely dependent on state support. In modern conditions university it's a big, complex, demanding, competitive business whose survival largely depends on the smooth cooperation with other market participants, and their accounting requirements in the scientific and educational process [10].

On the other hand, strategic resource of any organization are employees. Their knowledge, skills, abilities depend of the learning process. However, this knowledge often doesn't meet the requirements and needs of modern organizations.

For modern labor market of young professionals characterized by a conflict between the traditions of higher education and the needs of potential employers. As the results of the study, at least 38% of newly hired need immediate retraining. Perfecting each company loses an average of one to three months and spends amounts that greatly exceed the average cost [7].

The most common model of partnership between universities and enterprises in Ukraine -is training services for companies through internship programs, practical training. But this interaction often is non-effective through mistrust and fear of students to provide technical and economic results of their activities. Therefore, we must search suitable for Ukraine efficiency western models covering a partnership in educational, research and innovation.

Successful examples of international cooperation between universities and businesses are Stanford University and Michigan Technological University. Such cooperation and formation at the same area scientific, research and production centers are extremely underdeveloped in Ukraine, and universities are doing only the first attempts to develop, partly, with the participation of the State Tax Service of Ukraine.

Development of the interaction of science, education and enterprises in Ukraine in the period from 1991 to the present days, on the one hand, characterized by an adequate response to a number of acute socio-economic problems, on the other hand, was driven correctly grown positive assumptions and factors: development of new economic activities, support the progressive state of the innovation process, active participation in international research programs, the integration of higher education into European educational space, the increasing number of universities and their researches [6].

At one of the round tables devoted to the consideration of solutions commercialization of university development and the problems of organization process technology commercialization in Ukrainian universities (held June 19, 2013), First Deputy Minister of Education and Science of Ukraine Yevgen Sulyma noted that Ukraine today has enough potential for accelerated development activities for many research areas. The direction in which it is necessary to develop cooperation between universities and business:

Fundamental science;  
Energy efficiency;  
Rational using of nature;  
Preventive measures and treatment of common diseases;  
The most modern information and communication technologies;  
New substances and materials [4].

One of the problems in the context of search and create a new and mutually beneficial cooperation, is that scientific and educational institutions usually do not have the ability to scale to advertise themselves, as well as participate in the exhibitions, the more fair as one of the traditional and powerful means of PR. However, they have the possibility of parallel "open days", reunions, etc. Of course the same purpose can be widely used contact with the audience at scientific conferences, symposia, and so on, especially on themes of the problems of education.

For any educational institution shall be submitted sufficiently important contacts and links not only with the direct end-users of their services, but also with the bodies legislative authority and executive power, lobbying, including in the region, with industry associations employers, Trade Union and others. However, so should not be underestimated and such an important provision as educational cooperation – set educational administration, research and teaching staff, other staff and students. The relevance of cooperation between educational institutions is determined primarily by three factors: the common problems facing them, the possibility of mutual capacity building of each other and the number of students, as well as a great resource constraints. Simple and traditional exchange of experiences between colleagues is clearly insufficient for education. They need cooperation.

So we can conclude that the interaction between universities and business is extremely profitable for all.

Positives from the cooperation between universities and business:

- increased professional level of teachers,
- improving the process of preparing specialists graduates,
- business is able on the basis of high school to prepare highly qualified personnel best suited to his needs,
- graduates are guaranteed employment of their specialty,
- promotes the development of research activities in the university and innovation in the country,
- increases the possibility of cooperation between teachers and scientists, exchange of experience between them,
- increasing quality of cooperation in the triangle of the university-enterprise-state.

But, as the results of research and development of effective partnerships between business and universities prevents many barriers.

## 2. The main barriers to effective collaboration between business and universities.

For these studies, conducted by the Development Center of the Corporate Social Responsibility (Center "Development of CSR") in October 2013, we can conclude that, from the point of view of the representatives of high school, the main barriers are a lack informed business opportunities for cooperation with universities and focus business only in quick profits (Table 1) [6].

Table 1. The main barriers to effective collaboration between business and universities (according to representatives of universities, score for the 5-point scale)

Barrier	Assessment
Business insufficiently informed about the possibilities of cooperation with universities	3,1
Business focused only on quick profits	3,0
The difficulty of reconciling the legal aspects of intellectual property	2,6
Business doesn't have enough financial resources to expand partnerships with universities	2,1
Issues of confidentiality of information	2,1
Business does not understand the realities and working conditions of universities	1,8
No persons in universities responsible for contacts with the business	1,5

So, the least stem the tide of cooperation between business and universities, according to the interviewed representatives of universities, the following factors:

- no persons in universities responsible for contacts with business;
- lack of understanding of the realities of business and operating conditions of universities.

However, these factors, according to representatives of business, just more powerful at the development of cooperation. They believe that the noisiest for cooperation are misunderstanding of higher education institutions realities of the world of business and bureaucratic of institutions (Table 2) [6].

Table 2. The main barriers to effective collaboration between business and universities (according to representatives of business, evaluation for a 5-point scale)

Barrier	Assessment
The university does not understand the realities of working conditions and the business world	3,0
High schools are too bureaucratic structures	2,6
The difficulty of reconciling the legal aspects of intellectual property	2,4
No persons at high schools are responsible for contacts with business	2,3
Lack of awareness about the possibilities of cooperation with universities	2,1
High schools do not have their own resources for the development of partnerships	2,1
Issues of confidentiality of information	2,0

Bureaucratic institutions of higher education, the reluctance of the administration to take on an additional burden and problems, no apparent interest in the employment of university graduates and the demands of educational institutions to pay some money for the activities of the companies (seminars, presentations and so on) are the main obstacles in partnership of universities and companies identified by another research "Experience of employment of graduates: graduates and employers opinion" [3].

So, to sum up, the main problems existing in Ukraine in the connection university – enterprise are:

- non-participation of enterprises and impossibility their impact on learning disciplines and criteria of learning process;
- lack of tax incentives for business companies sponsoring the research and development and the learning process of universities;
- lack of protection of intellectual property;
- bureaucratic of the universities.

The analysis leads to do the conclusion that there are some forms of cooperation the most relevant today for Ukraine, such as:

- consulting;
- collaboration in scientific research (research projects) activities;
- collaboration in studying activities (targeted programs, training), in the framework of innovation infrastructure (technology parks, incubators), and outside of it;
- participation of business communities at the management of the institution (Supervisory Board);
- the creation of new educational institutions (private universities);
- financing of scientific and educational projects.

Thus, the reform of higher education in the main lines of the national innovation system will provide not only the additional tide in education, but also will be the key to its high flexibility and adequacy requirements of the innovation economy by ensuring effective communication "science-innovation-consumption».

### 3. Business incubator as a tool of supporting of new enterprises

The model of the modern university involves promoting entrepreneurship among students, alumni, as well as teachers. Achieving this goal is facilitated by the establishment and active operation of business incubators, affiliated with universities.

Nowadays, based on the experience of EU countries there is growing interest in the academic entrepreneurship in Ukraine.

Academic entrepreneurship is seen as a means to combat high unemployment among university graduates as a way to align the structure of the supply of labor demand in the labor market.

Ukraine has attempted to create a business incubator for young people. For example, Rivne business incubator designed for people under the age of 28 years, although stipulates that 30% of customers may be older [1]. Preparing to open their own business is free of charge. The new-made entrepreneur, becoming a member of an organization, chooses a package of services. This package is provided by a business incubator. A new firm can stay in the incubator up to 6 months. After this period a firm has to leave business incubator.

However, participation in such a project presupposes that a entrepreneur has to have start-up capital. But students and graduates very often dont have such funds. The need for registration of the company in various state bodies and institutions will take time, nerves and costs at a time when the company does not work and have no income. There is also no guarantee that the period of 6 months will be enough for start of independent work of new firm.

Therefore, this model of business incubator used, in Ukraine, is unacceptable in the case of the selection of model to promote the entrepreneurship among students and graduates. In Ukraine the business incubators that would provide targeted services for this category of business start-ups have to take into account their specificity.

Academic entrepreneurship is a form of interaction between universities, research institutions and businesses located in a region. The aim of this cooperation is the implementation of the results of scientific research and the commercialization of new knowledge by creating new links between innovative firms, students, alumni and staff of universities.

It should be noted that the development of entre-



preneurship in the academic environment, despite its necessity and prospect is not yet widespread in all EU countries. But, for example, there were created several business incubators in large academic centers. These academic business incubators (ABI) are facilitating the involvement of students, doctoral students, graduates, and scientists to business. Organizational initiative of creating of incubators emerged in the framework of the regional development strategy in different regions of Poland.

In difference countries, incubators are mainly non-governmental organizations associated with local and regional authorities, regional development agencies, universities, chambers of commerce, as well as large firms.

#### **4. Academic business incubator as a link between universities and business**

Any student or graduate can create his own company with the help of a academic business incubator. With the help of the staff (moderators) of ABI such potential entrepreneurs can write a business plan, to implement his business ideas, to register an enterprise in the framework of business incubator. In some cases, ABI can provide for a new firm the reimbursement of start-up costs and some kind of current costs. Any student or graduate with good business idea and business plan can get the support in his own business, regardless of the intended scope of the new venture.

The main task and purpose of ABI is the help to employees and students of the university in which the incubators were set up. In some cases the representatives of other universities of the city can participate in ABI. The activity of ABI aims at providing their target audience the possibility to open a company and to assist in the conduct of business, based on the know-how and technologies developed and proposed by staff of universities and students.

In Poland the opening of academic business incubators was possible by the financial support of the Ministry of Economy and Labor of Poland. The concept of creating these incubators have been recognized as the best in the result of the 2003 all-Poland competition "Academic entrepreneurship incubators" [1].

In Poland some ABIs are the networks of incubators. These incubators have the same organizational structure and offer for their members a standardized set of services under certain conditions. A young businessman can not register his own firm in state agencies. He can do his business on behalf of the ABI, to use logo of ABI, its office, and office equipment. A virtual firm may be in the incubator up to two years. This period should be enough for determine the prospects for further development of business in chosen direction. After two years (although it could be sooner), the business' owner must register his virtual company and

its work on general grounds. ABI operates on the principles of self-sufficiency and it is funded by payments of virtual firms. The contribution is set according to a progressive scale, depending on how long the company has been operating in the incubator.

The project of creation and operation of a network of academic incubators received additional financing from the National Bank of Poland (Narodowy Bank Polski), the Polish Agency for Enterprise Development and the Ministry of Economy and Labor of Poland [1].

According to information posted on the official website of academic business incubators during the first year of operation of the network in various cities of Poland 16 incubators were opened with its own premises and office equipment. Employees of business incubators provide consulting services in the establishment and running their own business for more than 1,000 young people. In first year there were held for more than 80 conferences and seminars for potential young entrepreneurs, as well as for members of the incubators.

The goals and objectives of operating of ABI in Poland are very similar. Therefore, the peculiarities of the academic business incubator can be considered an example of one of them – Poznańskiego Akademickiego Inkubatoru Przedsiębiorczości (PAIP).

This ABI was created in October, 2004 on the initiative of Wielkopolskiej Organizacji Regionalnej Niezależnego Zrzeszenia Studentów and students, doctoral students and graduates of various higher educational institutions in Poznan [5].

PAIP is activity carried out in two directions.

1. Promoting entrepreneurship among young people. Within this framework, there were organized difference conferences, seminars, lectures on academic entrepreneurship, including Poznańskie Dni Przedsiębiorczości Akademickiej for students and graduates:

- meetings, training and consulting;
- the information centers for young entrepreneurs are created.

2. Pre-incubation of enterprises. It includes such forms of activity as:

- the support of process of initiation and establishment of the enterprise (the study of prospects for implementation of the proposed budding entrepreneur ideas, business plan preparation, company registration);
- the establishment of suitable conditions for the deployment and development of enterprises created;
- consulting support enterprises, assistance in obtaining loans to new enterprises, financial support (if possible) of the firm during the incubation period, which, depending on the speed of development of the company may take up to 2 years.

If a student or graduate of the university decides to open his own business, the Academic Business Incubator offers him the following [1].

1. Access to the office premises intended for business activities. The office is equipped with telephone, fax, computer with Internet access, printer, scanner and other basic office equipment.

2. The ability to act on behalf of the incubator, allowing novice businessman can not officially register his own company. Thus, the first time he will be able to avoid the costs associated with the registration of the company, paying taxes and office rent.

3. Free legal advice and an accountant, a free management accounting.

4. Assistance in finding partners, financial resources (from public funds, European Union funds, venture capital, business loans, etc.).

5. Free participation in conferences, seminars and meetings organized by the business incubator to raise skill levels to emerging entrepreneurs.

6. Help to promote the products of the firms ABI with the help of student media, through the Internet. Open the mailbox on the server business incubator.

7. Legal and consulting help in negotiating contracts, contracts, agreements.

8. Access to the literature and the press, the results of scientific research.

9. Assistance in opening his own firm when exiting the business incubator (consulting on marketing, legal issues, tax issues).

What kind of Polish experience of academic business incubators can we use in Ukraine?

It is advisable to create two organizational structures: one is with the status of a non-governmental organization (this will attract sponsorship funds), and the second is a business company. Virtual company, created by students and graduates, will be able to act on behalf of that enterprise, using it bank account. Status of the enterprise business incubator will allow virtual firms earn and profit at its discretion. Funds received by a business incubator with the status of non-governmental organizations, will be used to finance or to financial support of virtual firms.

The most difficult issue is the fundraising activities of the Ukrainian academic business incubators. Work of ABI may be financed from local budgets, universities funds, business interested in developing business links, in selecting of students and graduates as future employees, as well as grant of funds and charities.

When creating ABI it should be noted that the choice of the business incubator concept should meet the needs and conditions of the development of the city and the region. Although there is no definitive rules on the scope and type of firms that are created with the help of the incubator, to avoid activities that focused exclusively on trade and intermediary services, and to give priority to the production or provision of services. While staying firm in the incubator should not exceed 2-3 years, after which the company should be able to start an independent activity.

There are some academic business incubators in

Ukraine. For example, ABI was opened on June 3, 2014, in Kharkiv National University of city economy named after A. Beketov [2]. Other example is the youth IT-business incubator «Polyteco» in Kiev [8]. This ABI exists for several years as a project to support students' entrepreneurial initiative. But these are only two some kind of ABI that exist in two largest cities in Ukraine. We see, ABI as a mechanism of connection between business and universities aren't actively used in Ukraine for commercialization scientific researches and for preparation future businessmen.

