

TECHNOLOGIJOS IR MENAS

TECHNOLOGY AND ART

2016 / 7

TYRIMAI IR AKTUALIJOS
RESEARCH AND TOPICALITIES



VILNIAUS TECHNOLOGIJŲ IR DIZAINO KOLEGIJA

VILNIUS COLLEGE OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

VILNIUS 2016

REDAKCIŅĒ 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 Targamadžė**
(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 Targamadžė**
(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>Jonas Malinauskas</i> Naujų ir tradicinių technologijų taikymas eksperimentiniuose dizaino projektuose (tarptautinių parodų medžiaga)	5
<i>Antanas Stančius</i> Vandens dizainas kraštovaizdžio architektūroje ir urbanizuotoje aplinkoje	9
<i>Rasa Valujavičienė</i> Sūnaus palaidūno tema XVI–XVII a. Vakarų Europos dailėje	16
<i>Airida Tylienė</i> Erdvės suvokimo architektūroje problematiškumas	25
<i>Jolita Grašienė</i> Kalbos klaidos technikos krypties studentų darbuose	33
<i>Sofija Petraševičienė, Rita Senulienė, Povilas Vilkas</i> Mechanikos inžinerijos profesinio bakalauro žinių ir gebėjimų atitiktis darbdavių lūkesčiams	39
<i>Alvyda Anciūtė, Tatjana Grigorjeva</i> Medinių pėsčiųjų tiltų architektūrinių ir konstrukcinių sprendinių tyrimas	45
<i>Natalija Augūnienė, Jelena Pavliukovič</i> Šilo tilto nuosėdžių vizualizavimas	52
<i>Liudvikas Narkaitis, Donatas Kriaučiūnas, Tadas Vipartas</i> Automobilio kėbulo elementų poveikio aerodinaminėms savybėms tyrimas	57
<i>Saulius Gudžius, Alfonsas Morkvėnas, Vidmantas Tička, Jasiūnas Kęstutis, Žydrūnas Čeponis</i> Komutacinių viršįtampių tyrimas šunto reaktoriaus schemoje	60
<i>Bronius Karaliūnas, Bronė Mitkienė, Antanas Staponas</i> Elektroniskai komutuojamos pavaros charakteristikų imitaciniai modeliai	65
<i>Petr Lepsik, Michal Petru</i> Innovation of production line for producing of nanofibers using TRIZ	70
<i>Rimantas Matuliauskas</i> Toroidinių KS magnetinių laukų apibendrintas modelis	74
<i>Foremny Andrzej, Kluczuk Paweł</i> Design and implementation of improved automated, mobile construction projects monitoring system (MEVMS) based on Earned Value Management as an element of BIM in the execution stage	78
<i>A. A. Zaytsev</i> Mechanical-stabilized earth and gabion walls as a part of transport infrastructure (Experience of the projection and construction)	85
<i>E. S. Ashpiz, I. K. Mikhalkin, O. B. Simakov, E. D. Zagitov</i> Monitoring of railway infrastructure with the use of multifunctional diagnostic trains	90
<i>V. I. Popov, V. A. Skudnov, A. S. Vasiljev</i> Mathematical Models and Algorithms of Radio Wave Propagation in Cellular Networks of Mobile Communication	95
<i>O. Patlasov, E. Patlasov</i> Unification of the cant and maximum values for cant deficiency	105
<i>B.E Bodnar, A.B. Ochkasov, D.V. Bobyr</i> Improving operation and maintenance of locomotives of ukrainian railways	109

<i>Tetyana Nestorenko, Olesya Shcherba</i> Economic and social impact of higher education on society	115
<i>Nazar Dobosh</i> Insurance as method of management to the risks of a transport organization	123
Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos mokslo žurnalo „Technologijos ir menas. tyrimai ir aktualijos“ straipsnių rengimo reikalavimai.....	127
Requirements for preparation of articles for the scientific magazine “Technology and art. Research and topicalities“ of vilnius college of technologies and design.....	128

NAUJŲ IR TRADICINIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS EKSPERIMENTINIUOSE DIZAINO PROJEKTUOSE (tarptautinių parodų medžiaga)

Jonas Malinauskas

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

Anotacija. Sparti ekonomikos raida, siekiant patenkinti nuolat augančius vartotojų poreikius, bet turint ribotą kiekį išteklių, darosi nebeįmanoma. Naujų daiktų kūrėjus užgula socialinė atsakomybė, verčianti keisti vartojimo įpročius, rinkti naujus efektyvius gamybos būdus, naudoti atnaujinamus arba antrinius išteklius. Šiame kontekste aktualus grįžimas prie vienetinės amatinės gamybos nauju technologiniu lygmeniu. Šis gamybos būdas suteikia galimybę ne tik taupyti išteklius, pagaminant tiek produkcijos, kiek reikia, bet ir pailgina daiktų naudojimo laikotarpį, suteikdamas jiems papildomą išliekamąją vertę. Šiuolaikinio amatininko darbo vaisiai privalo patraukti rinkos dalyvių dėmesį ir išlaikyti komercinį potencialą. Svarbi yra ir šiuolaikinės amatinės gamybos orientacija į atnaujinamus išteklius bei antrines žaliavas, suteikiant galimybę ne tik taupyti medžiagas, bet ir formuoti naują, santūrią ir racionalią dizaino stilistiką.

Svarbiausios sąvokos: nematerialieji gamybos aspektai, reversinė inžinerija, antrinės žaliavos.

Įvadas

Straipsnio tikslas – nagrinėjant eksperimentinio dizaino pavyzdžius, eksponuotus tarptautinėse parodose, parodyti perspektyvių vienetinės bei smulkiaserijinės gamybos technologijų naudojimo daiktų dizaine galimybes ir jų įtaką formos sprendimams.

Problema – esminiai šiuolaikinio dizaino nuostatų pokyčiai, įgyvendinami atsižvelgiant į socialines, ekonomines bei ekologines šiuolaikinio pasaulio realijas, šių pokyčių atspindys dizaino gaminių formoje.

Temos aktualumas

Kritikų nuomone, šiuolaikinėje vartotojiškoje visuomenėje nebeužtenka gamtos išteklių ir darbo jėgos, norint patenkinti augančius ir kintančius įvairių socialinių grupių poreikius. Būtina keisti ne tik vartojimo įpročius, bet ir esmines dizaino nuostatas, plačiau taikant naujas ekonomiškąs technologijas ir išnaudojant medžiagų antrinio panaudojimo galimybes.

Straipsnyje pateikta tarptautinių dizaino parodų, kuriose autoriui teko lankytis (Salone del Mobile (Milanas, Italija, 2014–2015 m.), Ambiente (Frankfurtas, Vokietija, 2014–2016 m.) ir Abitare il Tempo (Verona, Italija, 2013 m.) apžvalga. Šių parodų apžvalgas autorius yra skelbęs pranešimuose VTDK konferencijose, taip pat žurnaluose „Centras“, „Namas ir aš“ bei „Interior“ (Latvija)

Naujų formų atsiradimą dizaine visuomet skatino tiek socialiniai pokyčiai visuomenėje, sparčiai besikeičiantys vartotojų poreikiai, tiek gamybos technologijų raida, naujų medžiagų bei jų apdorojimo būdų atradimas. Daugelio kritikų nuomone, šiuolaikinė vartotojiška visuomenė jau priėjo liepto galą: ribotų mūsų planetos gamtos išteklių ir darbo jėgos akivaizdžiai nebeužtenka, norint patenkinti augančius vartotojų poreikius įvairiuose pasaulio regionuose. Tokiomis sąlygomis naujų objektų kūrėjus užgula ypatinga socialinė atsakomybė: ar tikrai būtina eikvoti lėšas ir pastangas, siekiant įsprausti į perpildytą rinką dar vieną produktą, mažai besiskiriantį nuo jau esamų? Ar nauji gaminiai

tikrai atitinka pasikeitusius vartotojų poreikius? Ar negalima jų tenkinti, naudojant jau esamas priemones ir medžiagas? Ar iš tikrųjų išsemtos vienetinės amatinės gamybos galimybės ir privalumai? Atlikus eksperimentinių dizaino projektų analizę, galima išsiaiškinti, koku mastu naujų technologijų ir originalių formos sprendimų įgyvendinimas atitinka rinkos pokyčius ir vienetinės gamybos raidos lūkesčius.