## Conclusion

Mutually beneficial cooperation between employers and the state's educational system will provide significant fracture in the economical crisis of Ukraine, increase competitiveness of universities based on creation and implementation of state educational policy, focused on saving science-technology and innovation potential and transformation it into important factor in long-term development and increase competitiveness of the economy in conditions of competition in crisis period.

The establishment of a business incubator is best not on the basis of individual university institutions, and on the basis of the Inter-University. This will facilitate the students and graduates of the process of organizing their own business will attract experts from different fields to advise aspiring entrepreneurs.

The idea of a business incubator with respect to Ukraine is not new. New is the scope of its application – namely, the academic environment. Creating ABI in Ukraine with the Polish experience will help solve several problems. Students and graduates on concessional terms will be able to create virtual firm, acting on behalf of the AMA, without the need for registration. Reduce the time and the way of implementation of research results into production. Reduce unemployment among young people with higher education.

## Literature

1. Nestorenko T. Akademyckie inkubatory przedsiebiorczosci: mozliwosci zastosowania doswiadczenia polskiego na Ukrainie. Na drodze przemian (Polska i jej sasiedzi w procesie transformacji) – Warszawa: Polsko-Amerykanska Fundacji Wolnosci / Polsko-Amerykanska Komisja Fulbrighta, 2006. – S.105-119.
2. Бизнес-инкубатор: «Фактор» готов поддержать инновационные бизнес-проекты. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.factor.ua/rus/news/news.html?id=402>.
3. Досвід працевлаштування випускників вищих навчальних закладів: погляд випускників та роботодавців. [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://bestuniversities.com.ua>.

4. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.mon.gov.ua/ua/news/5651-uryad-ukrayini-uvikovichnit-bezsmertniy-podvig-narodu-u-velikiy-vitchiznyaniy-viyni-u-parku-vichnoyi-slavi>.
5. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.paip.pl>.
6. Зінченко А., Саприкіна М., Янковська О., Вінніков О. Якісна освіта: роль партнерств. – К.: 2013. – 20 с.
7. Лемуткіна М. Бизнес покидает вузы // *Alma mater*. – 2006. – №7. – С. 46.
8. О Бизнес-инкубаторе «Polyteso». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://spark.kpi.ua/ru/node/182>.
9. Раєвнева О.В., Гриневич Л.В., Горохова О.І. Сучасні напрямки розвитку взаємовідносин між школою і бізнес структурою. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://gisar.eu/ru/node/448>.
10. Утвердження співпраці між освітою та бізнесом: від інноваційної теорії – до практичних результатів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://lp.edu.ua/node/4987>.

# PROSPECTS OF DEVELOPING INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS BETWEEN EUROPEAN AND ASIAN COUNTRIES

**Bikov U. A. Fadeeva V. A.**

*Moscow state university of railway engineering, Moscow,  
Obraztsov str.9, stroenie 9, vafadeeva@gmail.com*

**Аннотация:** Использование хорошо развитой существующей железнодорожной сети европейской территории России для создания жизнеспособной транспортной связи между Европой и Азией с целью увеличения конкурентоспособности Евразийского железнодорожного транспортного коридора (ЕАЖТК).

Почти 50% российского экспорта и третья часть всей нашей внешней торговли осуществляется через Балтийское море.

Побережье Балтики располагает крупными морскими портами с высокоразвитой инфраструктурой, здесь сосредоточен мощный интеллектуальный потенциал, диверсифицированная промышленность, профессионально подготовленные кадры, давно отработанная логистика, а, главное, по сравнению с южными рискованными морями, безопасность транзита. Балтийский регион один из самых удобных регионов для сотрудничества Европы и Азии.

**Keywords:** Integrated rail network, Euro-Asian rail transport corridor (EARTC). Applied methods in prediction of Eurasian rail transport corridors development, multi-variant approach, multi-criteriality.

The growing significance of EU countries in global economy and continuous development of Asia-Pacific Region countries (APR) has led to considerable growth of trade and economic relations between Europe and Asia. Freight traffic between them is mostly by sea transport.

Railway transport, with all its advantages, with the help of existing routes and establishment of the new ones, can be a serious competition of the sea transport between Europe and Asia.

The importance of the Russian railway system, joining Europe and Asia, in the establishment of viable, alternative transport network is extremely great. The competitiveness of the Eurasian railway transport corridor (ERTC) can be increased considerably through highly developed existing railway system of the European part of Russia, Trans-Siberian Railway and considering the possibility of establishing the new and reconstructing the old ones (e.g. Baikal-Amur Mainline).

Since the problem is major, its solution is multivariate and multicriteria already at the first stage.

Multivariate is mainly coming from the need to consider different alternative tracks for Eurasian railway (ER) through different countries, with different routes and directions within the countries. Today there are many variants of going through ER. They display possible variants of going through transport corridors, taken from different sources. These variants assume participation of different Eurasian countries (Russia included) in establishing ERTC. Creation of ERTC schemes involved materials of Organization For Co-Operation Between Railways (OSJD), TRACECA materials, Trans-Asian railway routes, suggested by Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP UN) [2].

Multicriteriality of this problem of ER variants mainly comes from many factors and criteria, which can both quality and quantity assessment, expressed either by natural or by monetary indicators.

Competitiveness assessment of different ER variants requires consideration of risk factor and uncertainty of original data when determining these or those indicators (criteria), used for its establishment.

There are basic notions and definitions, adopted by the Organization For Co-Operation Between Railways (OSJD) with respect to railway transport corridors (RTC) [3].

Corridors are divided into three categories:

- latitudinal (East – West);
- meridional (North – South);
- holding intermediate position between latitudinal and meridional corridors.

Main requirements to the corridors:

- corridor must go through the main railway line, which has or will have large volume of international operations;
- corridors must comply with international technical parameters or be modernized according to the requirements of European Agreement on Main International Railway Lines (AGC);
- corridor must cover several countries;
- corridor route must go through shortest distance between the cargo-generating and cargo-terminating centers.

8 out of 13 main corridors (OSJD) go along the Russian territory [3].

Corridor No 1 (Trans-Siberian Railway) – the longest corridor in the world – goes through Poland, Latvia, Lithuania, Estonia, Belarus, Russia, Kazakhstan, Uzbekistan, China, Mongolia, North Korea. Its mileage with the branches is 24,800 km.

Corridor No 2 – goes through Russia, Kazakhstan, China, Vietnam. Its mileage with the branches is 15,212 km.

Corridor No 3 – goes through Poland, Ukraine and Russia. Total mileage – 2209 km.

Corridor No 5 – goes through Hungary, Slovakia,

Ukraine, Russia, Kazakhstan, Georgia, Azerbaijan, Moldova, China and Kyrgyzstan. Main line mileage – 11,486 km.

Corridor No 8 – goes through Ukraine, Russia, Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan. Mileage with the branches – 5,115 km.

Corridor No 9 – goes through Belarus, Lithuania, Russia. Mileage with the branches is 845 km.

Corridor No 11 – goes through Russia, Azerbaijan and Iran. Mainline– 5,576 km, with branches– 7,891 km.

Corridor No 13 – goes through Poland, Lithuania, Latvia, Estonia and Russia. Mileage is 1,497 km.[3]

Global challenges cause geo-economical criterion to dominate, instead of geographical or political. Throughout the centuries Europe set the tone in the global system, but today the question is not about its leadership, but about its place and role in the world.

Integration of the European Union and the Russian Federation, despite all difficulties of the recent time, must not only go on, but strengthen. Russia double continentality must be considered an obvious advantage before other countries. But this is an obvious plus for the EU too.

Russia directly neighbors EU on the North-West, in the Baltic Sea area. The sea gates to Western Europe have always been vital for Russia. Today the seagates must be wider and run smoothly and efficiently.

Bearing in mind the venue of the conference, a few words about the role of the Baltic states in establishing international transport corridors.

It is known that almost 50% of the Russian export and a third of the Russian foreign trading are carried out via the Baltic Sea. Even having fulfilled all long-term plans in building its own seaports, Russia is interested in using the ports of the Baltic neighbors. The use of the regional potential can significantly expand transit services and become a serious competition to the Southern transit corridors, handling the major part of freight operations between Asia and Europe. This could first mean growth of container transport from Asia-Pacific and Central Asian region to Europe.

The Baltic coast has major seaports with highly advanced infrastructure, the hub of the intellectual potential, diversified manufacture, professional human resources, smooth-running logistics, and mainly, unlike Southern risky seas, the safety of the transit. Baltic region is one of the most convenient regions for Europe-Asia cooperation.

For the Central Asia countries with no access to the sea, mainly for Kazakhstan with its increasing volume of mineral resources export, the Baltic Sea is highly cost-efficient in terms of foreign trade.

This is why representatives of Kazakhstan and China are most numerous and active facilitators and participants of international transit conferences.

They are extremely interested in increase of both traffic capacity and delivery speed of freight through Russian railway to the Baltic Sea, which can provide

these countries with 10-12 days efficiency in freight delivery in Europe compared to sea transport through the Suez Canal.[5]. According to the expert estimates, with required modernization and increase of traffic capacity of the Russian railway, the real freight delivery time from the Russian Southern borders to the Baltic ports will amount up to 1.5 days. Both Kazakhstan and China are interested in financing such projects.

The Baltic region is especially valuable for all the necessary conditions for mutually beneficial cooperation between Russia and EU – natural, technical, intellectual, financial, cultural and historic, etc.

One more important factor is the fact that the Baltic railway system aligns with the Russian standards, including rail gauge.

Global trends show that, firstly, the growth of the global trading will all the more outscore the growth of the global manufacturing, world transport lines will become more important than the centers of extraction of raw materials and manufacturing. Secondly, the most commodity exchange growth will be featured in “North America–Europe–Asia-Pacific region” triangle, covering Russia as being a natural bridge between Europe and Asia, which is potentially beneficial for it.

Today’s foreign trade turnover between Europe and Asia is growing and is already almost 800 billion dollars. Being an “intersection” of economic and cultural Eurasian influences gives Russia and EU countries an opportunity to build “communication bridge”, covering their territories and connecting Western and Eastern parts of the continent due to development of surface and sea transport lines. Fulfillment of such task will considerably decrease the length of lines connecting Europe and Asia with economic benefit to all parties [1].

Moscow State University of Railway Engineering (MIIT) has developed method of competitiveness assessment for Railway trading company (RTC) variants, providing for several stages of their establishment forecasting.

- 1<sup>st</sup>stage. Formation of Original set of alternatives (OSA) for RTC variants  $x=\{x_1,x_2...x_m\}$
- 2<sup>nd</sup> stage. Formation of Admissible set of alternatives (ASA)  $y=\{y_1,y_2...y_n\},n<m$ .
  - Second stage features the use of SWOT-analysis for competitiveness assessment of each alternative, included in OSA. SWOT-analysis reveals strong and weak sides of each ER alternative with the use of various indicators (criteria) (internal factors), as well as their abilities and outside threats (external factors). The result of the SWOT-analysis is the “screening-out” of expressly non-competitive variants, which allows narrowing OSA down to admissible set of alternatives (ASA)  $y=\{y_1,y_2...y_n\},n<m$ . ASA formation features a range of limitations, which might arise for certain alternatives or their parameters (e.g. inconformity with in-

- ternational technical parameters or failure to modernize certain RTC lines)
- 3<sup>rd</sup> stage. Formation of Effective set of alternatives (ESA)  $z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}, k < n$ 
    - The third stage includes multi criteria assessment of ASA alternatives. It is suggested to use ideal point method. In this method we must determine the distance from real RTC variants to the “ideal” in multidimensional coordinate system (dimensionality of space is determined by the number of criteria). “Ideal” variant is the variant with extreme (minimum and maximum) values by all criteria. The result of this stage is the formation of Effective set of alternatives (ESA)[3].
  - 4<sup>th</sup> stage. Final.
    - At the final fourth stage each included in ESA variant must be provided with main monetary indicators (appropriate investment, income and expenses). Competitiveness assessment of ER variants must be carried out throughout the whole life cycle (project-construction-operation) with the use of the known economic indicators of comparative and absolute efficiency.

## Conclusion

It must be noted that establishment of new transport corridors through the Baltic region will definitely be beneficial for the countries of EU and Asia-Pacific region.

## References

1. Kochegarova T.M./The role of the Baltic region in Russia-EU cooperation. <http://www.perspektivy.info/print.php?ID=94562>
2. Transport Links between Europe & Asia, ISBN 92-821-1379-5, © ECMT 2006 <http://internationaltransportforum.org/IntOrg/ecmt/ptu>
3. Organisation For Co-Operation Between Railways (OSJD) priority— development of transport corridors of Europe and Asia//Pro Transport magazine – 2013 –No 4. <http://www.прогтранспорт.рф/articles/31-2013-04-02.html>
4. Moiseyev N. N Mathematical problems of system analysis /N.N. Moiseyev. -M.: Наука, 1961.-488с.
5. Guidelines for the assessment of investment projects efficiency (Second edition). M.: Ekonomika, 2000.



# MASĖS SĄVOKA SPECIALIOJOJE RELIATYVUMO TEORIJOJE

Rimantas Matuliauskas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, e.,p.: r.matuliauskas@vtdko.lt

**Anotacija.** Prieš ketvirtį amžiaus buvo pateikta nauja materialiosios substancijos masės samprata specialiojoje reliatyvumo teorijoje [6]. Prasidėjusi diskusija šiuo klausimu tęsiasi. Kadangi nuomonės skiriasi, fizikos vadovėliuose pateikiama tradicinė masės samprata. Straipsnyje pritariama naujosios masės sąvokos, fiksuojančios imanentinę jos savybę – invariantiškumą, apibrėžiamą per materialiosios substancijos energiją ir impulsą pseudoeuclidinės erdvės inercinėse koordinatinių sistemose, sampratai.

**Svarbiausios sąvokos:** invariantinė masė, energija, inercinė atskaitos sistema, Lorencio transformacijos, pseudoeuclidinė erdvė, keturmatis impulsas.

## Įvadas

Masės sąvokos raida specialiojoje reliatyvumo teorijoje (SRT) išanalizuota [6, 7]. Akcentuoti pasaulinėje SRT literatūroje naudojami neadekvatūs fizikine prasme ryšiai tarp materialijų dalelių (kūnų) masių ir jų vidinės energijos. Daroma išvada, kad masės invariantiškumo sąlyga Lorencio transformacijų atžvilgiu yra pakankama sąvokai apibrėžti SRT. Straipsnyje [8] pritariama požiūriui, kad specialiojoje reliatyvumo teorijoje masė yra kintamas, priklausomas nuo reliatyvinio inercinės atskaitos sistemos (IAS) greičio fizikinis dydis. Diskusija tęsiasi iki šių dienų [3, 4]. Kadangi nuomonės skiriasi, fizikos vadovėliuose vis dar pateikiama tradicinė masės samprata [1, 2].

Darbo tikslas įvertinti materialijų dalelių (kūnų) masių invariantiškumo tikrumą IAS atžvilgiu.

## Materialijų dalelių masės invariantiškumo patikra

Materialijų dalelių masės invariantiškumo IAS atžvilgiu patikrą atliksime apibrėžę dalelių pseudoeuclidinėje Minkovskio erdvėje padėtį bei jų judėjimo integralus keturmačiais vektoriais [5]. Dalelės pasaulinėje linijoje padėtis, išreikšta keturmačiu spinduliu-vektoriumi, būtų:

$$X^\mu = (ct, \vec{r}), \quad \mu: 0, 1, 2, 3, \quad (1)$$

$$X^0 = ct, X^1 = x, X^2 = y, X^3 = z \quad (2)$$

Įrašę (1) vektoriumi jam kovariantinį ir abu gautus vektorius skaliariškai sudauginę gausime

$$X^\mu X_\mu = c^2 t^2 - \vec{r}^2. \quad (3)$$

Gautoji sandauga atskleidžia pseudoeuclidinės erdvės ypatumą – vektoriaus modulio kvadrato tiek teigiamų (laikiškųjų intervalų), tiek ir neigiamų (erdviškųjų intervalų) reikšmių galimybes. Reliatyvistinė materialiosios dalelės Lagranžo funkcija yra [5]:

$$\text{kur } L = -mc^2/\gamma, \quad (4)$$

$$\gamma = [1 - v^2/c^2]^{-0.5}. \quad (4)$$

Suradę funkcijos (4) išvestinę pagal greitį  $v$  apibrėšime dalelės impulsą

$$\vec{p} = \partial L / \partial \vec{v} = m\vec{v}\gamma. \quad (6)$$

Dalelės judėjimo integralas – jos pilnutinė energija – yra lygi [5]:

$$E = \vec{p}\vec{v} - L. \quad (7)$$

Įrašę į šią (7) lygtį reliatyvistinę materialiosios dalelės Lagranžo funkciją (4) ir dalelės impulso išraišką (6) gauname

$$E = mv^2\gamma + mc^2/\gamma = mc^2\gamma. \quad (8)$$

Nustatykime ryšį tarp dalelės pilnosios energijos, dalelės impulso ir jos masės. Tuo tikslu (4) ir (7) lygybes pakelkime antruoju laipsniu, jas tarpusavyje susaistykim ir iš gautosios išraiškos išreikšim masę. Gauname

$$m^2 = E^2/c^4 - p^2/c^2. \quad (9)$$

Patikrinkime, kaip keisis gautoji (9) lygybė pereidama į kitą IAS. Tarkim, turime dvi  $K$  ir  $K'$  inercines atskaitos sistemas, kurių viena  $K'$  slenka kitos atžvilgiu  $v$  greičiu, savas  $K'$  atskaitos sistemos laikas  $t'$ , materialiojo taško greitis joje  $v' = 0$ . Šiuo atveju materialiojo taško pasaulinių linijų elementariųjų intervalų kvadratinės funkcijos bus lygios

$$ds^2 = (cdt, d\vec{r})(cdt, -d\vec{r}) = c^2 dt^2 - dr^2, \quad (10)$$

$$ds'^2 = (cdt', 0)^2 = c^2 dt'^2. \quad (11)$$

Iš intervalų invariantiškumo sąlygos  $ds = ds'$  [5], pasinaudoję gautosiomis lygybėmis, randame ryšį tarp laikų tėkmės trukmių  $K$  inercinės atskaitos sistemos atžvilgiu

$$dt' = dt(1 - 1/c^2(d\vec{r}/dt)^2)^{0.5} = dt(1 - v^2/c^2)^{0.5} \quad (12)$$

taip pat elementaraus intervalo tarp dviejų įvykių dydį

$$ds = ds' = cdt' = cdt(1 - v^2/c^2)^{0.5} = cdt/\gamma. \quad (13)$$

Keturmatis dalelės greitis apibrėžia pasaulinės linijos lietišios vektoriumi [5]:

$$dX^\mu/ds = u^\mu \quad (14)$$

kuris, išraiškus (1) ir (13) funkcijas, išreiškiamas per jo komponentes

$$u^\mu = \gamma \frac{d(ct, \vec{r})}{cdt} = (\gamma, \gamma \vec{v}/c). \quad (15)$$

Šio vektoriaus skalarinė sandauga su kovariantiniu vektoriumi yra lygi

$$u_\mu u^\mu = \left( \gamma, \gamma \vec{v}/c \right) \left( \gamma, -\gamma \vec{v}/c \right) = \gamma^2 - \left( \gamma \vec{v}/c \right)^2 = 1. \quad (16)$$

Keturmačio dalelės impulso definicija perteikiama lygybe [5]:

$$p^\mu = mc u^\mu. \quad (17)$$

Į šią išraišką įrašę (15) ir įvertinę (6) ir (8) lygybes, gauname

$$p^\mu = mc u^\mu = mc \left( \gamma, \gamma \vec{v}/c \right) = (mc\gamma, m\gamma \vec{v}) = \left( \frac{E}{c}, \vec{p} \right). \quad (18)$$

Rasime abiejų – kovariantinio ir kontrvariantinio – impulso vektorių skalines sandaugas, vienu atveju įvertinę (16) lygybę, kitu atveju – (18) lygybes. Gauname:

$$p_\mu p^\mu = m^2 c^2 u_\mu u^\mu = m^2 c^2, \quad (19)$$

$$p_\mu p^\mu = \left( \frac{E}{c}, \vec{p} \right) \left( \frac{E}{c}, -\vec{p} \right) = \frac{E^2}{c^2} - \vec{p}^2, \quad (20)$$

jas palyginę

$$m^2 c^2 = \frac{E^2}{c^2} - \vec{p}^2. \quad (21)$$

Keturmačio impulso (18) komponentės, pereidamos į kitą inercinę atskaitos sistemą  $K'$ , slenkančią pirmosios  $K$  sistemos  $x$  kryptimi  $v$  greičiu, pagal analogiją spindulio-vektoriaus (1) komponentių pokyčiams, atitinkantiems Lorenc transformacijas, įgauna pavidalą [5]:

$$E = (E' + v p'_x) \gamma, \quad (22)$$

$$p_x = (p'_x + v/c^2 E') \gamma, \quad (23)$$

$$p_y = p'_y, \quad p_z = p'_z. \quad (24)$$

Įrašome šias išraiškas į (21) lygybę ir atlikę veiksmus gauname:

$$m^2 c^2 = \frac{(E' + v p'_x)^2 \gamma^2}{c^2} - (p'_x + v E'/c^2)^2 \gamma^2 - p_y'^2 - p_z'^2 = \frac{E'^2}{c^2} - p'^2. \quad (25)$$

Palyginę gautąją ir (21) išraišką įsitikiname dalelės masės skirtingose IAS invariantiškumu.

## Išvados

1. Materialiųjų dalelių (kūnų) masė yra invariantinė bet kurios inercinės atskaitos sistemos atžvilgiu.
2. Reliatyvistinė masės sąvoka mokslinėje ir pedagoginėje praktikoje yra nenaudotina.

## Literatūra

1. Giancoli; Douglas, C. *Physics for Scientists & Engineers*. Pearson Prentice Hall, 2009. ISBN-13:978-0-13-149508-1.
2. Martinėnas, B. *Fizika: vadovėlis*. Vilnius: Technika, 2008. ISBN 978-9955-28-364-5.
3. Okun, L. B. Mass versus relativistic and rest masses. *Ann. J. Phys.* 77(5), 2009, p. 430–431.
4. Okun, L. B. The problem of mass: from Galilei to Higgs. *Physics at the Highest Energy and Luminosity*. Plenum Press, 1992, p.1–24.
5. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. *Теория поля*. Москва: Наука, 1988. ISBN-5-02-014420-7.
6. Окунь, Л. Б. Понятие массы. *УФН*, 1989, том 158, вып. 3, стр.511–531.
7. Окунь, Л. Б. О письме Р.И.Храпко Что есть масса? *УФН*, 2000, том 170, № 12, стр.1366–1371.
8. Храпко, Р. И. Что есть масса? *УФН*, 2000, том 170, № 12, стр.1363–1366.

## MASS CONCEPT IN SPECIAL RELATIVITY THEORY

Rimantas Matuliauskas

Vilnius College of Technology and Design

**Abstract.** Traditionally it was interpreted that a particle can have a relativistic mass which increases with speed according to a well-known formula. But it is not true. The first who have spoken about it was Mr. Okun in his papers showed above. But until now widely traditionally mass concept interpretation were used. So, in this paper I once more return to the question about mass invariance in different inertia reference systems.

**Keywords:** mass invariance, energy, inertia reference system, Lorence transforms, pseudo-Euclidean space, four-dimensional impuls.

# DAŽNIO KEITIKLIS SU SKALIARINIU VALDYMO ALGORITMU

Aurelijus Pitrėnas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

<sup>2</sup> Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

**Anotacija.** Šiame straipsnyje aprašoma šešifazio dažnio keitiklio sandara, pateikiamos elektrinės principinės schemos, aptariamas šešifazio dažnio keitiklio, kuris taiko sinusinės impulso pločio moduliacijos formavimo metodą, skirtą valdyti šešių galios pakopų inverterių, valdymas. Suprojektuotas dažnio keitiklis tiriamas eksperimentiškai, matuojamos šešifazio asinchroninio variklio, maitinamo iš šešifazio dažnio keitiklio, fazinės srovės, nagrinėjamos jų formos ir aprašomi tolesni tyrimai.

**Pagrindinės sąvokos:** skaliarinis valdymas, šešifazis inverteris, šešifazis dažnio keitiklis, SIPM metodas.

## Įvadas

Asinchroniniai narveliniai varikliai yra dažniausiai pramonėje naudojami darbo mašinos dėl jų mažos kainos ir paprastos rotoriaus konstrukcijos. Tačiau paskutiniaisiais metais vis daugiau dėmesio skiriama daugiafaziams asinchroniniams varikliams, kurių statoriuje suklotos daugiau nei trys fazinės apvijos.

Tokios daugiafazės pavaros naudojamos elektromobiliuose, laivuose, orlaivuose, karybos pramonėje, branduolinėje energetikoje, chemijos pramonėje [4].

Daugiafaziai varikliai turi daug privalumų palyginti su įprastais trifaziais varikliais: mažesnės sukamojo momento pulsacijos, nedidelis akustinis triukšmas, jie patikimesni, gali dirbti sugedus vienai ar daugiau fazių [2], [7].

Lyginant vienodos galios įprastą trifazį variklį su daugiafaziu asinchroniniu varikliu, akivaizdu, kad pastarojo fazinės srovės bus mažesnės [3], [1]. Tai svarbu gaminant dažnio keitiklius, nes galima naudoti mažesnės galios tranzistorius. Literatūroje aprašomi daugiafaziai kelių megavatų varikliai, naudojami laivyboje [6].

Pagrindinis daugiafazių variklių trūkumas yra tas, jog pramonėje nėra daugiafazio tinklo, taigi tokių variklių taikymas ribotas (jiems reikia daugiafazių dažnio keitiklių, kurie konvertuotų trifazį pramoninį tinklą į daugiafazį).

Šiame straipsnyje nagrinėjamas šešių fazių dažnio keitiklis, skirtas valdyti šešifazį asinchroninį variklį. Aprašoma dažnio keitiklio sandara ir veikimas, supažindinama su dažnio keitiklio valdymu, pateikiamas suprojektuoto šešifazio dažnio keitiklio elektrinės principinės schemos ir eksperimentiniai šešifazio dažnio keitiklio tyrimai.

## Dažnio keitiklio sandara ir veikimo principas

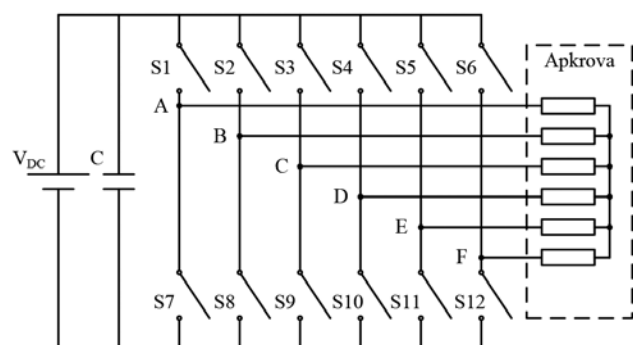
Norint suformuoti kintančio dažnio šešifazę įtampą naudojamas šešių pakopų įtampos inverteris, paprasčiausiu atveju – dviejų lygių įtampos inverteris (1 pav.).

Viena tokio inverterio galios pakopa yra sudaryta naudojant du kietojo kūno raktus. Šios galios pakopos

yra jungiamos prie nuolatinės įtampos šaltinio. Nuolatinė įtampa gaunama išlyginus kintamąją pramoninio dažnio tinklo įtampą, naudojant diodų tiltelį ir filtro kondensatorius. Dažnio keitiklio apkrova jungiama prie inverterio galios pakopų vidurio taškų. Kai inverteris dirba sinchroniniu režimu, vienu metu vienoje galios pakopoje eantys tranzistoriai veikia sinchroniškai. Kai viršutinis tranzistorius S1 yra atidarytas, apatinis tranzistorius S7 būna uždarytas ir atvirkščiai. Jungiant visas inverterio galios pakopas tam tikru režimu, į apkrovą tiekiami kintama tam tikro dažnio įtampa. Formuojamos įtampos amplitudė ir dažnis priklauso nuo to, kaip valdomi inverterio raktai.

Naudojant sinchroninį įtampos inverterį keliami mažesni reikalavimai įterptinei sistemai, nes, norint valdyti sinchroninį šešifazį įtampos inverterį, mikrovaldiklis turi formuoti dvylika impulso pločio moduliacijos (IPM) signalų kiekvienam inverterio kietojo kūno raktui atskirai. Naudojant papildomas grandines, iš vieno IPM signalo galima valdyti du vienoje galios pakopoje esančius kietojo kūno raktus. Tokiu paprastesniu būdu valdant dažnio keitiklio inverterį, keliami mažesni reikalavimai dažnio keitiklio įterptinei sistemai, nes ji turi formuoti ne dvylika, o šešis IPM signalus.