Amatinės gamybos ypatumai XXI a. pradžioje

Pagrindiniai amatinio darbo privalumai – individualių formų pritaikymas, išskirtinė kokybė, formos išgryninimas, racionalus ir išraiškingas medžiagų naudojimas – yra paklausūs labiau nei bet kada; mes galime stebėti nuolat augančią jų paklausą šiuolaikinėje visuomenėje [3]. Skirtingai nuo masinės nebrangios serijinės gamybos, vienetinė gamyba, naudojanti nusistovėjusias kanonines formas ir gausybę kvalifikuoto rankų darbo, yra populiari nedidelėse aukštesnio lygio visuomenės grupėse, kurių nariai, viena vertus, naudoja šios gamybos rezultatus savo socialiniam statusui pabrėžti, antra vertus, – suvokdami daiktų kultūrinę vertę, jų įsigijimu nuolat skatina materialios kultūros konteksto raidą. Savaiame suprantama, kad tokiu atveju gamybos sąnaudos ir galutinė produkto kaina nėra lemiamas paklausos veiksnys – vartotojai labiau orientuojasi į individualią, nepakartojamą formą, laiko išbandytus, pasitikėjimą keliančius gamybos būdus ir tą neapčiuopiamą pojūtį, kurį paprastai vadiname „žmogaus rankų šiluma“. Tradicinėje amatinėje gamyboje šių veiksnių darnos buvo išmokta per ilgą profesinio tobulėjimo laikotarpį, patirtį ir profesines žinias perteikiant meistro ir pameistrinio duetu [7]. Deja, šis patirties perdavimo būdas visiškai neatitinka XXI a. gamybos spartos ir informacijos apyvartos tempų, tad amatinio meistriškumo šiandien bandoma mokyti specializuotose mokymo įstaigose. Tačiau tradicinių amatų metodų mokymas paprastai neužima daug vietos

šiuolaikinio dizaino mokymo programose, nepaisant jų glaudaus ryšio su daugelio šakų praktika. Kadangi trūksta cechų saviorganizacijos sistemos, daugelis pavienių meistrų, kad ir būdami aukšto lygio, dirba individualiai ir nesirūpina savo veiklos viešinimu. Analitinių nuomone, šiandien trūksta informacijos apie tai, ką sugeba pagaminti praktikuojantys amatininkai ir, svarbiausia, kokios yra jų propaguojamos vertybės [4]

Kiekvieno gamybos objekto vertę šiandieninėje Vakarų visuomenėje, pavyzdžiui, Italijoje, sudaro materialieji ir nematerialieji jo formos aspektai. Kiekvienas amatininkas supranta, kad jo darbo vaisius privalo patraukti dėmesį ir išlaikyti komercinį potencialą. Pirkėją sudomina ne tik pats objektas, bet ir jame įamžinta istorija. Tai ne tik suteikia objektui papildomos vertės gamyboje, bet ir pritačia jo naudojimą, versdama labiau gerbti į daiktą sudėtas pastangas ir jame slypinčius kultūrinės atminties epizodus [6].

Reversinė inžinerija ir dizainas

Siekdami tiksliai atkurti senųjų daiktų vertę, italų specialistai šiandien imasi kompleksinių sprendimų, susijusių su senųjų gamybos būdų atkūrimu. „Reversinę, arba atkuriamąją inžineriją, galima laikyti strateginiu procesu, sutelkiančiu dėmesį į tai, kaip humanizuoti dizaino kūrimą, nustatyti galimus projektavimo etapus, pasirinkti tinkamus projektavimo proceso modelius bei įrankius ir paremti novatorišką dizainą arba formos rekonstrukciją“ [8]. „Šio principo pritaikymą dizaino praktikoje parodoje Abitare il Tempo užpernai pademonstravo garsi juvelyrikos ir aksesuarų gamintoja iš Toskanos Baldi Home Jewels[2], kartu su Milano politechnikos instituto specialistais ji sukūrė nuoseklią klasikinio stiliaus daiktų ir aksesuarų skaitmeninio katalogizavimo, trimačio skanavimo ir pritaikymo šiuolaikinėms apdorojimo technologijoms metodiką. Būtina pabrėžti, kad be materialijų objekto parametrų (matmenų, medžiagos, paviršiaus kokybės etc.) aprašomas ir socialinis bei kultūrinis daikto kontekstas, taip pat ir jo komunikuojamos vertybės. Galutiniai šios veiklos rezultatai – stiklo gaminiai, papuošalai, baldų detalės – yra gaminami vienetiniu būdu pagal individualius užsakymus, tuo pačiu išlaikydami savo vertę (1 pav.), tačiau prirėkus jų duomenys gali būti sparčiai surasti skaitmeniniame kataloge ir panaudoti papildomai gamybai. Tokia technologija, vadinama made on demand (gamyba pagal pareikalavimą). Tokiu būdu Baldi kompanija gali atsisakyti materialijų pavyzdžių ir tiražuojamų kopijų sandėliavimo, taip pat išlaikyti stabilų unikalų gaminių kokybę.

Italai, graviruodami stiklą, derina mašininio ir tradicinio rankų darbo technologijas, o čekų stiklo meistrai iš įmonės BOMMA (Bohemian Mashines) labiau orientuojasi į šiuolaikinę skaitmenizuotą gamybą. Tiesa, stiklinių ir ašochių korpusus jie po senovei išpučia rankiniu būdu, tačiau krištolą graviravuoja robo-

tizuoti kompleksai, pagaminti toje pačioje įmonėje. Stiklės veikia neįtikėtinu tikslumu ir kiekvienam stiklo gaminiui gali būti pritaikytas skirtingas piešinys, užtikrinantis indo unikalumą ir išliekamąją vertę (2 pav.). Artimiausi jų kaimynai iš Bratislavos technologijos universiteto, įgyvendindami projektą Flowers for Slovakia, kaip tik akcentavo ne technologinę, o „humanitarinę“ stiklo gamybą (3 pav.), vaizdingomis vienetinių indų formomis iliustruodami slovakų liaudies pasakas ir suteikdami jiems muziejinę vertę [6].

Naują išvaizdą klasikiniams amatiniam motyvams gali suteikti kūrybiškas keletas medžiagų sugretinimas. Būtent taip pasielgė prancūzų dizaineris Jérémy Tisserand. Medžio pramonės kolegijos studentas iš medžio masyvo kruopščiai išdrožė apatinę konsolinio staliuko dalį, o jo viršų pagražino anglies pluošto strypais, pasiškoliniais iš lenktyninių bolidų konstruktorių (4 pav.). Neįprastas medžiagų kontrastas suteikė baldui unikalų išskirtinumo ir šiuolaikiškumo, tačiau nesuardė formos vientisumo.

Dizaineriai mėgsta rinktis ne tik konstrukcijų medžiagas, bet ir jų dangas. Londone studijuojanti dizainerė Lina Patsiou, norėdama sudominti vietinius gamintojus naujomis dizaino idėjomis, padengė karščiui atspariu purškiamu pluoštu (flock coating) ekonominę elektros lemputę burbulą (5 pav.). Rezultatas, pavadintas Muscar, veikia primena ne šviestuvą, o naminių gyvūnėlių – iš vidaus šildomą „kailiuką“ labai malonu laikyti rankose, nors šviesa plačiau nepasklinda. Šiuo atveju labai paprastomis priemonėmis dizaino objektui buvo suteikta papildoma emocinė vertė.

Naujųjų technologijų ir antrinių žaliavų naudojimo rezultatai dizaino parodose

Viena naujausių technologijų, atvėrusių plačias perspektyvas made on demand gamybai, yra trimatis spausdinimas. Tokiu būdu galima ypač taupiai naudoti medžiagas, taip pat gaminti daiktus, jau pateikus konkretų užsakymą, t. y. užtikrinus jo realizaciją. Lankantis parodose, susidaro įspūdis, kad dizaineriai ir technologai eksperimentuoja su visomis medžiagomis, o vėliau svarsto, kur jas galima pritaikyti. Pavyzdžiui, pernai Milano parodoje Eidhovenos dizaino akademijos magistrantas Olivier van Herpt trimačiu spausdintuvu spausdino stambias keraminės vazas, pastatomas ant grindų (6 pav.), o jo kolegos iš Burgo Meno ir dizaino universiteto (Vokietija) netgi atspaudė netikrą zuikį iš tikro mėsos faršo (7 pav.). Autorių teigimu, šio amžiaus viduryje dėl visuotinio žemės ūkio suintensyvėjimo plačiausiai paplitusiu gyvulinių baltymų šaltiniu taps vabzdžių ir kirminų masė, kurios spalva ir konsistencija patiks toli gražu ne visiems. Trimačio spausdinimo dėka įgavusi įprasto mėsos patiekalo formą, vabzdžių ląsteliena turi šansų prigyti Europos rinkoje. Maisto produktų spausdinimas turi plačias perspektyvas. Kai kurių ekspertų nuomone, jo dalis kasdieniuose

patiekaluose iki šio amžiaus vidurio gali sudaryti daugiau nei 50%, tad formos tobulinimas gali tapti svarbiu rinkodaros veiksmu.

Siekiant taupyti išteklius, brangias ir tvirtas konstrukcines medžiagas galima bent iš dalies pakeisti (arba užpildyti) kiek pigesnėmis. O kodėl neužpildžius baldo... oru? – pagalvojo lenkų dizaineris Oskar Zieta, ir po daugelio praktinių bandymų pristatė Milano baldų mugėje tuščiavidurius stalus ir taburetes, pagamintus iš plonos aliuminio skardos ir suvirintos visu perimetru (8 pav.). Viduje esantis suspaustas oras standina baldo formą ir neleidžia jai subliūkti. Iš esmės baldų serija Plopp puikiai iliustruoja teiginį, kad nauja technologija lemia naujų formų atsiradimą.

Be naujų technologijų diegimo ypatingas dėmesys tebeskiriamas antrinėms medžiagoms ir žaliavoms, taip galima taupyti gamtos išteklius. Priminsiu, kad pakartotino naudojimo (recycling) fazės yra keturios:

- Naudoto daikto taisyimas ir pakartotinas naudojimas pagal tą pačią paskirtį.
- Naudoto daikto arba jo dalių pritaikymas kitai paskirčiai.
- Naudoto daikto dalių ar medžiagų panaudojimas kaip žaliavos naujų tos pačios rūšies daiktų gamybai.
- Medžiagų panaudojimas kitai paskirčiai (pvz., kurui arba statybos mišinių užpildui).

Be abejo, dizainerių dėmesį labiausiai traukia antroji ir trečioji šio proceso fazės. Pavyzdžiui, jauna vokiečių dizainerė Meike Harde išgarsėjo baldais iš naudotų tekstilės gaminių ir šviestuvais iš vienkartinėse indų (9 pav.). Dizaineriai iš Vokietijos Katrin Krupk ir Philipp Stieghan šių metų Ambiente parodoje pristatė dekoratyvių dubenų ir vazelių seriją Cotton Bowls, kuriems gaminti naudojamos medvilninės tekstilės atraižos (10 pav.). Svarstant galimybę pakartotinai naudoti medžiagas, griebiamasi savotiško „programavimo“ bei principo „pasidaryk pats“. Antai japonų dizaineris Hironori Wad sukūrė specialų padėklą Twool Box, skatinantį vartotojus pasigaminti daiktadėžes iš naudotų įvairių dydžių skardinių (11 pav.). Olandų kompanija Side by Side siūlo virtuvės peilių stovą susikomponuoti pačiam iš pirktinių bambukinių lazdelių, tačiau komplektuoja ruošinį „firminėmis“ jungiamosiomis dalimis (12 pav.).

Būtina pabrėžti, kad daiktų gamybai iš antrinių žaliavų būtina ypatinga dizainerio kvalifikacija, kad pagamintas daiktas neatrodytų nutriušęs, turėtų funkcinę ir komercinę vertę. Minėtoje Ambiente parodoje straipsnio autoriui teko matyti kuprinių, krepšių ir rankinių, pagamintų iš įvairiausių antrinių medžiagų: karinių brezentinių palapinių, gaisrinių žarnų ir netgi dviračio padangų. Viena stilingiausių rankinių serijų bendru pavadinimu Bag to Life buvo pasiūta iš senų lėktuvo keleivių sėdynių dirbtinės odos (13 pav.). Deja, visus šiuos gaminius sieja ne tik antrinių žaliavų naudoji-

mas, bet ir kainos, gerokai aukštesnės už vidutines. Didelės gamybos sąnaudos, taip pat žaliavų surinkimas ir paruošimas kol kas riboja antrinių žaliavų naudojamą arba verčia perkelti gamybą į trečiojo pasaulio šalis, kur darbo jėga yra kur kas pigesnė.

Išvados

Apibendrinant parodų analizės medžiagą galima konstatuoti, kad:

- Naujų technologijų ir medžiagų panaudojimas paskatins grįžimą prie vienetinės gamybos principų tik visiškai nauju lygmeniu.
- Interpretuojant šiuolaikinėmis priemonėmis praeitų amžių amatinę gamybą, prie materialijų veiksnių būtina pridėti ir nematerialius, sukuriančius neformaliąją daikto vertę.
- Profesionaliu atsakingu dizainerių požiūriu, nurašyti daiktai bei antrinės žaliavos gali sėkmingai tapti visaverčių buitinių daiktų kūrimo pagrindu.

Įvertinant parodų metu eksponuojamus šiuolaikinės amatinės gamybos pavyzdžius, galima pacituoti Abitare il Tempo parodos rengėją Elvilino Zangrandi. Jo manymu, amatininkų darbai ir jų profesinės žinios „nutiesia kelią į ateitį per praeitį ir kartu primena apie humanistines vertybes, kurios nuolat turi būti dėmesio centre“ [1].

Literatūra

1. Abitare il Tempo (Verona, Italija) [žiūrėta 2016-03-24]. Prieiga internetu: http://www.abitareiltempo.it/wp-content/uploads/2015/09/MARMOMACC_Mappa2015_EN-IT_09set.pdf
2. Baldi Home Jewels [žiūrėta 2016-03-25]. Prieiga internetu: <http://www.baldihomejewels.com/history>.
3. Campbell, D.; Rey, C., Le Fort, M. and Ehmann, S. The Craft and the Makers Between Tradition and Attitude. Berlin: Die Gestalten Verlag, 2014.
4. Celaschi, F. & Deserti, A. Design e innovazione. Strumenti per la ricerca applicata. Carocci, Roma, 2007.
5. Cianfanelli, E.; Frens, J.; Hummels, C.; Overbeeke, K.; Trotto, A.; Goretti, G., (eds.). Rights through Making. Polistampa, Firenze, 2008.
6. Flowers for Slovakia [žiūrėta 2016-03-02]. Prieiga internetu: <http://f4sk.com/what/handle-with-care/>.
7. John Chris Jones, Design Methods, 2nd Edition, New York, John Wiley & Sons, 1992.
8. Kezheng Huang, PRODUCT REVERSE ENGINEERING BASED ON GROWTH DESIGN PROCESS, Proceedings of the ASME 2007, International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2007, September 4– 7, 2007, Las Vegas, Nevada, USA.

USING NEW AND TRADITIONAL TECHNOLOGIES IN EXPERIMENTAL DESIGN PROJECTS

(based on international design exhibitions)

Jonas Malinauskas

*Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnio st. 54, LT-10303 Vilnius;
e-mail: j.malinauskas@vtdko.lt*

Annotation: The rapid economic development seeking to meet the ever-growing consumer's needs, limited by a shortage of necessary resources, becomes impossible. Creators of new items are suppressed by social responsibility, forcing to make changes in consumption habits,

to choose new effective methods of production, to apply secondary resources actively. In this context it is relevant to return to unique artisanal production of a new technological level. This manufacturing method allows not only to save resources, producing as much products as needed. to respond accurately to the specific unique user needs and expectations, but also extends the period of use, giving them an additional long-term value. The results of contemporary craftsman's work must grab the attention of market participants and maintain commercial potential. Equally important is the modern artisanal's orientation towards renewable resources and secondary raw materials, which allows not only to save material, but also to shape a new, sober, rational design style.

Key words: Unmaterial aspects of production, reverse engineering, secondary raw materials

VANDENS DIZAINAS KRAŠTOVAIZDŽIO ARCHITEKTŪROJE IR URBANIZUOTOJE APLINKOJE

Antanas Stančius

*Klaipėdos universitetas, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius;
e. p. stancius.antanas@gmail.com*

Anotacija. Kraštovaizdžio architektūra ar kraštovaizdžio dizainas vakaruose yra nauja, vos kelis šimtmečius besiekianti tarpdisciplininio meno forma, besiremianti į sodų meną, bei kitas disciplinas. Vis tiktai pirminių kraštovaizdžio architektūros sąsajų galima surasti siejant ją ir su pačia architektūra, bei aplinkos dizainu ir tokiu būdu prieinan ir seniausius laikus. Senovės kultūroje kraštovaizdžio architektūra nors ir galimai netraktuota, kaip savarankiška meno forma, vis tik regis jau buvo suformuoti tam tikri, tik kraštovaizdžio formavimui būdingi principai. Vanduo, kaip vienas svarbesniu žmogaus gyvenimo elementų ir esminė gamtinės aplinkos dalis, neišvengiamai yra reikšminga kraštovaizdžio formavimo priemonė. Straipsnyje siekiama apžvelgti vandens elementų sąsajas su kraštovaizdžio architektūros, jos raidos ir naujų tendencijų apraiškomis, pristatoma vandens įrenginių klasifikacija.