Įterptinė sistema turi formuoti tokius IPM signalus, kad jais valdomas dažnio keitiklio inverteris į apkrovą tiektų kintamąją įtampą. Paprasčiausias būdas tai įgyvendinti yra formuoti vadinamuosius sinusinius IPM signalus. Tokie IPM signalai formuojami taip, kad kistų sinusiniu dėsnio. Įterptinė sistema taip pat veikia ir kitus dažnio keitiklio parametrus. Nuolatinės srovės grandinės įtampa, atsiradę viršįtampiai šioje gran-



1 pav. Dviejų lygių šešifazis inverteris

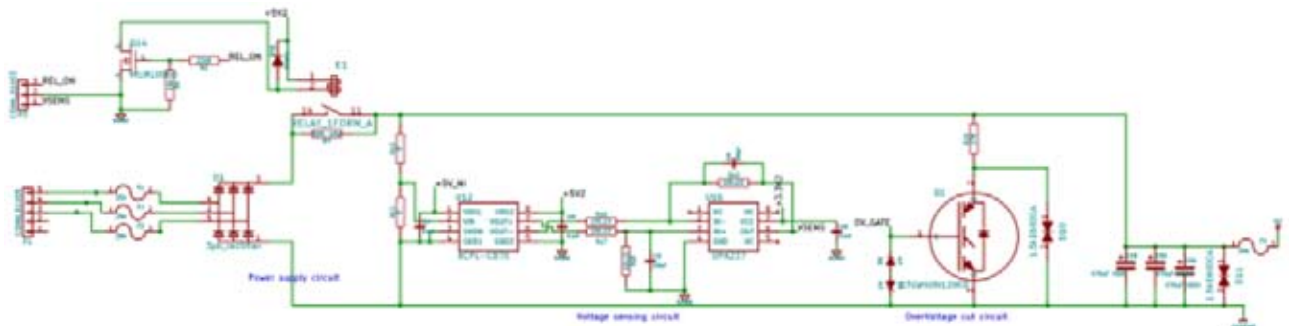
dinėje gali sugadinti filtro kondensatorius, taip pat ir įtampos inverterio tranzistorius. Įterptinė sistema taip pat matuoja į apkrovą tiekiamą srovę, viršsroviai šioje grandinėje gali pakeisti inverterio tranzistorius. Aptikti viršįtampiai nuolatinės srovės grandinėje slopinami, tai dažniausiai daroma iškraunant filtro kondensatorių didelės galios varžą, paverčiant perteklinę energiją šiluma. Dėl viršsrovio įterptinė sistema stabdo įtampos inverterio, taip pat ir viso dažnio keitiklio darbą.

### Nuolatinės įtampos grandinė

Aprašomo dažnio keitiklio nuolatinės įtampos grandinės schema pateikta 2 paveiksle. Šioje grandinėje kintamoji pramoninio dažnio įtampa yra išlyginama naudojant trifazį diodų tiltelį ir tris 450 V 462 μF elektrolitinius kondensatorius, kurie sujungti lygiagrečiai. Nuolatinės įtampos grandinės įėjime naudojami tirpieji saugikliai. Kadangi filtro kondensatorių talpa pakankamai didelė, nuolatinės srovės grandinėje naudojama lengvojo paleidimo schema. Ši schema užtikrina, kad, įjungus dažnio keitiklį į tinklą, filtro kondensatoriai bus įkraunami srove, kuri neviršys tirpiųjų saugiklių vardinės srovės. Ši schema sudaryta iš nuosekliai filtro kondensatoriams įjungtos varžos, kuri šuntuojama natūraliai atvirais relės kontaktais. Įjungus dažnio keitiklį į tinklą, filtro kondensatoriai kraunami per lengvojo paleidimo varžą, o po tam tikro laiko paveikiama relė ir jos kontaktai užsidaro, taip iš grandinės eliminuojant papildomą varžą.

Taip pat šioje grandinėje naudojama viršįtampių stebėjimo grandinė, sudaryta iš varžinio daliklio, precizinio optiškai izoliuoto įtampos jutiklio ir operacinio stiprintuvo. Ši grandinė stebi įtampą ir ją perduoda į įterptinę sistemą. Įterptinė sistema, pastebėjusi viršįtampį, į grandinę lygiagrečiai filtro kondensatoriams įjungia didelės galios rezistorių, kuris perteklinę grandinės energiją paverčia šiluma, taip iškraudamas filtro kondensatorių ir nuslopindamas grandinėje atsiradusius viršįtampius. Papildomai filtro kondensatorių apsaugai naudojamas 440 V apsauginis diodas (angl. *Transient voltage suppressor*).

Nuolatinės įtampos grandinės išėjime naudojamas papildomas tirpusis saugiklis, kuris inverterio gedimo atveju atjungs nuolatinės įtampos grandinę nuo pačio inverterio bei dažnio keitiklio apkrovos.

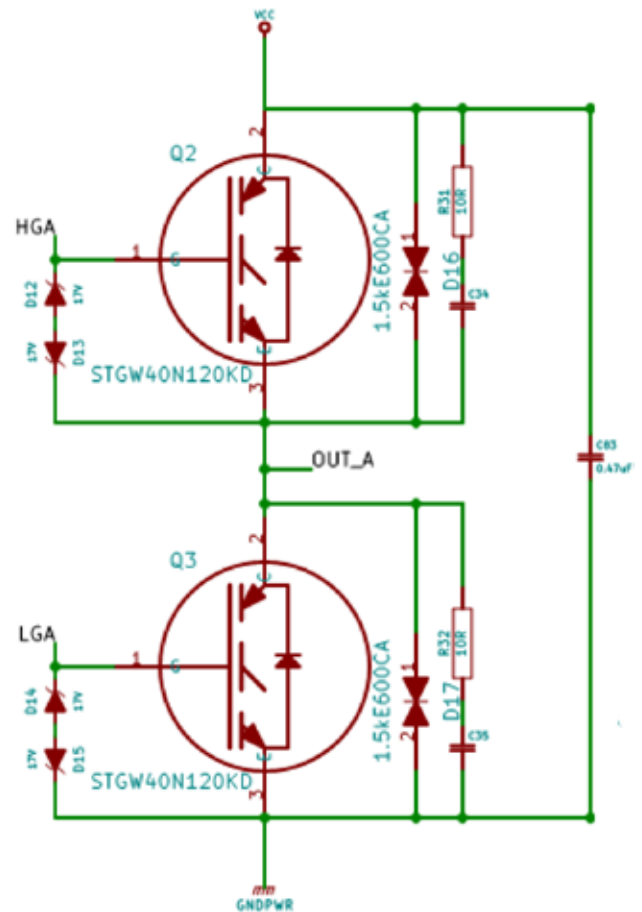


2 pav. Nuolatinės įtampos grandinės schema

### Šešiafazio įtampos inverterio grandinė

Dažnio keitiklio įtampos inverterio vienos galios pakopos schema pateikta 3 paveiksle. Šešiafazis įtampos inverteris sudarytas iš tokių šešių galios pakopų. Pagrindiniai galios pakopų elementai – IGBT tranzistoriai. Šie tranzistoriai valdomi naudojant specializuotas tranzistorių valdymo grandines, aprašytas kitame skyriuje.

Kadangi įtampos inverterio apkrova yra induktyvaus pobūdžio, komutuojant galios pakopos tranzistorius susidaro nepageidaujami viršįtampiai. Šie viršįtampiai nenaudojant papildomų apsauginių grandinių gali sugadinti įtampos inverterio tranzistorius. Šių tranzistorių apsaugai naudojami apsauginiai diodai (angl. *Free-wheeling diode*), įmontuoti pačiuose tranzistoriuose. Kitu atveju reikėtų juos montuoti atskirai. Šie diodai turi turėti didelę greitaveiką, neviršijančią 100 ns, kai temperatūra 25 °C.



3 pav. Įtampos inverterio schema

Praktika rodo, kad didelės galios dažnio keitikliams tokios viršįtampių apsaugos nepakanka, todėl naudojamos įvairios papildomos viršįtampių slopinimo grandinės (angl. *Snubber circuits*). Jos gali būti bendrosios, skirtos apsaugoti visus inverterio tranzistorius, ir individualios kiekvieno tranzistoriaus apsaugai. Projektuojamame dažnio keitiklio inverteryje naudojamos abi viršįtampių slopinimo grandinės. Analizuojamoje grandinėje matomos lygiagrečiai galios pakopai įjungtas kondensatorius – bendra viršįtampio apsaugos grandinė. Šiai grandinei būdingi maži nuostoliai ir pakankamai efektyvus viršįtampių slopinimas mažos galios inverteriuose [5]. Didėjant galiai šios slopinimo grandinės gali nepakakti, todėl projektuojamame dažnio keitiklio inverteryje papildomai naudojami individualios viršįtampių slopinimo grandinės.

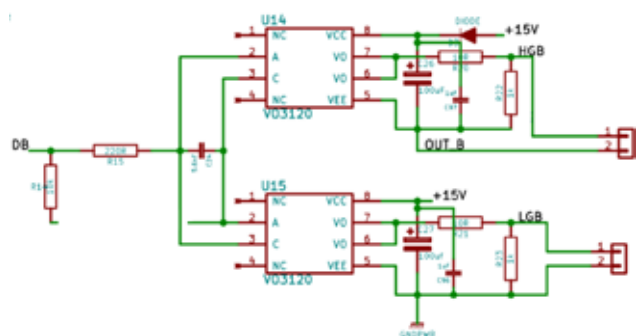
Šios grandinės sudarytos iš RC grandinės ir jungiamos lygiagrečiai kiekvienam inverterio galios tranzistoriui. Šio tipo slopinimo grandinė gerai slopina viršįtampius, nepageidaujamus įtampos virpesius ir  $dV/dt$  triukšmus [5]. Ši grandinė naudojama tik inverteriuose, kurie dirba nedideliu dažniu, nes nuostoliai yra dideli.

Papildomai įtampos inverterio galios tranzistorių apsaugai naudojami 600 V įtampos apsauginiai diodai, jungiami lygiagrečiai kiekvienam galios tranzistoriui.

Taip pat būtina apsaugoti ir mažos galios tranzistorių valdymo grandines, kurios komutuoja tranzistorių užtūras. Konkrečių tranzistorių užtūras toleruoja maitinimo įtampas  $\pm 25$  V diapazonu. Būtina užtikrinti, kad šis diapazonas niekada nebus viršytas, todėl tranzistorių užtūrų valdymo grandinėse naudojami 15 V stabilizatoriai.

## Tranzistorių valdymo grandinė

Dažnio keitiklio įtampos inverterio tranzistorių valdymo grandinės schema pateikta 4 paveiksle.



4 pav. Tranzistorių valdymo grandinės schema

Kadangi įterptinė sistema, valdanti įtampos inverterio tranzistorius, formuoja mažos galios signalus, juos reikia sustiprinti. Tam naudojami specializuoti integriniai grandynai – tranzistorių valdikliai. Šie grandynai gali būti įvairūs, skirti valdyti tik vieną tranzistorių, du vienos galios tranzistorius ar net trijų galios

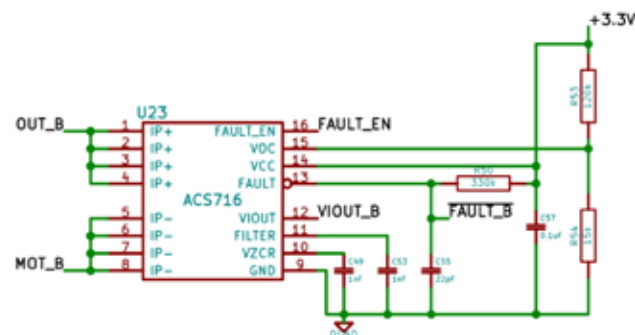
pakopų tranzistorius. Taip pat skiriasi jų išėjimo galios bei greitaveikos.

Konkrečiu atveju pasirinkti optiškai izoliuoti tranzistorių valdikliai – VO3120. Šių valdiklių išėjimo srovė – iki 2,5 A, maitinimo įtampa – nuo 15 V iki 32 V.

Vienos galios pakopos tranzistorių valdikliai jungiami taip, kad jų valdymui reikėtų tik vieno IPM signalo iš įterptinės sistemos. Taip pat toks jungimo būdas užtikrina tranzistorių valdymo signalų vėlinimą, t. y. vienu metu vienoje galios pakopoje bus atidarytas tik vienas tranzistorius, priešingu atveju galios pakopos tranzistoriai gali būti sugadinti.

## Srovės matavimo grandinė

Dažnio keitiklio srovės matavimo grandinės schema pateikta 5 paveiksle.



5 pav. Tranzistorių valdymo grandinės schema.

Ši grandinė jungiama tarp įtampos inverterio išėjimo ir jo apkrovos (variklio). Ji matuoja vieną variklio fazinę srovę ir perduoda išmatuotos srovės vertę įterptinei sistemai. Iš viso projektuojamame dažnio keitiklyje naudojamos šešios tokios srovės matavimo grandinės kiekvienai variklio fazei.

Pagrindinis grandinės elementas – Holo efektu paremtas srovės jutiklis ACS716. Šis jutiklis pasirinktas dėl tos priežasties, kad jo išėjimas yra galvaniškai izoliuotas nuo įėjimo. Tai yra labai svarbu, nes kitu atveju gali būti sugadinta dažnio keitiklį valdanti įterptinė sistema.

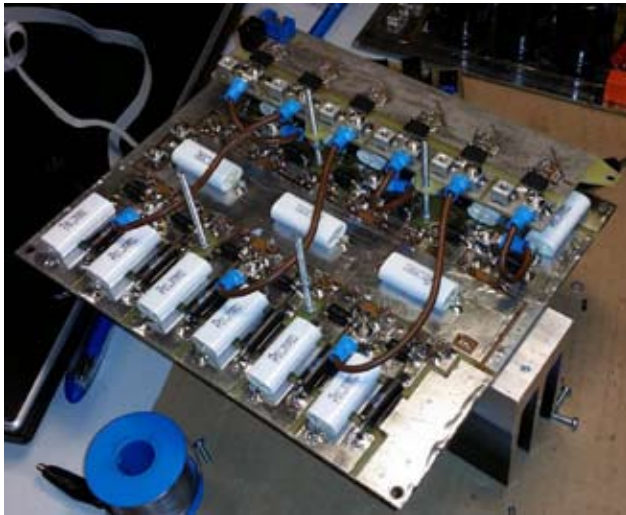
Ši grandinė taip pat stebi variklio fazinius viršsrovius. Aptikus viršsrovį formuojamas atskiras signalas įterptinei sistemai, kuri, gavusi šį signalą, stabdo dažnio keitiklio įtampos inverterio darbą. Tai atliekama naudojant aparatinę įterptinės sistemos pertrauktis. Toks viršsrovio stebėjimo būdas daug patikimesnis už programinį viršsrovio stebėjimo būdą.