Pagrindinės sąvokos: vandens estetika, kraštovaizdžio architektūra, fontanai

Įvadas

Didžiosios upės ilgą laiką žmonijai buvo kaip savotiškos magistralės: senovės civilizacijos jomis naudojo si kaip komunikaciniu – prekybiniu kanalu. Vanduo svarbus ir kaip gyvybės pagrindas, taigi neatsitiktinai pirmieji žmonių kultūros židiniai radosi šalia ežerų, upių ar kitų vandens šaltinių. Vanduo padėdavo apsiginti nuo priešų, suteikdavo atgaivą karščio metu. Tokiu būdu vanduo įgijo visuomeninę reikšmę, kurios vienas iš svarbiausių funkcinių aspektų – tai prieiga prie vandens išteklių. Šis aspektas lėmė gyvenamosios aplinkos formavimosi ypatybes – gyvenviečių plėtrą, visuomeninių erdvių kūrimąsi, prieigų prie vandens atsiradimą, kelių ir gatvių tiesimą, kanalų, užtvankų, malūnų ir kt. įrenginių statybas.

Kita vertus, vanduo turi stulbinantį poveikį žmogui, teikia jam atgaivą, psichologiškai skatina patogumo jausmą, todėl kalbama apie jo sakralinę vertę. Vis dėlto derėtų atsižvelgti ir į griaunamąją vandens galią, nes nuo jo tenka ir saugotis. Maggie Toy [9] puikiai pristato šią problemą, atskleisdama vandens ir architektūros sąsajos technologinius sunkumus – labai daug pastangų dedama vandeniui į pastatą neįsileisti (apsisaugoti nuo lietaus, pelėsio ir pan.) ir ne ką mažiau, o gal ir daugiau, norint vandenį integruoti į statinį. Tai ypač svarbu urbanistinėje aplinkoje, pavyzdžiui, miestų aikštėse, čia dirbtiniai vandens įrenginiai suteikia patogumą, įgyja didžiulę socializacinę, ideologinę bei psichologinę svarbą.

Straipsnio objektas – vanduo, būdamas vienu iš svarbiausių žmogaus gyvenimo elementų ir esmine gamtinės aplinkos dalimi, analizuojamas kaip kraštovaizdžio architektūros reikšminga dizaino priemonė. Vandens įrenginių forma, paskirtis, sandara ir reikšmė keitėsi dėl įvairių kultūrinių, politinių, socialinių bei estetinių aplinkybių, lėmusiu skirtingų morfotipų susiformavimą, ko pasekoje susidarė problema, kad yra sunku įvardinti bendrų vardiklių turinčią klasifikacinę sistemą. Straipsnyje šią situaciją siūloma spręsti per es-

tetinę vertinimo prizmę. Temos aktualumas siejamas su šiuolaikine kraštovaizdžio architektūros problema – estetinė vandens reikšmė mieste.

Straipsnio tikslas – įvertinti vandens elementų sąsajas su kraštovaizdžio architektūros, jos raidos ir šiuolaikinių tendencijų apraiškomis, suklasifikuoti urbanizuotoje aplinkoje pasitaikančius dirbtinius vandens įrenginius kaip dizaino objektus.

Uždaviniai: nustatyti vandens, kaip estetiškos priemonės, svarbą kraštovaizdžio architektūros istorijos raidoje, suklasifikuoti vandens įrenginius urbanizuotoje aplinkoje. Straipsnyje taikomi keli skirtingi tyrimo metodai: vandens įrenginių morfologiniams tipams nustatyti ir išanalizuoti taikomas tipologizavimo metodas; vandens formų raidai palyginti taikomas istorinės evoliucinės lyginamosios analizės metodas; teiginiams pagrįsti pasitelkiama mokslinės literatūros analizė.

Vanduo kraštovaizdžio architektūros raidoje

Žmonės kūrėsi prie upių ir kitų gėlo vandens telkinių, tačiau fiksuotų rašytinių šaltinių apie šio fenomeno esmę ir vandens svarbą randame tik antikos periodu. Europos kultūroje senovės graikai paliko svarų indėlį kurdami kraštovaizdžio architektūros objektus. Jie išplėtojo gimnastų bei filosofų sodus, juos gausiai apsodino medžiais, įrengė vandens telkinius, statė meninius fontanus ir skulptūras. Graikų miestuose funkcionavo vandentiekis ir kanalizacija.

Technologiniu požiūriu kur kas pažangesni buvo romėnai, jie atkreipė dėmesį į miesto aprūpinimą vandeniu ir nuotekų šalinimą. Romėnų miestai išsiskyrė didesniu puošnumu nei graikų: juose buvo gausu įvairių fontanų bei atvirų baseinų. Tačiau įdomu pastebėti, kad Romos Respublikos laikotarpiu, lyginant su graikų miestais, nebuvo gausų kraštovaizdžio architektūros objektų, jų daugiau atsirado imperijos laikotarpiu.

Tais laikais puoselėtos šventosios giraitės, šalia jų apeigoms būdavo įrengiami vandens šaltiniai, kuriami

visuomeniniai miestų sodai, o juose – tekančio vandens maudymosi baseinai ir fontanai. Miestiečiai, prie savo namų turėdavę nedidelius sodelius, stengdavosi skirti vietas ir nedideliam baseinui ar fontanui. Užmiestyje taip pat buvo populiarūs sodai ir parkai, dažnai teraso konstrukcijos su fontanais ir kanalais [2].

H.V. Morton [3], tyrinėdamas antikos vandens įrenginių raidą ir Romos fontanus, pastebi, kad vandens technologijas graikai tikriausiai perėmė iš senovės persų ir patbulino. Morton išskiria Ptolemėjų valdymo laikų Aleksandrijos fontanus, kurių mechaninės konstrukcijos aprašomos Herono iš Aleksandrijos inžineriniuose veikaluose. Heronas išanalizavo garo variklį, parodė kaip judinamos bronzinės figūros ir suspausto oro skleidžiamu garsu išgaunamas dekoratyvinis paukščių kūlbesys bei kiti panašūs triukai. Paprastiems graikams tokie įrenginiai palikdavo didelį įspūdį, tačiau daug didesnė buvo sakralinė vandens šaltinių, esančių šventose giraitėse, vertė.

Šventų giraičių natūralų vandens šaltinį laikui bėgant uždengdavo ir tokiu būdu jis pavirsdavo fontanu. Pirmasis toks, apie kurį liudija istoriniai įrašai, tai Atėnų Kallirhoe, jį 560–510 m. pr. Kr. valdovas Peistratas pavertė fontanu su devyniomis nutekamosiomis angomis, o šios nukreipdavo šaltinio vandenį į devynias bronzinių liūtų burnas. Iškart po rekonstrukcijos fontano Kallirhoe pavadinimas buvo pakeistas Enneacrunus, kas reiškia „devyni vamzdžiai“, o vanduo pradėtas naudoti religinėms ir ritualinėms reikmėms.

Pavyzdys buvo užkrečiantis ir greitai laiku visoje Graikijoje šventieji šaltiniai tapo fontanais. Piligrimai traukdavo nuo vieno tokio šaltinio prie kito, o fontanai apaugo architektūriniais ansambliais išgudami giraitės. Vienu iš garbingiausių graikų fontanų laikomas Castaliano šaltinis Delfuose, kurio vandenyse apsiplaudavo piligrimai atvykę pas orakulą. Jis tebeteka iki šiol.

Sakralinę vandens prasmę išvelgia ir Almantas Samalavičius, pabrėždamas, kaip per simboliką atskleidžiama nepaprasta jo reikšmė [5]. Taip pat jis atkreipia dėmesį, kad, nors estetinė prasme antikiniai graikų miestai kur kas labiau pranoko romėniškuosius, inžineriniu požiūriu pastarieji buvo tobulesni.

Viduramžiais daugiausiai dėmesio buvo skiriama pastatų architektūrai, o miestų planavimas ir kraštovaizdžio architektūra liko nuošalyje. Tačiau viduramžiais pradėti statyti naujo tipo kompleksai – vienuolynai su vidiniais sodais, kurie dažniausiai būdavo kryžiaus formos plano su architektūriniu akcentu centre – kartašuliniu arba fontanu. Tai simbolizavo tiek krikštą, tiek gyvybės medį. Pirmieji vienuolynų sodai atsirado Italijoje IV a., prasidėjus vienuolynų statybai. Ypač jie būdingi Benediktų vienuolijoms, kurių reguloje įrašyta būtinybė turėti vienuolyną su sodu ir vandens šuliniu. Formuojant sodus, estetiniai dalykai benediktinams buvo nesvarbūs, tačiau nuo X a. jau skiriamas didesnis dėmesys dekoratyviniam sodui [2]. X–XII a., formuojant pilių kiemo ir didikų priemiesčių sodus, pradėti rengti maži vandens baseinėliai ar fontanai.

Viduramžiais, projektuojant pilis su gynybiniais įtvirtinimais, nesirūpinta grožio kanonais. Vanduo dažniau naudotas ne tiek estetiniais ar sanitariniams poreikiams, kiek gynybiniais įtvirtinimams sustiprinti, kasant griovius ir juos užpildant vandeniu. Vertėtų pastebėti, kad krikščioniškai viduramžių pasaulžiūrai architektūrinis įmantrumas buvo nelabai svarbus, miestai statyti maži, dėmesys kraštovaizdžio architektūrai nepakankamas. Samalavičius atkreipia dėmesį ir į sanitarines viduramžių sąlygas. Jo teigimu, panaudoto vandens šalinimo problemos terūpėjo vienuolynams, nors žinoma, kad organizuotas Londono gyventojų ap rūpinimas vandeniu datuojamas nuo 1237 m. [5].

Viduramžių kraštovaizdžio architektūroje didelę įtaką darė ir arabiškieji sodai, kurių vienas svarbesnių estetinių akcentų yra vanduo. „Pagrindinis sodų motyvas buvo vanduo – baseinai ir fontanai, apdailinti spalvoto fajanso plytelėmis, dekoratyvinė takų bei aikštelių danga ir želdiniai (medžiai, krūmai, gėlės). Sodui apželdinti dažniausiai naudoti vienos ar vos kelių rūšių medžiai ir krūmai. Vanduo ir želdiniai turėjo simbolizuoti rojų“ [2, p. 92]. „Taip pat „arabiškųjų sodų atsiradimas, puikus vandens baseinų kraštovaizdžio architektūros objektuose pritaikymas ir jų įtaka Europos sodų-parkų menui“ [2, p. 94].

Renesanso, baroko ir klasicizmo laikotarpiams susirūpinta miestų raida. Itališkojo renesanso metu miesto aikštėms skiriama daugiau dėmesio, skirtingai nuo viduramžių, jų pagrindinis bruožas buvo neužstatytas vidurys, o renesanso aikštėse vėl atsirado monumentai ir fontanai. Renesanso sodų, parkų menui būdinga rūmų ansamblio ir parko kompozicijos vienovė – planas geometrinis, simetriškas ar asimetriškas. Parko pagrindinio tako gale būdavo įrengtas baseinas ir pastatytos skulptūros. Takai, lygiagretūs ar statmeni pagrindiniam takui, sudalydavo teritoriją į kvarterius, kurie dar savo ruožtu dalijami į mažesnius kvarterius. Šiuos kvarterius puošdavo gėlėmis ir kitokiais elementais, o medžių šešėlyje įrengdavo baseinus, kaskadas ir fontanus ar tiesiog poilsio aikšteles su suolais.

XV a. Šiaurės Italijoje prasidėjęs barokas suteikė kur kas daugiau didingumo, prabangos ir dinamikos. 1603 m. pradėta statyti Šv. Petro bazilika su didžiule aikšte, kurios šonuose įrengti du apvalūs fontanai, suprojektuoti 1614 m. – K. Moderno, 1667 m. – Berninio. Šie fontanai turėjo ir ikonografinės reikšmės, simbolizavo tiek krikštą, tiek gyvybės medį. Ypač įdomus to laikotarpio didingas Trevi fontanas (archit. Frankas de Sanktis, 1732 m.), kuriame vandens sistema integruojama tiesiai į namą. Šių barokinių kūrinių sprendimo principai buvo perimti ir plačiai taikomi projektuojant kraštovaizdžio architektūros objektus visoje Europoje [2].

Samalavičiaus teigimu [5], pažiūrėjus į prancūziškąją baroką, akivaizdu, kokią svarbią estetinę funkciją įgijo vanduo. Tai susiję su Liudviku XIV ir Versaliu bei Vaux-le-Vicomte užmiesčio rūmais. Remdamasi šiais pavyzdžiais Europos aukštuomenė ėmė formuoti užmiesčio architektūrinius kraštovaizdžio ansamblius.

Versalio ansamblis susideda iš trijų dalių: miesto, rūmų ir parko. Kraštovaizdžio architektūros raidai svarbus Andre Le Notre suprojektuotas parkas, kurį sudaro Mažasis ir Didysis parkai, aplinkiniai miškai. Mažajame parke iš pradžių buvo įrengta 16 kvartetų, apšodintų gėlėmis, vėliau – du puošnūs baseinai, o žemesnėje terasoje – parteris su Apolono fontanu (110 x 75 m, aut J. Mansart) ir Latonos skulptūra (aut Charles Le Brun, J. B. Tubi, Le Hongre ir kt.). Už fontano kompozicija pratęsiama Didžiuoju kanalu lotyniško kryžiaus formos. Didžiajame parke, kompozicijos ašyje, įkomponuotas Didysis kanalas su alėja. Prancūzijoje klasicizmo laikais kraštovaizdžio architektūros objektai ir toliau buvo kuriami prancūziško baroko stiliu. Apskritai Prancūzijos laimėjimus galima sulygtinti su itališkuoju baroku. „Svarbiais parkų kompozicijos elementais tampa dekoratyviniai vandens baseinai, kanalai, vandens įrenginiai (fontanai, kaskados ir pan.), skulptūros, sudėtingos skulptūrinės kompozicijos, mažieji kraštovaizdžio architektūros statiniai ir pan. Į parko kompoziciją jau įtraukiama natūrali gamta, dažniausiai miškas“ [2, p. 120]; taip pat „tai buvo perėjimas iš iki tol gyvavusios dekoratyvinės sodininkystės prie kokybiškai aukštesnio lygio veiklos – kraštovaizdžio architektūros.“ [2, p. 122].

Dabartiniais laikais pradėta aktyviai skverbtis į gamtinę aplinką ir natūralūs vandens telkiniai, pasak Samalavičiaus, „tapo pažangios inžinerijos kūrėjų taikiniais“. Aptardamas Le Corbusier ir Camillo Sitte polemiką, Samalavičius pastebi, kad Le Corbusier vandenį prilygino mašinai ar funkciniam agregatui, nevertindamas jo estetikos: „Upė teka toli už miesto. Upė yra panaši į skystą geležinkelį, prekių sandėlių ir paskirstymo centrą. Padoriuose namuose tarnaitės laiptai neveda per svetainę, net ir tuo atveju, jei toji tarnaitė yra žavinga (ar jei maži laiveliai ir džiugina ant tilto palinkusio dykinėtojo žvilgsnį)“ [5, p. 69]. Sitte žavėjosi viduramžių miestų privalumais, priešinosi geometrija paremtai urbanistinei estetikai.

Le Corbusier neofunkcionalistinės doktrinos tapo madingos, jo pasekėjai ignoravo vandens buvimą mieste ir projektavo taip, kad upė atsidurtų už miesto ar būtų įrėmintą betone. Apie tai rašo Alexander Rappaport [4], cituodamas Heidegerį, kuris teigia, kad kai Reinas buvo užtventtas, jis neteko savo dieviškumo ir tapo paprasčiausiu darbinium arkliu, įkinkytu technologinėmis užtvankos priemonėmis. Čia pat Rappaport iškart bando prieštarauti, pabrėždamas šiuolaikinių užtvankų prie Dnepro ir Jandzes inžinerinį mastą, kuris ir turėtų kelti susižavėjimą, netgi estetiškai sulyginą jas su Romos fontanais.