## Ekspirimentiniai rezultatai

Pagal aptartas šešiafazio dažnio keitiklio schemas buvo pagamintas šešiafazio dažnio keitiklio maketas, pateiktas 6 paveiksle.

Pagamintas šešiafazis dažnio keitiklio maketas buvo tiriamas eksperimentiškai. Šiame straipsnyje pateiktos še-





6 pav. Tranzistorių valdymo grandinės schema

šiafazio asinchroninio variklio, maitinamo iš dažnio keitiklio, fazinių srovių oscilogramos. Dviejų gretimų fazinių srovių (A ir B fazių) oscilogramos pateiktos 7 paveiksle.

Iš 7 paveikslą matome, kad šešiafazio asinchroninio variklio, maitinamo iš šešiafazio dažnio keitiklio, fazinės srovės labai artimos sinusoidėms, t. y. turi labai mažus iškraipymus, kai dažnio keitiklis formuoja 50 Hz maitinimo įtampą. B ir C fazių srovių oscilogramos pateiktos 8 paveiksle.

Iš 8 paveikslą matome mažus fazinės srovės iškraipymus, kuriuos gali veikti formuojamos IPM dažnis. Padidinus IPM dažnį šie iškraipymai turėtų sumažėti.

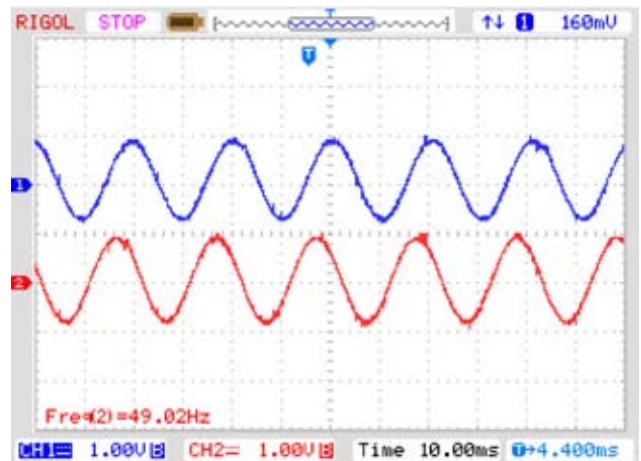
## Išvados

Šiame straipsnyje aptartas šešiafazis dažnio keitiklis, pateiktos dažnio keitiklio elektrinės principinės schemos bei jų aprašymas. Glaustai aprašytas dažnio keitiklyje įgyvendintas skaliarinio valdymo algoritmas.

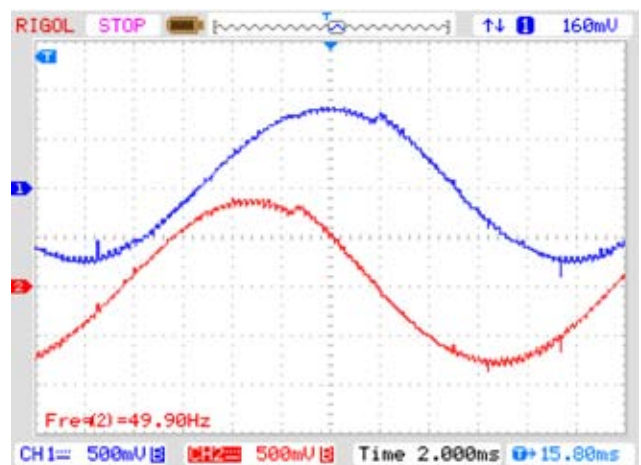
Iš eksperimentinių dažnio keitiklio tyrimų rezultatų galima daryti išvadą, kad, naudojant skaliarinį valdymą, šešiafazio asinchroninio variklio fazinės srovės yra artimos sinusinėms. Aptartą dažnio keitiklį tikslinai išnagrinėti išsamiau, siekiant ištirti šio dažnio keitiklio naudojimo galimybes bei tobulinant jo valdymo algoritmą. Tokio tipo dažnio keitiklis galėtų būti naudojamas srityse, kuriose variklio momento valdymas nėra kritinis veiksnys.

## Literatūra

1. Alcharea, R.; Nahidmobarakeh, B.; Baghli, L.; Betin, F. and Capolino, G.A.. *Decoupling Modeling and Control of Six-Phase In-*



7 pav. A ir B fazių srovių oscilogramos



8 pav. B ir C fazių srovių oscilogramos

*duction Machines under Open Phase Fault Conditions. IEEE, 2006, p. 5101–5106.*

2. Apsley, J. M.; Williamson, S. *Analysis of multi-phase induction machines with winding faults. IEEE, 2005, p. 249–255.*
3. Bojoi, R.; Lazzari, M.; Profumo, F.; Tenconi, A. *Digital Field-Oriented Control for Dual Three-Phase Induction Motor Drives. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 39, no. 3, May/June 2003, p. 752–759.*
4. Lijun Hou Yanmin Su, Lin Chen. *DSP-Based Indirect Rotor Field Oriented Control for Multiphase Induction Machines. IEEE, 2003, p. 976–978.*
5. *Mitsubishi Semiconductors Power Modules Mos. General Considerations for IGBT and Intelligent Power Modules, 1998.*
6. Terrien, F.; Siala, S.; Noy, P. *Multiphase induction motor sensorless control for electric ship propulsion. Second IEE International Conference on Power Electronics, 2004, p. 556–561.*
7. Zhao, Y.; Lipo, A. *Modeling and Control of A Multi-Phase Induction Machine with Structural Unbalance. Part I. Machine Modeling and Multi-Dimensional Current Regulation. IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 11, no. 3, September 1996, p. 570–577.*



## IMPLEMENTATION OF FREQUENCY INVERTER WITH SCALAR CONTROL ALGORITHM

**Aurelijus Pitrėnas**

*Vilnius College of Technologies and Design, Lithuania  
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania*

**Abstract.** In this paper an implementation of six-phase frequency inverter with six leg synchronous

Voltage Source Inverter and a 32-bit Micro-Controlling Unit is investigated. Six-phase frequency inverter utilizes a simple and cost effective Sinusoidal Pulse Width Modulation for controlling six-leg VSI. A internal structure and circuit diagrams are presented and discussed. Also an experimental results of six-phase asynchronous motors phase currents, when motor is fed by designed six-phase frequency inverter, are presented

**Keywords:** scalar control, six-phase VSI, SPWM method.

# A++ ENERGINĖS KLASĖS DAUGIABUČIŲ NAMŲ STATYBA LIETUVOJE

Andrius Gulbinas, Paulius Gaučas, Airida Tylienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

**Anotacija.** Lietuvoje didžiausias energijos taupymo potencialas yra šilumos taupymas pastatuose: iki 2020 m. siekiama padidinti bendrą energijos vartojimo efektyvumą gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų sektoriuje. Lietuvoje energinis naudingumas nesusietas su konkrečia skaitine energijos vartojimo verte, jį apibrėžia atitinkama pastato energinio naudingumo klasė. Lietuvoje pastatai klasifikuojami į 9 energinio naudingumo klases: A++, A+, A, B, C, D, E, F, G. Teisės aktuose nustatyti norminiai reikalavimai įvairios paskirties D, C, B, A, A+, A++ klases pastatų atitvarų šiluminėms savybėms, inžinerinių sistemų efektyvumui (vėdinimo, karšto buitinio vandens ruošimo, patalpų apšvietimo), energijos sąnaudoms pastatui vėsinti ir kitiems rodikliams. Kadangi itin svarbus energijos vartojimo efektyvumo didinimo skatinimas, daug dėmesio skiriama aukščiausios A++ energinio efektyvumo klases namams. Lietuvoje palaipsniui daugėja aukštesnei energinio naudingumo klasei priskiriamų naujų gyvenamosios paskirties pastatų, tačiau reali situacija statybos sektoriuje gana sudėtinga. Visų reikalavimų įgyvendinimui reikalingos didelės investicijos, kurios pirmiausia yra susijusios su medžiagų ir darbo sąnaudomis. Optimalus sprendimas – valstybės subsidijos A+ ir A++ energinės klases namams. Tai paskatintų energiškai efektyvių namų statybą, technologijų ir inovacijų pritaikymą, pagerintų gyvenimo kokybę, leistų racionaliai naudoti energijos išteklius.

**Raktiniai žodžiai:** Energinis efektyvumas, Energinė klasė, Daugiabučiai pastatai, A++ energinė klasė.

## Įvadas

Pastarąjį dešimtmetį didžiausia problema yra neefektyvus energijos vartojimas, dėl kurio visoje Europoje papildomai išievojama mažiausiai 20% bendrosios pirminės energijos. Europos Sąjunga (toliau – ES) intensyviai sprendžia energijos išteklių problemas, susijusias su priklausomybe nuo energijos importo, pasauline iškastinio kuro pasiūla ir akivaizdžia klimato kaita [5].

Energijos efektyvumo didinimas yra prioritentinė ES energetikos politikos sritis. ES šalyse iki 2020 metų numatyta sumažinti ne mažiau kaip 20%<sup>1</sup>, lyginant su 1990 m. kiekiais, šiltnamio efektą sukeliančių išmetamųjų dujų kiekį, padidinti energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių (vėjo, saulės, biomasės ir t.t.) naudojimą taip, kad ji sudarytų 20% viso pagaminamos energijos kiekio<sup>2</sup> ir sumažinti energijos vartojimą 20%, palyginti su numatomais 2020 m. rodikliais, energiją ėmusi vartoti našiau [15]. Tam Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba priėmė keletą svarbių direktyvų: direktyvą 2002/91/EB dėl pastatų energinio naudingumo, direktyvą 2006/32/EB dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų bei direktyvą 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo (nauja redakcija). Lietuva, kaip ES valstybė, yra iškelusi tikslą energetinio efektyvumo didinimo srityje iki 2020 metų kasmet siekti po 1,5% didinti energijos vartojimo efektyvumą ir pasiekti 740 tūkst. tne metinius energijos sutaupymus, palyginti su 2009 m.<sup>3</sup> [9].

Energijos efektyvumui didinti Europos Sąjungoje diegiamos įvairios energijos vartojimo efektyvumą didinančios priemonės. Jos diegiamos skirtinguose sektoriuose. Vienas tokių – statybos sektorius. Dar XX a. 8 deš. vid., Danijoje ir Švedijoje buvo priimti reikala-

vimai, privalomi visiems naujai statomiems namams – juose buvo nurodyta mažinti šiluminės energijos nuostolius<sup>4</sup>. Konceptija išvystyta 1988 m. Wolfgango Feisto, tuometinio gyvenamo ploto ir aplinkos instituto daktaro (Vokietija) ir Bo Adamsono, Lundo Universiteto profesoriaus (Švedija). Pirmųjų energiškai efektyvių namų statymui buvo suburta darbo grupė, kurią finansavo ekonomikos ir technikos ministerija. Pirmasis taip vadinamas energiškai efektyvus namas pastatytas dar 1991 m. Vokietijoje, Darmstadt mieste.

Nors Lietuvoje prioritetiniu tikslu iki 2020 m. laikoma energetinė nepriklausomybė (energetinis saugumas), energijos efektyvumo tikslai išreikšti per galutinės energijos sutaupymus. Didžiausias energijos taupymo potencialas yra būtent šilumos taupymas pastatuose: iki 2020 m. siekiama padidinti bendrą energijos vartojimo efektyvumą gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų sektoriuje, modernizuojant ir renovuojant pastatus [9]. Lietuvoje pastatų sektorius yra atsakingas už 38% šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų energetikos ir beveik už 20% visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų [4], todėl pokyčiai šiame sektoriuje turės teigiamą poveikį aplinkai – jų įgyvendinimas sudarys sąlygas Lietuvai iki 2020 metų į atmosferą papildomai neišmesti 11 mln. tonų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (CO<sub>2</sub> ekvivalentu) [9].

## Pastatų energinis naudingumas

Siekiant įvertinti kiek energijos pastatas suvartoja, o tuo pačiu sudaryti prielaidas energiją vartoti kuo taupiau, pastatai sertifikuojami energinio naudingumo požiūriu.

Lietuvoje energinis naudingumas nesusietas su konkrečia skaitine energijos vartojimo verte, jį apibrė-

<sup>1</sup> 30%, jei panašiai išsipareigotų ir kitos išsivysčiusios šalys.

<sup>2</sup> pastaruoju metu sudaro apie 8,5%.

<sup>3</sup> neįskaitant padidėjęs energijos suvartojimo dėl BVP padidėjimo efekto.

<sup>4</sup> tokių namų šiluminės energijos nuostoliai apie 100 kWh/m<sup>2</sup>.

žia atitinkama pastato energinio naudingumo klasė<sup>5</sup>. Pastatai klasifikuojami į 9 energinio naudingumo klases: A++, A+, A, B, C, D, E, F, G. Minimalius energinio naudingumo reikalavimus visų paskirčių pastatams Lietuvoje nustato Lietuvos Respublikos statybos įstatymas (1996), reikalavimus energinio naudingumo vertinimui – Statybos techninis reglamentas STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ [14].

Lietuvoje teisės aktuose nustatyti norminiai reikalavimai įvairios paskirties D, C, B, A, A+, A++ klasės pastatų atitvarų šiluminėms savybėms, inžinerinių sistemų efektyvumui (vėdinimo, karšto buitinio vandens ruošimo, patalpų apšvietimo), energijos sąnaudoms pastatui vėsinti ir kitiems rodikliams [2]. Lietuvos teisės aktuose, kuriuose keliama reikalavimai pastatų energiniam naudingumui, pastatų etalonai nenaudojami. Kiekvienas pastatas vertinamas individualiai, naudojamas standarte LST EN 15217:2007 „Energetinės pastatų charakteristikos. Pastatų energetinių charakteristikų išreiškimo ir energetinio sertifikavimo metodai“ nurodytas skaičiavimo metodas.