Apibendrinant galima teigti, kad Vakarų Europos istorinėje raidoje vanduo, kaip kraštovaizdžio elementas, yra antikinio paveldo dalis, aktuali įvairiais laikotarpiais. Kadangi vanduo yra ne tik kraštovaizdžio sudėtinė dalis, bet ir vienas svarbiausių kompozicijos elementų, vandens telkiniai sudaro pagrindą formuoti vandens įrenginių estetinę kultūrą atvirose erdvėse,

suteikia raiškumo ir gyvumo kraštovaizdžiui. Ankstyvaisiais laikais vyravo sakralinės nuostatos, o naujaisiais – technologinis požiūris į vandenį, tačiau, pasak Antano Tauro, „funkciniai reikalavimai paprastai neprieštaruoja estetiniams reikalavimams, nes žmogaus sąmonėje tikslingumas visuomet asocijuojasi su grožiu“ [8, p. 12].

Vanduo urbanizuotoje aplinkoje

Vandens, kaip kompozicinės priemonės reprezentaciją, pasak Stauskio ir Staniūno, sąlygiškai galima klasifikuoti į mažosios architektūros objektus (fontanus, tiltus ir pan.) ir kraštovaizdžio architektūros objektus (tvenkinius, salas, natūralius ar dirbtinius vandens darinius). Pagal pobūdį vandens telkinius galima skirstyti į statiškus, kai vandens tėkmė nepastebima arba nematoma, ir į dinamiškus, kai matoma vandens srovė, jo tėkmė ir kiti jo judėjimo dariniai. Statiški vandens telkiniai yra kanalai, tvenkiniai, ežerai, dinamiški vandens telkiniai – šaltiniai, kriokliai, upės, įlankos, jūros, marios, vandenynai [6].



1 pav. Įvairūs vandens purkštukai

Šiuolaikiniai vandens įrenginiai apibūdinami kaip uždaros, funkcionalios sistemos, kuriose, siekiant nutrukstamos vandens cirkuliacijos, diegiama įvairi

hidraulinė įranga. Campbell [1] pateikia tam tikrą vandens įrenginių apžvalgą, kuria, pasitelkus įvairių pavzdžių, galima ir pasitelkti.

Išgaunant skirtingas vandens srovių formas fontanuose labai svarbūs vandens purkštukai, kurių konstrukcijos suformuoja skirtingas vandens sroves ir efektus. Pagal tai galima išskirti tokius pagrindinius fontanų tipus: stulpiniai, kuriuose vyrauja viena arba kelios skaidrios vertikaliaios vandens srovės. Išmestos į viršų ir pasiekusios aukščiausią tašką, jos pasklinda atskirais purslais; oriniai, kuriuose išgaunamos baltos, putojančios vandens srovės. Jos dažniausiai yra kūgio, pusrutulio ar kolonos formos; rūkiniai, kurių forma išgaunama smulkiais lašeliais. Tai ypatingos konstrukcijos įrenginiai, kuriuose montuojami purkštukai su labai nedidelio diametro angomis – panašiai kaip drėkinimo sistemose. Taip būdingose apvaliose bei kūginėse formose išgaunamas miglos ar rūko efektas; figūriniai – tai skaidraus vandens plokštumos. Šios nedidelių apimčių vandens srovės yra sukuriamos purškiant vandenį per siaurą pailgą angą. Dažnai figūriniams fontanams būdingos vėduklės, rutulio, pusrutulio ir kitos įvairios formos.

Vanduo lengvai veikiamas išorinių jėgų, todėl, norint išskirti skirtingus šių įrenginių tipus, dera atsižvelgti į tai, kad tik kitų jėgų dėka jis gali įgyti formą ir judesį. Vandens įrenginius galima susklausifikuoti į dvi pagrindines grupes: stovinčio ir cirkuliuojančio vandens įrenginiai. Pagal tai, kokie efektai išgaunami ir kokia jėga pagrįstas vandens įrenginio funkcionavimas, šias grupes galima suskirstyti į dar smulkesnius pogrupius.

Stovinčio vandens sistemoms, kurios yra beformės, veikiamos tik sunkio jėgos, formą suteikia tik ją apibrėžiantis baseinas. Nuo XX a. pradžios taip pat pradėtos diegti dirbtinio apšvietimo sistemos, jos, kaip papildoma inžinerinė įranga, suteikianti baseinų ir fontanų įrenginiams estetinę raišką, pradėtos plačiai taikyti.

Cirkuliuojančio vandens sistemos yra pagrįstos sunkio ir slėgio jėgų tarpusavio poveikiu, tokiu būdu galima gauti konkrečius vandens efektus. Atsižvelgiant į įrenginio formą bei konstrukciją vanduo gali tekėti, kristi arba trykšti, formuodamas skirtingo pobūdžio estetines, žinoma, ir technines charakteristikas. Pagal tai įrenginiai skirstomi į tris grupes: kriokliai, kaskados ir kanalai, kurių funkcionavimas, pagrįstas sunkio jėgos veikimu, sudaro tekančio vandens ir krintančio vandens grupes, o slėgio jėgos dėka sukurti fontanai – trykštančio vandens įrenginių grupė.

Dažniausi tekančio vandens įrenginiai – įvairūs kanalai ir vandens sienos. Tekantis vanduo gali turėti dvejopą pobūdį: tekėdamas ramia srove jis išlaiko stovinčiam vandeniui būdingą skaidrų ar veidrodinį paviršių, jei tėkmė intensyvesnė, – sukuria putojančią, raibuliuojančią vandens masę. Skirtumus lemia konstrukciniai parametrai, vandens masės bei tekėjimo greičio ir krypties ypatumai, todėl tinkamai juos koreguojant galima išgauti skirtingus tekančio vandens efektus.

Dekoratyvi vandens siena – tekančio vandens gru-

pės įrenginys, kuriame vanduo liejasi lygiu ar faktūriniu paviršiumi į baseiną arba vandens surinkimo latakus, įrengtus grindinyje. Vandens sienos gali būti ir vertikaliaios, ir pasvirusios, ar net besikeičiančio kampe – vanduo lengvai paklūsta plokštumos kampe, tekstūros bei reljefo pokyčiams.



2 pav. Vandens siena

Krintančio vandens įrenginių sistemos – tai tekančio vandens baseinų formavimas skirtingais lygiais, kai vanduo, paveiktas sunkio jėgos, horizontalią tėkmės kryptį keičia vertikalia. Šių sistemų vizuali išraiška gali būti dvejopa – vanduo liejasi kaip skaidri, nepertraukiama vandens srovė arba vanduo krisdamas išsiskaido putojančiais purslais. Labiausiai krintančio vandens vaizdą veikia kraštinės briaunos, arba slenksčio, ties kuriuo vanduo keičia kryptį, pobūdis.

Trykštančio vandens sistemos arba fontanai – tai įvairias baseinų formas apimančios, taip pat ir neturinčios baseinų sistemos, jei vandens surinkimo latakai paslepjami po grindiniu. Šiuose įrenginiuose, pasitelkus hidraulinę įrangą, veikiant slėgio jėgai, sukuriamos įvairiausios vandens srovės. Vis tik nuo antikos laikų mus pasiekė trys pagrindiniai fontaninių įrenginių tipai – tai čiurkšliniai fontanai, skulptūriniai fontanai ir nimfėjai.

Šias sistemas sudaro vienpakopiai vandens įrenginiai, kitaip – kriokliai ir daugiapakopiai arba kaskados. Pastarosios gali būti labai įvairios – vanduo jomis gali



3 pav. Krioklys

kristi ne tik taisyklingomis, laiptus primenančiomis, tačiau ir kitomis įvairiomis formomis, skirtinguose lygiuose išsidėstytais baseiniais ir paviršiais.

Žodis fontanas yra išvestas iš lotyniškojo fons – „iš-taka, versmė, šaltinis“. Seniausias antikos laikų fontanas – tiesiog meniškai apipavidalintas trykštantis natūralus vandens šaltinis. Toks metodas, suprantama, yra ir ekonomiškiausias variantas. Senovės Romoje, plintant vandens dievybių – nimfų – kultui, greta joms



4 pav. Daugiapakopės kaskados



5 pav. Čiurkšlinių fontanų kompozicija

dedikuotų šaltinių, dažniausiai buvusių natūraliose grotose, pradėtos rengti sudėtingesnės architektūrinės kompozicijos. Tokiu būdu susiformavo nimfėjų tipo įrenginiai, o vėliau vietoj natūralių grotų pradėtos naudoti dirbtinės.