Nustatyti tokie pereinamieji reikalavimai naujai statomiems pastatams pagal pastatų energinio naudingumo klases (STR 2.01.09:2012):

- iki 2014 m. sausio mėn. 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip C.
- nuo 2014 m. sausio mėn. 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip B.
- nuo 2016 m. sausio mėn. 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A.
- nuo 2018 m. sausio mėn. 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A+.
- nuo 2021 m. sausio mėn. 1 d. energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A++.

Teisės aktuose nustatyti reikalavimai ir rekonstruojamiems, atnaujinamiems (modernizuojamiems) ar remontuojamiems pastatams (jų dalims), kuriems leidimas ar rašytinis įgalioto valstybės tarnautojo pritarimas statinio projektui išduotas po 2014 m. sausio mėn. 1 d. [14].

Kadangi itin svarbus energijos vartojimo efektyvumo didinimo skatinimas, daug dėmesio skiriama aukščiausios energetinio efektyvumo klasės namams („pasyviems namams“, oficialiai vadinamiems A++ klasės, t.y. energijos beveik nevartojančiais, namais). Tokio namo šiluminės energijos poreikis yra beveik lygus nuliui, o didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją. Tokio tipo namo energijos suvartojimas yra minima-

lus – jis sutaupo iki 90% šildymo išlaidų, palyginus su įprastais namais [11].

Pagal nustatomus rodiklius A++ klasės pastatas turi atitikti nustatytus parametrus:

1. pastato energijos vartojimo efektyvumo rodiklių  $C_1$  ir  $C$  vertės turi atitikti Statybos techninio reglamento STR 2.01.09:2012 nustatytus reikalavimus, t. y.  $C_1 < 0,25$  ir  $C_2 \leq 0,70$ ;
2. pastato atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi būti ne didesni už norminius saviuosius šilumos nuostolius;
3. pastato sandarumas turi atitikti STR 2.01.09:2012 reikalavimus, t. y. esant 50 Pa slėgių skirtumui tarp pastato vidaus ir išorės, oro apykaita turi neviršyti 0,6 karto per valandą;
4. jei pastate įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,90, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus sunaudojamas elektros energijos kiekis turi būti ne didesnis už 0,45 Wh/m<sup>3</sup>;
5. Pastate sunaudota energijos dalis iš atsinaujinančių išteklių turi atitikti STR 2.01.09:2012 [14] reikalavimus, t. y. A++ klasės pastatuose didžiąją sunaudojamos energijos dalį turi sudaryti energija iš atsinaujinančių išteklių. Pastate sunaudota energijos dalis  $K_{ers} > 1$  ir apskaičiuota taip:

$$K_{ers} = \frac{Q_{PRr} - Q_{PRr(H)} - Q_{PRr(C)}}{Q_{PRn} - \sum_{m=1}^{12} Q_{E,eq,m} \cdot f_{PRn,E} - \sum_{m=1}^{12} Q_{E,e,m} \cdot f_{PRn,E}},$$

jeigu

$$(Q_{PRn} - \sum_{m=1}^{12} Q_{E,eq,m} \cdot f_{PRn,E} - \sum_{m=1}^{12} Q_{E,e,m} \cdot f_{PRn,E}) \leq 0,$$

kur:

$Q_{PRr(H)}$  – nenaudingai pastate sunaudota energija iš atsinaujinančių išteklių, kai energijos poreikio pastatui vėsinti nėra (kWh/(m<sup>2</sup> · metai)). Šis energijos kiekis apskaičiuojamas pagal atitinkamų mėnesių „m“ duomenis, kai nereikia pastato vėsinti;

$Q_{PRr(C)}$  – nenaudingai pastate sunaudota energija iš atsinaujinančių išteklių, kai yra energijos poreikis pastatui vėsinti (kWh/(mPRr(C2) · metai)). Šis energijos kiekis apskaičiuojamas pagal atitinkamų mėnesių „m“ duomenis, kai reikia pastatą vėsinti;

$Q_{E,eq,m}$  – atitinkamo „m“ mėnesio pastato šildomose patalpose esančio įrangos elektros energijos sąnaudos (kWh/(mE.eq,m2 · mėn)), t. y. energijos sąnaudos, kurios nepriskiriamos pastato energinio naudingumo rodikliams;

$Q_{E,e,m}$  – atitinkamo „m“ mėnesio elektros energijos sąnaudos nešildomame pastato plote kitoms su pastato paskirtimi susijusioms reikmėms (kWh/(mE.e,m2 · mėn)), t. y. energijos sąnaudos, kurios nepriskiriamos pastato energinio naudingumo rodikliams;

$f_{PRn,E}$  – neatsinaujinančios pirminės energijos faktorius elektros energijai (elektros įvairių gamybos būdų vidurkis).

<sup>5</sup> Ji nustatoma įvertinus visų rodiklių atitiktis norminiams reikalavimams: pastato atitvarų skaičiuojamųjų savitųjų šilumos nuostolių, pastato sandarumo, mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistemos techninių rodiklių, pastato energijos vartojimo efektyvumo rodiklio C vertę, apibūdinančią pirminės neatsinaujinančios energijos vartojimo efektyvumą šildymui, vėdinimui, vėsinimui ir apšvietimui, pastato energijos vartojimo efektyvumo rodiklio  $C_1$  vertę, apibūdinančią pirminės neatsinaujinančios energijos vartojimo efektyvumą karštam buitiniam vandeniui ruošti, pastate sunaudojamos energijos dalį iš atsinaujinančių išteklių [2].

## A++ energijos klasės daugiabučiai pastatai Lietuvoje

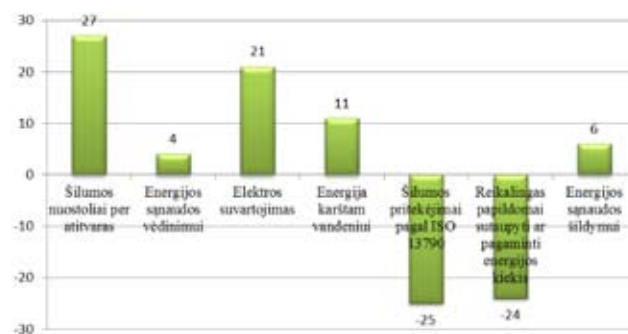
Kadangi Lietuvoje pagal pastatų energinio naudingumo klases nustatyti pereinamieji reikalavimai naujai statomiems bei rekonstruojamiems, atnaujinamiems (modernizuojamiems) ar remontuojamiems pastatams (jų dalims), pastaruoju metu daugiausia dėmesio ir skiriama B, A ir iš dalies A+ energinio naudingumo klasės pastatams. Pagrindinis dėmesys skiriamas ne naujų namų statyboms, o seniau statytų atnaujinimui (modernizavimui) ar remontui<sup>6</sup>. Lėšos daugiabučiams namams atnaujinti skiriamos iš trijų šaltinių: Europos Sąjungos struktūrinių fondų, valstybės ir gyventojų lėšų.

Statybos produkcijos sertifikavimo centro duomenimis (2013, 2014), Lietuvoje palaipsniui daugėja aukštesnei energinio naudingumo klasei priskiriamų naujų gyvenamosios paskirties pastatų, tačiau reali situacija statybos sektoriuje gana sudėtinga. Jeigu 2013 m. Lietuvoje A ir A+ energinio naudingumo klases atitiko tik po vieną individualų gyvenamąjį namą, tai 2014 m. A klasei buvo priskirta 16 naujų individualių namų, A+ klasei – 6 [8]. A ir A+ klasėms priskiriamų kitos paskirties pastatų skaičius Lietuvoje taip pat palaipsniui auga<sup>7</sup>. Sudėtingesnė situacija daugiabučių namų statybos srityje: pastatyti tik 4 A klasės daugiabučiai namai Vilniuje (2012 m. – 1, 2013 m. – 3), nėra nei vieno A+ ir A++ klasės daugiabučio namo. Ženklesnis aukštesnės energinės klasės gyvenamųjų namų skaičiaus augimas prognozuojamas 2016 metais, kuomet visi naujos statybos pastatai privalės atitikti ES reikalavimus dėl A klasės. Maždaug nuo 2018 m. prognozuojamos ir papildomos problemos, kai pastatai turės būti statomi ne žemesnės nei A+ klasės, o nuo 2021 m. bus reikalaujama statyti A++ energinio naudingumo pastatus. Tokie daugiabučiai bus apie 20-25% brangesni, o išaugusios investicijos nebūtinai atsipirks<sup>8</sup> [7].

Kad daugiabutis namas atitiktų A++ energinio naudingumo klasę, jo neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas šildymui, vėsinimui ir apšvietimui turi būti daugiau kaip 4 kartus mažesnis nei C klasės pastatuose (žr. 1 pav.). Šilumos nuostoliai A++ klasės daugiabutyje vidutiniškai 2,4 karto mažesni nei B klasės daugiabutyje, energijos sąnaudos vėdinimui mažesnės 6 kartus, o energijos sąnaudos šildymui mažesnės daugiau kaip 10 kartų<sup>9</sup>. Taip pat A++ klasės daugiabutyje reikalingas papildomas energijos kiekis iš atsinau-

jinančių energijos išteklių<sup>10</sup> (AEI), kas nebūtina pvz., B klasės pastatuose [6].

Aukštesnei energinio naudingumo klasei keliami didesni reikalavimai šilumos perdavimo koeficiento reikšmėms (žr. 1 lentelę). Tai sietina su storesniu šilumos izoliacijos sluoksniu sienose, stoge, perdangoje ir grindyse. Taip pat svarbios langų, durų ir vartų charakteristikos. Be to, siekiant aukštesnės energinio naudingumo klasės, svarbų vaidmenį vaidina rekupektorius, kurio naudingumo koeficientas A++ klasės pastate didesnis 1,38 karto lyginant su A klasės pastatu. Mechaninė oro tiekimo/šalinimo sistema su šilumos atgavimu yra būtina kiekvienam energiją taupančiam namui. Maži šilumos nuostoliai yra pasiekiami ne tik gerai izoliavus pastatą, bet ir padarius jį labai sandarų lauko oro infiltracijai. Tokių namų infiltracija per 1 valandą negali viršyti jo tūrio 0,6 dalių prie 50 Pa slėgių skirtumo. Esant tokiam sandarumui be nuolatinės oro apykaitos patalpose tiesiog būtų neįmanoma gyventi [16].



1 pav. A++ klasės daugiabučių pastatų energijos sąnaudų (kWh/m<sup>2</sup> per metus) struktūra [8]

Visų reikalavimų įgyvendinimui reikalingos didelės investicijos. Pirmiausia, jos susijusios su medžiagų ir darbo sąnaudomis: apšiltinimo sluoksnis turi būti didesnis, privalu šiltinti pamatus, atskirti balkonus, kad nebūtų šalčio tiltų, taip pat reikia įvairių sprendimų, užtikrinančių pastato sandarumą. Be to, statybos procesas tampa sudėtingesnis, nes reikia gerokai daugiau kruopštumo [1]. Pastato stogui reikalingas ypatingas dėmesys tam, kad būtų užtikrintas oro barjero vientisumas, kuris neleistų orui prasiskverbti pro stogo elementus (pvz., parapetus ar ventiliacijos angas) [13]. Vienas iš efektyviausių sprendimų A++ klasės daugiabučiuose pastatuose galėtų būti patalpų šildymo oru ir mikroklimato sukūrimo sistema (angl. HVAC). Tai sprendimas, apjungiantis šildymą, vėdinimą, oro kondicionavimą ir daugelį kitų funkcijų į vieningą sistemą, valdomą vienu programuojamu termostatu. Daugiaaukščiuose A++ klasės pastatuose ši sistema turėtų būti ypač efektyvi, nepriklausomai nuo to, ar ji būtų centralizuota, įrengiant bendrą šilumos punktą, ar individuali kiekvienam butui<sup>11</sup> (žr. 2 pav.).

<sup>6</sup> Iš viso šiuo metu šalyje yra atrinkta apie 2520 daugiabučių renovacijai.

<sup>7</sup> A klasės sandėliavimo pastatų skaičius Lietuvoje – 9, A+ klasės mokslo ir kultūros pastatų skaičius – 4, kt.

<sup>8</sup> vidutinis atsipirkimo laikas tarp B ir A klasių yra apie 23 metus. Tarp A ir A+ klasės pastatų investicijų atsipirkimo laikas skiriasi 15 metų, o A++ klasės pastatas, palyginti su A+ klase, atsipirktų tik maždaug po 43 metų.

<sup>9</sup> Lyginant B klasės daugiabučius namus su A klasės daugiabučiais – šildymo sąnaudų skirtumas akivaizdus. Tačiau tarp A ir A+ klasių šilumos suvartojimas skiriasi ne tiek daug. Lietuvos nekilnojamojo turto plėtros asociacijos (LNTPA) duomenimis tipiniame 7 aukštų 2000 m<sup>2</sup> daugiaaukštyje, kuris atitinka minimalius B klasės energinio naudingumo kriterijus, šildymas per mėnesį vidutiniškai kainuotų apie 0,72 EUR už 1 m<sup>2</sup>. Skaičiuojant 2015 m. pradžios kainomis, A klasės daugiabutyje šildymo sąnaudos siektų 0,24 EUR už 1 m<sup>2</sup>, A+ klasės name šildymas kainuotų 0,1 EUR, o A++ klasės – vos 0,03 EUR už 1 m<sup>2</sup> [11].

<sup>10</sup> A++ klasės daugiabučiame pastate kaip pagrindinį šilumos šaltinį privalu įrengti atsinaujinančius energijos šaltinius.

<sup>11</sup> išoriniams sistemos komponentams reikia vietos, jie turi būti įrengti taip, kad nesusidarytų šalčio tiltų [13].

1 lentelė. A, A+ ir A++ energinio naudingumo pastatų norminių rodiklių palyginimas [10]

	A klasės namai	A+ klasės namai	A++ klasės namai
<b>Pastatų atitvarų norminės šilumos perdavimo koeficientai</b>			
Stogai	0,1*K	0,09*K	0,08*K
Perdangos, kurios ribojasi su išore, m <sup>2</sup> K/W			
Šildomų patalpų atitvaras, kuris ribojasi su gruntu, m <sup>2</sup> K/W	0,14*K	0,12*K	0,1*K
Perdangos virš nešildomų rūsių ir pogrindžių, m <sup>2</sup> K/W			
Sienos, m <sup>2</sup> K/W	0,12*K	0,11*K	0,1*K
Langai, stoglangiai, švierslangiai, m <sup>2</sup> K/W	1*K	0,85*K	0,7*K
Durys, vartai, m <sup>2</sup> K/W	1*K	0,85*K	0,7*K
<b>Papildomi reikalavimai</b>			
Rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už	0,65*K	0,8*K	0,9*K
Pastatų sandarumas	Oro apykaita turi neviršyti 0,6 karto per valandą		
Buitiniai prietaisai ir apšvietimas	Energiją taupantys A, A+ ar A++ energinio efektyvumo klasės buitiniai prietaisai, LED apšvietimas		
<b>Papildomi reikalavimai A++ energinės klasės namui</b>			
Energijos sunaudojimas beveik lygus nuliui arba energijos sunaudojimas labai mažas, o didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją			



2 pav. Sprendimas A++ klasės daugiabučiui pastatui [13]

Įgyvendinant naujus reikalavimus, neabejotinai kils naujos statybos būsto kainos. Tikėtina, kad mažės gyventojų galimybės įsigyti kokybišką būstą ir, jei neįsikiš valstybė<sup>12</sup>, vis daugiau pirkėjų bus priversti rinktis energiškai neefektyvų senos statybos būstą [7]. Optimalus sprendimas – valstybės subsidijos A+ ir A++ energinės klasės namams. Tai paskatintų energiškai efektyvių namų statybą, technologijų ir inovacijų pritaikymą, pagerintų gyvenimo kokybę, leistų racionaliai

<sup>12</sup> Kaip pažymima Energijos efektyvaus vartojimo stebėsenos (angl. „Energy-Efficiency-Watch“) projekto ataskaitoje, Lietuvos, kaip ir Kipro, Prancūzijos, Italijos, Latvijos, Lenkijos, Slovakijos bei Švedijos, gyvenamųjų namų sektorius yra laikomas sektoriumi, kuriam būdingi svarbiausi politikos trūkumai.

naudoti energijos išteklius. Technologijoms tobulėjant ir pingant tokios subsidijos ilgainiui galėtų išnykti [1]. Tai patvirtina ir kitų ES šalių patirtis siekiant energinio efektyvumo didinimo: ambicingiausiomis energinio efektyvumo srityje laikomos Danija<sup>13</sup>, Suomija<sup>14</sup>, Liuksemburgas ir kt<sup>15</sup>.

## Išvados

1. Įgyvendinant Europos Parlamento ir Europos Sąjungos Tarybos priimtas direktyvas dėl pastatų energinio naudingumo, energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų, Lietuvoje vis daugiau dėmesio skiriama aukščiausios energetinio efektyvumo A++ energinės klasės namams. Tokio namo šiluminės energijos poreikis yra beveik lygus nuliui, o didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją. Tokio tipo namo energijos suvartojimas yra minimalus – jis su-

<sup>13</sup> Danijos energetikos agentūra yra pagrindinė dalyvė, koordinuojanti ir įgyvendinanti Danijos efektyvaus energijos vartojimo politiką. Energetikos bendrovės Danijoje turi skirti savo įnašą efektyvaus energijos vartojimo tikslų pasiekimui, kurį užtikrina energijos taupymo įsipareigojimas. Be to, energijos taupymo concernas Center for Energibesparelser skiria valstybės lėšas efektyviam energijos vartojimui privačiuose namų ūkiuose, viešajame sektoriuje ir įmonėse. Šias priemones papildo, pavyzdžiui, mokesčių už iškastinius energijos šaltinius didinimas [3].

<sup>14</sup> Viena iš Suomijos taikomų priemonių yra Vietinės valdžios efektyvaus energijos vartojimo sutartis, kurią pasirašiusios savivaldybės gali gauti finansinę paramą, skirtą energijos auditams ir energiją taupančių priemonių investicijoms. Į Suomijos politikos priemonių rinkinį taip pat įtraukti ir minimalūs energetinio naudingumo standartai, skirti centrinei valdžiai priklausantiems modernizuotiems arba naujai pastatytiems pastatams [3].

<sup>15</sup> Vokietijoje į subalansuoto politikos priemonių rinkinį pastatų sektoriuje įtrauktas federaliniame įstatyme numatytas reguliariai griežtinamų minimalių energinio naudingumo standartų, taikomų naujai pastatytiems ir modernizuotiems pastatams, apibrėžimas. Efektyvus energijos vartojimas yra papildomai skatinamas nuostatose dėl atsinaujinančios energijos naudojimo šildymui. Finansinė parama dotacijų ir lengvatinių paskolų pavidalu teikiama pastatų, kuriuose energinis naudingumas viršija nustatytus standartus, statybai. Energijos auditai taip pat remiami [3].

taupo iki 90 % šildymo išlaidų, lyginant su C energinės klasės namais.

2. Lietuvoje palaipsniui daugėja aukštesnei energinio naudingumo klasei priskiriamų naujų gyvenamosios paskirties pastatų, tačiau reali situacija statybos sektoriuje gana sudėtinga: 2013 m. Lietuvoje A ir A+ energinio naudingumo klases atitiko tik po vieną individualų gyvenamąjį namą; 2014 m. A klasei buvo priskirta 16 naujų individualių namų, A+ klasei – 6. Sudėtingesnė situacija daugiabučių namų statybos srityje: 4 A klasės daugiabučiai namai Vilniuje (2012 m. – 1, 2013 m. – 3), nėra nei vieno A+ ir A++ klasės daugiabučio namo.

3. Nuo 2016 metų visi naujos statybos pastatai privalės atitikti ES reikalavimus dėl A klasės, nuo 2018 m. pastatai turės būti statomi ne žemesnės nei A+ klasės, o nuo 2021 m. bus reikalaujama statyti A++ energinio naudingumo pastatus. Dėl to prognozuojamos ir papildomos problemos – tokie daugiabučiai bus apie 20-25% brangesni, o išaugusios investicijos nebūtinai atsipirks.

4. Kad daugiabutis namas atitiktų A++ energinio naudingumo klasę, jo neatsinaujinančios pirminės energijos suvartojimas šildymui, vėsinimui ir apšvietimui turi būti daugiau kaip 4 kartus mažesnis nei C klasės pastatuose. Šilumos nuostoliai A++ klasės daugiabutyje vidutiniškai 2,4 karto mažesni nei B klasės daugiabutyje, energijos sąnaudos vėdinimui mažesnės 6 kartus, o energijos sąnaudos šildymui mažesnės daugiau kaip 10 kartų. Taip pat A++ klasės daugiabutyje reikalingas papildomas energijos kiekis iš atsinaujinančių energijos išteklių.

5. Aukštesnei energinio naudingumo klasei keliami didesni reikalavimai šilumos perdavimo koeficiento reikšmėms. Tai sietina su storesniu šilumos izoliacijos sluoksniu sienose, stoge, perdangose ir grindyse. Taip pat svarbios langų, durų ir vartų charakteristikos. Privalu šiltinti pamatus, atskirti balkonus, kad nebūtų šalčio tiltų, taip pat reikia įvairių sprendimų, užtikrinančių pastato sandarumą. Be to, statybos procesas tampa sudėtingesnis, nes reikia gerokai daugiau kruopštumo. Vienas iš efektyviausių sprendimų A++ klasės daugiabučiuose pastatuose galėtų būti patalpų šildymo oru ir mikroklimato sukūrimo sistema (angl. HVAC). Daugiaaukščiuose A++ klasės pastatuose ši sistema turėtų būti ypač efektyvi, nepriklausomai nuo to, ar ji būtų centralizuota, įrengiant bendrą šilumos punktą, ar individuali kiekvienam butui.

6. Valstybės subsidijos A+ ir A++ energinės klasės namams paskatintų energiška efektyvių namų statybą, technologijų ir inovacijų pritaikymą, pagerintų gyvenimo kokybę, leistų racionaliai naudoti energijos išteklius. Technologijoms tobulėjant ir pingant tokios subsidijos ilgainiui galėtų išnykti. Tai patvirtina ir kitų ES šalių patirtis siekiant energinio efektyvumo didinimo.

## Informacijos šaltiniai ir literatūra:

1. *A klasės daugiabučiai: kalbų daug, o statybos nejudą*. Prieiga per internetą: <<http://www.diena.lt/naujienos/vilnius/miesto-pulsas/klases-daugiabuciai-kalbu-daug-o-statybos-nejuda-680199#ixzz3cY5H38zT>>
2. *Energijos beveik nevartojančių pastatų kiekio didinimo planas*. Aplinkos ministerija, 2012.
3. *Geros praktikos būdai įveikti energijos skolas. Efektyvaus energijos vartojimo politikos įgyvendinimas ES valstybėse narėse*. Prieiga per internetą: <[http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew\\_documents/EEW2/EEW2\\_brochure\\_Lithuanian.pdf](http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/EEW2/EEW2_brochure_Lithuanian.pdf)>
4. Jaraminienė, E.; Biekša, D.; Valuntienė, I. *Estimating potential and costs of reducing CO2 emissions in Lithuanian Buildings*. Environmental Research, Engineering and Management. 2012. Vol. 59. No. 1. P. 23–30
5. Konstantinou, T.; Knaack, U. *Refurbishment of residential buildings: A design approach to energy-efficiency upgrades*. Procedia Engineering 21: 666–675. Prieiga per internetą: <[http://www.researchgate.net/publication/257723530\\_Refurbishment\\_of\\_Residential\\_Buildings\\_A\\_Design\\_Approach\\_to\\_Energy-Efficiency\\_Upgrades](http://www.researchgate.net/publication/257723530_Refurbishment_of_Residential_Buildings_A_Design_Approach_to_Energy-Efficiency_Upgrades)>
6. *Lietuvoje daugėja energiška taupių pastatų*. Prieiga per internetą: <[http://www.am.lt/VI/article.php3?article\\_id=15451](http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=15451)>
7. *Lietuvos nekilnojamojo turto plėtros asociacija*. Prieiga per internetą: <[www.lntpa.lt](http://www.lntpa.lt)>
8. *Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija*. Prieiga per internetą: <[www.am.lt](http://www.am.lt)>
9. *Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija*. Prieiga per internetą: <[http://www.enmin.lt/lt/uploads/energetines\\_nepriklausomybes\\_strategija.pdf](http://www.enmin.lt/lt/uploads/energetines_nepriklausomybes_strategija.pdf)>
10. *Pasyvieji namai*. Prieiga per internetą: <<http://www.pasyvieji-namai.lt/5-reglamentavimas/reikalavimai-a-a-ir-a-energinio-naudingumo-klasiu-namams>>
11. *Pasyvūs namai* [interaktyvus]. 2014. Vėžl „Ecovizija“. Prieiga per internetą: <<http://www.ecovizija.lt/lt/pasyvus-namai>>
12. *Privalomai statysime dar šiltesnius namus*. Prieiga per internetą: <<http://vz.lt/article/2014/1/26/privalomai-statysime-dar-siltesnius-namus#ixzz3cY77aazS>>
13. Sheib, C. *How to Build a Passive House Apartment Building*. Prieiga per internetą: <<http://urbangreencouncil.org/content/news/how-build-passive-house-apartment-building#sthash.SKR9F7EU.dpuf>, January 20, 2015
14. *STR 2.01.09:2012. Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas*.
15. Štreimikienė, D.; Mikalauskiene A., *Energijos veiksmingumo didinimo priemonės ir jų efektyvumas*. Lietuvos mokslų akademija: Energetika T. 58, nr. 3 (2012), p. 117130. Prieiga per internetą: <<http://dx.doi.org/10.6001/energetika.v58i3.2462>>
16. Zubka, D. *Nulinės energijos pastato koncepcija ir jos pritaikymas*. 14-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2011 metų teminės konferencijos „Statyba“ straipsnių rinkinys. ISBN 9789955-28-929-6.



## A++ ENERGINĖS KLASĖS DAUGIABUČIŲ NAMŲ STATYBA LIETUVOJE

**Andrius Gulbinas, Paulius Gaučas, Airida Tylienė**

*Vilnius College of Technologies and Design, Lithuania*

**Annotation.** The biggest energy saving potential in Lithuania is saving of heat in buildings: the aim is by 2020 increase overall energy efficiency of residential and public buildings. Lithuania's energy efficiency is not associated with a specific numerical value of a energy consumption and defined by the building's energy performance class. Buildings in Lithuania are classified into 9 classes: A ++, A +, A, B, C, D, E, F, G. The legislation sets out the regulatory requirements for various purposes D, C, B, A, A +, A ++ buildings thermal properties of partition, the efficiency of engineering

systems (ventilation, domestic hot water heating, indoor lighting), building energy consumption for cooling and other indicators. Attention is paid to highest A ++ energy efficiency class homes since the energy efficiency promotion is essential. In Lithuania is gradually increasing higher energy-efficiency class new residential buildings, but the real situation in the construction sector is rather difficult. In implementation of the all requirements significant investment is needed, which is primarily related to the material and labor costs. The optimal solution - government subsidies for A + and A ++ energy class residential homes. It would encourage construction of energy-efficient houses, adaptation of technology innovation; improve the quality of life; would allow the rational use of energy resources.

**Key words:** Energy efficiency, energy class, apartment buildings, A ++ energy class

# VILNIAUS TECHNOLOGIJŲ IR DIZAINO KOLEGIJOS MOKSLO ŽURNALO „TECHNOLOGIJOS IR MENAS. TYRIMAI IR AKTUALIJOS“ STRAIPSNŲ RENGIMO REIKALAVIMAI

## Bendroji informacija

Straipsniai moksliniame žurnale publikuojami lietuvių kalba, užsienio šalių autorių straipsniai – anglų kalba. Redakcinei kolegijai pateikiama spausdinta rankraščio kopija (pasirašyta autoriaus (-ių) ir elektroninė kopija, parengta MS Word redaktoriūmi *Times New Roman* šriftu pagal toliau nurodytus reikalavimus. Straipsnio tekstas maketuojamas viengubu (*Single*) intervalu 210 × 297 mm formato puslapiuose. Straipsnio apimtis – iki 10 puslapių. Atskirame lape ir elektroninėje kopijoje nurodomi trumpi duomenys apie autorių (ius): mokslo laipsnis, užimamos pareigos, mokslinių interesų (taikomųjų tyrimų) kryptys, darbovietė ir jos adresas, telefonas (darbo arba namų), el. paštas.