6 pav. Nimfėjas, Garzoni vila, Collodi, Italija

Šiais laikais dažniausiai fontanai įrengiami naudojant siurblius ir mechaninius variklius, sukuriant uždarą recirkuliacinę vandens sistemą. Hidrauliniai įrenginiai tokiose sistemose gali būti montuojami tiek po vandeniu, tiek ir už baseino ribų, po ar šalia jo. Nusprendus neformuoti atviro baseino, vandens rezervuaras ir variklis gali būti įrengiami tiesiai po grindiniu.

Skulptūriniai fontanai – dažnas fontanų tipas. Juose kaip meninės išraiškos dalis yra naudojami įvairūs skulptūriniai elementai. Tai gali būti tiesiogiai atkartojantys aplinkos formas ir tęsiantys antikinės skulptūrinio meno tradicijas estetiniai elementai arba stiliizuotos architektūrinės formos. Pagal tai skulptūriniai fontanai gali būti tipologizuojami į figūrinius ir architektūrinius.



7 pav. Figūrinis skulptūrinis fonanas

Čiurkšliniai fontanai yra dažniausiai pasitaikantys fontanų įrenginiai, mėgstami ir populiarūs nuo antikos iki dabar. Svarbiausias juos apibūdinantis elementas yra vandens srovės gyvumas, dinamiškumas, žaismingumas. Kaip atskirą pogrupį galima išskirti ir plaukiojančius čiurkšlinius fontanus.



8 pav. Architektūrinis skulptūrinis fontanas



9 pav. Plaukiojantys fontanai

Nesenas, tačiau populiarus fontanų įrenginių tipas – kinetiniai – skulptūriniai fontanai, kuriuose vanduo naudojamas sukurti ar kitaip judinti įvairius objektus. Palyginti nauji muzikiniai fontanai gali ir suteikti daug džiaugsmo, ir yra atsvara rimtiems, griežtų formų vandens įrenginiams. Vis tik jų idėja nėra nauja – siekia jau ir antikos laikus.



10 pav. Kinetinis fontanas

Šalto klimato šalyse įrengiami ir žiemą galintys veikti fontanų įrenginiai – cirkuliuojantis vanduo sukuria nuostabias ledo skulptūras. Jie ir vadinami ledo fontanais.

Derėtų paminėti ir lietaus vandens panaudojimą vandens įrenginiuose. Šio tipo fontanai yra šiek tiek

sudėtingiau projektuojami, jų vandens srovė nepastovi. Tokio pobūdžio įrenginiai taip pat gali varijuoti tiek vandens sienos, baseino, čurkšlinio tipo ir kitomis išorinėmis formomis [7].



11 pav. Ledo fontanas



12 pav. Lietaus vandens fontanas

Akivaizdu, kad nors pagal srovės pobūdį tipologizuoti fontanus atrodo paprasta, tačiau didesnė vandens įrenginių kompozicijose retai kada būna naudojamas vienas konkretus fontano srovės tipas. Dažniausiai vaizdą kuria kelios skirtingos vandens srovės. Iš principo vandens įrenginius sudaro du tarpusavyje susiję komponentai: vanduo ir jo formą kuriantis kietasis pavidalas. Nors dėl jo ilgai susiformavo skirtingi morfotipai, Campbell [1] siūlo užuot klasifikavus vandens įrenginius pagal formą, dydį ar konstrukciją, kur kas efektyvesniu atskaitos elementu laikyti vandenį ir jo kuriamus efektus.

Išvados

Vandens, kaip estetiškos raiškos priemonės naudojimas, siekia istorinius laikus ir yra antikinio paveldo dalis. Vis tik skirtingais laikotarpiais šios estetiškos priemonės reikšmė kito. Didžiausią įtaką Vakarų Europos kultūrai suteikė antikos palikimas – senovės graikai ir romėnai, viduramžiais vandens estetika veik nerūpėjo, svarbesnė buvo gynybinė funkcija. Renesanso, baroko ir klasicizmo laikotarpiais vandens, kaip estetiškos

priemonės naudojimas, tapo labiau aktualus. Europos modernizacija, susijusi su industrializacija, įtvirtino du požūrius į vandenį ir jo estetiką. Vanduo yra vertinamas tik kaip funkcinis elementas, jo vengiama, upės ir vandens telkiniai miestų planuose nustumiami į šalį. Opoziciniu požūriu siekiama vandenį įtraukti į žmogaus gyvenamąją aplinką ir integruoti į viešąją erdvę ne tik kaip funkcinį elementą, bet ir kaip svarbų ekologinį, estetinį, bei psichologinį veiksnį. Taigi, estetinės istorijos raidoje galima atsekti ir vandens estetikos prasmės pokytį – nuo sakralinių iki ideologinių poteksčių.

Šiuolaikiniai vandens įrenginiai jau perėjo ne vieną raiškos raidos etapą ir yra labai skirtingų formų. Nors pagal srovės pobūdį tipologizuoti fontanus atrodo paprasta, tačiau dėl dažniausiai konkrečiai neapibrėžtos srovės ir įvairių kompozicinių konfigūracijų tai yra kur kas sudėtingiau, sunku atrasti universalių dėsnų. Kadangi iš principo vandens įrenginius sudaro du pagrindiniai elementai – vanduo ir jo pobūdį nulemiantis kietasis pagrindas, tai ir kur kas praktiškiau atskaitos elementu tipologizuojant vandens įrenginius yra laikyti patį vandenį ir įvairius jo kuriamus efektus.

Moderniausi, nors ir turintis senas idėjas yra kintiniai, muzikiniai ir ledo vandens įrenginiai, kurie dar neišnaudojo savo viso galimo potencialo.

Literatūra

1. Campbell, C. S. *Water in Landscape Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1978.
2. Jakovlevas-Mateckis, K. *Miesto kraštovaizdžio architektūra*, I tomas. Vilnius: Technika, 2008.
3. Morton, H. V. *The fountains of Rome*. New York, 1966.
4. Rappaport, A. *Water and architecture*. Project Baltia/ Water, 2007, Nr. 1, p. 18–22.
5. Samalavičius, A. *Architektūra ir vanduo: žvilgsnis į idėjų ir formų istoriją*. Archiforma/ architektūra/vanduo, 2000, Nr. 4, p. 65–70.
6. Staniūnas, E.; Stauskis, G. *Rekreacijos kompleksai gamtinėje aplinkoje/ teorijos ir praktikos pagrindai*. Vilnius: Technika, 2011.
7. Stuart, E.; Pennypacker, E. *Artful rainwater design, creative ways to manage stormwater*. Washington: Island Press, 2015.
8. Tauras, A. *Landšafto architektūra kaime*. Lietuvos Gamtos apsaugos draugija, 1974.
9. Toy, M. „Editorial“. *Architectural design magazine*, t. 65, Nr. 1–2: *Architecture & Water*, 1995, p. 7

Ilustracijų sąrašas:

1. Symmes, M. “Fountains Splash and Spectacle” Thames and Hudson in association with Cooper-Hewitt National Design Museum Smithsonian Institution, 1998, p. 20

2. <http://www.kishcarpet.com/varieties-and-variations-in-a-water-wall/>
3. Vranckx, B. *Urban landscape*, Rockport, 2006 p.150)
4. Kombol, M. *Landscape architecture*, London, Phaidon Press Limited, 2015, p. 187
5. Cox, M. *The Gardener's Garden*, Phaidon Press Limited 2014, p. 412
6. Balkevičius, J. *Sodų meno stilių raida*, Vilnius, Vilniaus dailės akademijos leidykla, 2010, p. 217
7. Cox, M. *The Gardener's Garden*, Phaidon Press Limited 2014, p. 212
8. Symmes, M. “Fountains Splash and Spectacle” Thames and Hudson in association with Cooper-Hewitt National Design Museum Smithsonian Institution, 1998, p. 118
9. Symmes, M. “Fountains Splash and Spectacle” Thames and Hudson in association with Cooper-Hewitt National Design Museum Smithsonian Institution, 1998, p. 12
10. Symmes, M. “Fountains Splash and Spectacle” Thames and Hudson in association with Cooper-Hewitt National Design Museum Smithsonian Institution, 1998, p. 158
11. Symmes, M. “Fountains Splash and Spectacle” Thames and Hudson in association with Cooper-Hewitt National Design Museum Smithsonian Institution, 1998, p. 27
12. Stuart, E.; Pennypacker, E. *Artful rainwater design, creative ways to manage stormwater*. Washington: Island Press, 2015, psl. 48

WATER DESIGN IN LANDSCAPE ARCHITECTURE AND URBAN ENVIRONMENT

Antanas Stančius

Vilnius College of Technology and Design

Abstract: Landscape architecture and landscape design in the West is a new, interdisciplinary art form, aiming just few last centuries. It's basements lies in garden art and other disciplines. However it is possible to find principals of landscape architecture interconnecting it with architecture and environmental design and in this way to reach archaic times. In ancient culture landscape architecture although has not been perceived as an independent art form, however it seems there have been laid some just for landscape architecture inherent principles. Water, being one of the most important element of human life and essential part of the natural environment is destined to be significant landscaping tool. The article is reaching to review and recognize links between water and landscape architecture in the context of its development and new trends and presents the classification of water technology systems.