## Straipsnio struktūra

Straipsnyje turi būti nurodytas straipsnio pavadinimas, autoriaus (-ių) vardas ir pavardė, darbovietės ar organizacijos pavadinimas ir adresas, anotacija lietuvių kalba; pagrindinės sąvokos, įvadas (nurodoma tyrimų objektas ir tikslas, uždaviniai, taikomi metodai, problema, temos aktua-lumas, pateikiama literatūros apžvalga ir analizė ir kt.), temos dėstymas, rezultatai ir jų apibendrinimas, išvados, literatūros sąrašas. Straipsnio pabaigoje pateikiama anotacija užsienio kalba (ne mažiau kaip 1500 spaudos ženklų neskaičiuojant tarpų).

## Rankraščio maketas

1. **Straipsnis** turi būti parašytas teksto redaktoriūmi *MS Word Windows*, *Times New Roman* šriftu, 12 pt (1,0 eilutės eilėtarpiu). Puslapio formatas – A4 (210 × 297 cm), vertikalus. Paraštės: kairioji – 30 mm, dešinioji – 10 mm, viršutinė – 20 mm, apatinė – 20 mm.

2. **Straipsnio pavadinimas** rašomas 14 pt pastorintu šriftu (*Bold*), didžiosiomis raidėmis. Centruojama. Tarp pavadinimo ir autoriaus pavardės – 1 eilutės intervalas.

3. **Autoriaus (-ių) vardas (-ai) ir pavardė (-s)** rašomi 12 pt pastorintu šriftu (*Bold*) mažosiomis raidėmis. Centruojama.

4. **Autoriaus (-ių) darbovietės ar organizacijos pavadinimas** ir adresas, autoriaus (ių) el. pašto adresas rašomas 10 pt kursyvu mažosiomis raidėmis. Centruojama. Tarp autoriaus pavardės ir darbovietės pavadinimo – 1 eilutės intervalas.

5. Trumpa **straipsnio anotacija** renkama 10 pt šriftu (*Normal*), lygiavimas abipusis.

6. **Pagrindinės sąvokos** pateikiamos 12 pt šriftu;

7. **Straipsnio tekstas** rašomas 12 pt šriftu, lygiavimas abipusis.

8. **Pagrindinis tekstas** skirstomas į skyrius ir poskyrius. Skyrių pavadinimai rašomi 12 pt pastorintu šriftu (*Bold*) mažosiomis raidėmis lygiuojant pagal kairę paraštę, poskyrių pavadinimai tokia pat tvarka, kaip ir skyrių pavadinimai, – 12 pt šrifto dydžiu.

9. **Pastraipos stilius**: pirmos eilutės įtrauka – 1,25 cm, tarpas po pastraipos – 3 pt. Pastraipoms nustatoma abipusė lygiuotė, tekstas sulygiuojamas ir pagal dešiniąją, ir pagal kairiąją paraštes.

10. **Formulės, lentelės, paveikslai**.

Formulės rašomos standartiniu *Word* formulių redaktoriūmi, pagrindinių kintamųjų šrifto dydis – 10 pt (kintamieji ir jų indeksai, išskyrus skaitmenis, pasvirusiu šriftu).

Lentelės maketuojamos kartu su tekstu, lygiavimas abipusis. Lentelių numeriai ir pavadinimai rašomi virš lentelių 12 pt kursyvu tęstine tvarka visame tekste. Lentelės turinys lygiuojamas pagal kairę paraštę ir rašomas 10 pt šriftu, pvz.:

1 lentelė. Pavadinimas

AAAAA	BBBBBBB	AB	CCCC

Iliustracijos, paveikslai, diagramos ir pan. maketuojami ir kompu-nuojami pačiame tekste, taip pat pateikiami atskiruose failuose. Paveiks-liukai, nuotraukos – tif arba jpg formatu. Skiriamoji raiška ne mažiau nei

300 DPI, tonai, nespaltvoti (greyscale). Grafikai, brėžiniai, schemas – eps, wmf, emf formatu (galima Excel ar CorelDraw). Pavadinimai rašomi po iliustracija 12 pt pastorintu šriftu centruotai tęstine tvarka visame tekste (1 pav., 2 pav.). Po iliustracijos numerio 12 pt pastorintu šriftu (*Bold*) centruotai rašomas pavadinimas.

## 11. Literatūra

**Citavimas.** Cituojant literatūros šaltinį nuoroda pateikiama į numeruotą bibliografinių nuorodų sąrašą straipsnio gale. Nuoroda rašoma laužtiniuose skliaustuose, pavyzdžiui, [2].

**Literatūros sąrašas** sudaromas abėcėlės tvarka, numeruojama arabiškais skaitmenimis. Pirmiausia išvardijami leidiniai lotyniškais rašmenimis, po to slavų rašmenimis.

## Literatūros sąrašo pateikimas:

### Knygos:

Vieno autoriaus knyga.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Vaitkevičiūtė, V. *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: Žodynas, 2002. ISBN 9986-456-62-1.

Dviejų autorių knyga. Kai autoriai keli, jų pavardės atskiriamos kabliataškiu.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Zohar, D; Marshall, I. *Dvasinis kapitalas*. Vilnius: Tyto alba, 2006. ISBN 9986-16-527-X.

Trijų autorių knyga.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Kunevičienė, A.; Pečkuvienė, L.; Žilinskienė, V. *Specialybės kalbos kultūra*. Vilnius: Lietuvos teisės universitetas, 2003. ISBN 9955-563-43-5.

Keturių autorių knyga.

Pirmo autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; santrumpa *et al.* *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Ginevičius, R.; *et al.* *XXI amžiaus iššūkiai: organizacijų ir visuomenės pokyčiai*. Vilnius: Technika, 2006. ISBN 9955-057-3.

Knyga be autoriaus.

*Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

*Kanceliarinės kalbos patarimai*. Parengė P. Kniūkšta. 4-asis leidimas. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 2000. ISBN 5-420-01238-3.

### Straipsniai, publikuoti knygoje ir daugiatomiuose leidiniuose.

Straipsnio autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. Straipsnio pavadinimas. In: *Leidinio pavadinimas*. Laida. Leidimo vieta: leidykla, metai, vieta leidinyje (puslapijai).

Sabaliauskas, A. Graikų kalba. In: *Lietuvių kalbos enciklopedija*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 1999, p. 222–223.

### Straipsniai, publikuoti serijiniuose leidiniuose.

Straipsnio autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. Straipsnio pavadinimas. *Leidinio pavadinimas*. metai, vieta leidinyje (puslapijai).

Mauzienė, L. Leksikos mokymo metodikos aktualijos. *Filologija*, 2005, Nr. 13, p. 60–65.

### Elektroniniai dokumentai.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Pavadinimas* [laikmenos rūšis]. Laida. Leidimo vieta: leidykla, išleidimo data [nuorodos sudarymo data]. Priega. Standartinis numeris.

Europass Lietuvoje [interaktyvus]. Vilnius: ES Leonardo da Vinčio programos koordinavimo centras [Žiūrėta 2007m. gruodžio 4d.]. Priega per internetą < <http://www.europass.lt>.

Lietuva iki Mindaugo [CD-ROM]. Vilnius: Elektroninės leidybos namai, 2001. ISBN 9986-9216-5-1.

# REQUIREMENTS FOR PREPARATION OF ARTICLES FOR THE SCIENTIFIC MAGAZINE “TECHNOLOGY AND ART. RESEARCH AND TOPICALITIES“ OF VILNIUS COLLEGE OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

## General information

Articles in this magazine are published in Lithuanian, whereas articles of foreign authors – in English. The editorial staff is provided with a printed copy of the work (undersigned by the author (s) and electronic copy prepared by *MS Word* in *Times New Roman* under the further indicated requirements. The text of the article is spaced by single (*Single*) interval in 210 × 297 mm format pages. Volume of the article – up to 10 pages. The following short author details are indicated on a separate sheet and in the electronic copy: degree, current position, course of scientific interests (applied researches), working place and its address, telephone number (work or home), e-mail.

## Structure of the article

The article must include title, name (s) and surname (s) of the author (s), name and address of working place or organization, annotation in Lithuanian; keywords, introduction (indicates object and aim of the researches, tasks, applied methods, problem, topicality of the theme, provides literature review and analysis, and etc.), laying out of the theme, results and their summary, conclusion, list of literature. The end of the article provides annotation in foreign language (not less than 1500 characters without spaces).

## Formatting of the text

1. **The article** has to be written using text editor *MS Word Windows*, in *Times New Roman* 12 pt (line spacing – 1.0). Page format – A4 (210x297 cm), vertical. Margins: left – 30 mm, right – 10 mm, top – 20 mm, bottom – 20 mm.

2. **Title of the article** is written in bold (*Bold*) 14 pt, caps lock. Central alignment. Space between title and name of the author – 1 line.

3. **Name (s) and surname (s) of the author (s)** is/are written in small bold (*Bold*) letters. Central alignment.

4. **Name and address of working place or organization of the author (s)**, e-mail address of the author (s) is written in italics, 10 pt small letters. Central alignment. Space between name of the author and name of working place – 1 line.

5. Short **annotation of the article** is typed in 10 pt (*Normal*). Justified alignment.

6. **Keywords** are provided in 12 pt.

7. **Text of the article** is written in 12 pt, justified alignment.

8. **Body of the article** is divided into sections and subsections. Titles of the sections are written in bold (*Bold*) 12 pt small letters, left alignment; titles of subsections are written in the same order as titles of sections – in 12 pt.

9. **Style of a paragraph**: first line indented at 1.25 cm, spacing after paragraph – 3pt. Justified alignment is selected to paragraphs, text is aligned under both right and left margins.

10. **Formulas, tables and pictures**.

Formulas are written using standard editor of formulas in *Word*, font size of the main variables – 10 pt (variables and their indexes, except numbers, are in italic).

Tables are formatted together with the text, justified alignment. Numbers and titles of tables are written above tables in italic 12 pt in serial order through all the text. Content of the table is aligned under left margin and written in 10 pt, for example:

Table 1. Title

AAAAA	BBBBBBB	AB	CCCC

Illustrations, pictures, diagrams, and etc. are edited and composed in the text, also they are placed in the separate files. Pictures and photos are placed in tif or jpg format. The distinctive expression is no less than 300 DPI, greyscale tones. Graphs, drawings, scheme – eps, wmf, emf format (possible Excel or CorelDraw). The titles are in bold illustration 12 pt, bold

centered, in continuous order in all the text (1 ex., 2 ex.). The title is written after the illustration number in 12 pt bold centered.

## 11. Literature

**Quoting**. While quoting the source of literature is indicated in a numbered list of bibliographic references at the end of the article. Reference is written in angle brackets, for example, [2].

**List of literature** is made in alphabetical order numbered in Arabic numerals. At first, the publications are listed in Latin characters, and then – Slavic.

### Presenting of literature list:

#### Books:

Book of one author.

Surname of the author, First letter of the name. *Title of the publication*. Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Vaitkevičiūtė, V. *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: dictionary, 2002. ISBN 9986-456-62-1.

Book of two authors. If there are a few authors, their surnames are separated by a semicolon.

Surname of the author, First letter of the name; Surname of the author, First letter of the name. *Title of the publication*. Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Zohar, D.; Marshall, I. *Dvasinis kapitalas*. Vilnius: Tyto alba, 2006. ISBN 9986-16-527-X.

Book of three authors.

Surname of the author, First letter of the name; Surname of the author, First letter of the name; Surname of the author, First letter of the name. *Title of the publication*. Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Kunevičienė, A.; Pečkuvienė, L.; Žilinskienė, V. *Specialybės kalbos kultūra*. Vilnius: Lithuanian Law University, 2003. ISBN 9955-563-43-5.

Book of four authors.

Surname of the first author, First letter of the name; the abbreviation *et al.* *Title of the publication*. Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Ginevičius, R.; *et al.* *XXI amžiaus iššūkiai: organizacijų ir visuomenės pokyčiai*. Vilnius: Technique, 2006. ISBN 9955-057-3.

A book without an author.

Title of the publication. Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

*Kanceliarinės kalbos patarimai*. Prepared by P. Kniūkšta. 4<sup>th</sup> edition. Vilnius: Institute of Science and Publishing of Encyclopedias, 2000. ISBN 5-420-01238-3.

#### Articles published in books and voluminous editions.

Surname of the article author, First letter of the name. Title of the article. *Title of the publication*. Edition. Place of edition: publishing house, year, place in the publication (pages).

Sabalaiškas, A. Graikų kalba. *Lietuvių kalbos enciklopedija*. Vilnius: Institute of Science and Publishing of Encyclopedias, 1999, p. 222-223.

#### Articles published in serial publications.

Surname of the article author, First letter of the name. Title of the article. *Title of the publication*. Year, place in the publication (pages).

Mauzienė, L. Leksikos mokymo metodikos aktualijos. *Filologija*, 2005, No. 13, p. 60-65.

#### Electronics documents.

Surname of the author, First letter of the name. Title [type of media]. Edition. Place of edition: publishing house, date of publishing [date of making the link]. Access. Standard number.

Europass in Lithuania [interactive]. Vilnius: ES Leonardo da Vinčio programos koordinavimo centras [viewed on December 4, 2007]. Access via Internet < <http://www.europass.lt>.

Lietuva iki Mindaugo [CD-ROM]. Vilnius: Electronic Publishing House, 2001. ISBN 9986-9216-5-1.

---

**TECHNOLOGIJOS IR MENAS**  
**TECHNOLOGY AND ART**

2015/6

Sudarytojas/ Compiler **Andrius GULBINAS**  
Kalbos redaktorės/ Language Editor **Jolita GRAŠIENĖ, Rima**  
**MARCINKEVIČIENĖ, Violeta MIKLIUŠIENĖ**  
Konsultantė /Consultant **Inga KRAKELIENĖ**

ISSN 2029-400X

2015-06-03. 60×90/8. 17 sąlyg. sp. l. Tiražas 100 egz.  
Spausdino UAB „Baltijos kopija“ Kareivių g. 13B, Vilnius

**Redakcijos adresas**

**Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija**

Antakalnio g. 54; LT-10303 Vilnius, Lietuva  
Tel. (8 5) 234 1524; Faksas (8 5) 234 3769; El.p. info@vtdko.lt

**Address of the publisher**

**Vilnius College of Technologies and Design**

Antakalnio g. 54; LT-10303 Vilnius, Lithuania  
Phone: +370 5 234 1524; Fax: +370 5 234 3769;

E-mail info@vtdko.lt