Key words: water aesthetics, landscape architecture, fountains

SŪNAUS PALAIDŪNO TEMA XVI–XVII A. VAKARŲ EUROPOS DAILĖJE

Rasa Valujavičienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotacija. Straipsnyje atskleista Naujojo Testamento parabolės „sūnus palaidūnas“ esmė, paaiškintos joje slypinčios religinės ir etinės dilemos, aptarti XVI–XVII a. istoriniai ir kultūriniai ypatumai, nulėmę parabolės vaizdų paplitimą Vakarų Europoje. Publikacijoje analizuojama sūnaus palaidūno alegorijos ikonografija: pirmieji pavaizdavimai, įprasti aspektai (siužetinės linijos, palaido gyvenimo vaizdų prielaidos ir vaizdavimo ypatumai, muzikos vaidmuo), neįprasti aspektai; įvardijamos parabolės vaizdavimo XVI–XVII a. Vakarų Europos dailėje priežastys.

Pagrindinės sąvokos: parabolė, sūnus palaidūnas, reformacija, kontrreformacija, papročiai, moralinis auklėjimas, alegorinis mąstymas, XVI–XVII a. Vakarų Europos dailė, ikonografija, vaizdavimo tradicija.

Įvadas

Temos aktualumas. „Menas – aukščiausia dvasinė vertybė, padedanti įveikti žmonių susvetimėjimą ir grąžinti jiems harmonijos jausmą“ [1, p. 648], jis glaudžiai susijęs su epochos istorija ir dvasiniu gyvenimu. Mene atskleidžiama aktuali laikotarpio problematika, savitai traktuojama to meto kūrėjų, tačiau esama ir tokių temų, etinių dilemų, kurios jaudina ir įkvepia įvairių laikotarpių skirtingų tautų kūrėjus. Viena jų – sūnaus palaidūno kelionė savęs link. Natūraliai kyla klausimas, kokia priežastis paskatina kūrėjus vėl ir vėl imtis šios temos. Atsakymas veikiausiai glūdi pačioje alegorijoje, kadangi joje perteiktos amžinos vertybės – atgailos ir atleidimo svarba, gailingumo didybė, joje užkoduota tiesa, jog kiekvienam žmogui duota galimybė pasikeisti ir pradėti viską iš naujo.

Ši alegorija – viena dažniausiai iliustruojamų Jėzaus Kristaus parabolių Vakarų Europos mene. Ji vaizduota vitražuose, paveiksluose, grafikos lakštuose, gobeleuose, balduose ir induose. Sūnaus palaidūno palyginimas išsipynė į literatūrą, aprėpiančią populiariąją lyriką, eilėraščius, noveles ir pjeses. Dailėje jis perteiktas tam tikro laikotarpio socialinių problemų ir moralinių ginčų vizualiai raiška ir yra to meto žmonių kasdinių rūpesčių bei interesų atspindys. Kitaip tariant, ši parabolė turi labai turtingą potencialą vizualiai raiškai – ji apima ydų ir dorybių santrauką: išlaidumą ir taupumą, tuštybę ir nuosaikumą, ištvirkavimą ir atgailą.

Nors sūnaus palaidūno alegorijos vaizdavimas Vakarų Europos dailėje apogėjų pasiekė XVI–XVII amžiais, ši tema neprarado reikšmingumo ir XVIII–XX amžiais. Tapytojai Gustave Dore (1832–1883), Pierre Puvis de Chavannes (1824–1898), Jacques Joseph Tissot (1836–1902), Giorgio de Chirico (1888–1978), Marc Chagall (1887–1985) ir skulptorius Auguste Rodin (1840–1917) tėvo ir sūnaus istoriją perkėlė į savo laikmetį. Plečiantis parabolės kūrinių geografijai, jos veikėjai įgavo tam tikrų tautų bruožų, kaip antai: Kinijos (He Qi „Sūnaus palaidūno sugrįžimas“, 1992), Afrikos (African Mafa Gospel Art), Irano (Hosseino Behzadeo ciklas „Sūnus palaidūnas“), Indijos (Franko Wesley „Atleidžiantis tėvas“) ir kt. Alegorija buvo

įkūnyta ne tik dailėje ar literatūroje (pvz., R. M. Rilke eilėraštis „Sūnaus palaidūno išvykimas“), bet ir muzikoje – 1929 m. Sergej Prokofiev (1891–1953) sukūrė muziką baletui. Jos atspindžių galime rasti ir kine.

Problema. Lietuvos menotyrininkai nėra nuodugnai analizavę sūnaus palaidūno alegorijos vaizdavimo XVI–XVII a. dailėje, nors būta epizodinių apžvalgų (pvz., dailėtyrininkė Ramutė Rachlevičiūtė 2011 m. parengė paskaitą „Gailingumas ir dailė“ [18]). Dažniau atrasime parabolės analizę (etiniu arba religiniu atžvilgiu). Vakarų Europos šalyse ši tema analizuota, tačiau susitelkta tik ties tam tikrų šalių alegorijos vaizdavimu (pvz., B. J. Haeger „The Prodigal Son in Sixteenth and Seventeenth Century Netherlands Art: Depictions of the Parable and the Evolution of a Catholic image“ (1986) arba parabolė analizuota etiniu ar religiniu aspektu (pvz., B. Roberts „Sex and Drugs Before Rock’n’ Roll: Youth Culture and Masculinity During Holland’s Golden Age“ (2012). Rusijos autoriai dėmesį sutelkė daugiausia ties Rembrandto (1606–1669) paveikslu „Sūnaus palaidūno sugrįžimas“ (1668), esančiu Ermitaže. Nors rašyta ir apie kitų dailininkų darbus šia tema (A. Dürer, F. Fracanzan, G. Metsu, B. E. Murillo, S. Rosa, P. P. Rubens), tačiau nenagrinėtas sūnaus palaidūno fenomenas dailėje kaip visuma, neieškota šio reiškinių priežasčių.

Šiame straipsnyje norima atskleisti, kaip ir kodėl reprezentuota aptariama parabolė populiarumo apogėjuje – XVI–XVII a. Vakarų Europos dailėje, pateikti dažniausiai naudojamą šio pasakojimo ikonografines schemas, aptarti temos vizualizacijos neįprastus aspektus.

Tyrimo objektas – sūnaus palaidūno parabolės ikonografija ir jos vizualinį paplitimą lėmusios priežastys.

Straipsnio tikslas – atskleisti sūnaus palaidūno temos XVI–XVII a. Vakarų Europos dailėje vaizdavimo priežastis ir ypatumus.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti esminius parabolės bruožus, religines ir etines problemas.
2. Aptarti XVI–XVII amžiaus istorinius ir kultūrinius ypatumus, nulėmusius parabolės vaizdų paplitimą.

3. Išanalizuoti sūnaus palaidūno alegorijos ikonografiją: pirmuosius pavaizdavimus, įprastus aspektus (siužetinės linijos, palaido gyvenimo vaizdų prailaidos ir vaizdavimo ypatumai, muzikos vaidmuo), neįprastus aspektus.
 4. Atskleisti sūnaus palaidūno parabolės vaizdavimo XVI–XVII a. Vakarų Europos dailėje priežastis.
- Tyrimo metodai:** dokumentų turinio analizė, lyginamoji analizė, ikonografinis ir sociokultūrinis metodai.

1. Sūnaus palaidūno parabolė: jos esmė, religinės ir etinės problemos

Sūnaus palaidūno alegorija randama penkiolikta-me „Evangelijos pagal Luką“ skyriuje (Lk 15, 11–32), ji buvo parašyta tarp 80 ir 100 metų¹. Jėzus pasakoja palyginimą apie mylintį tėvą ir du nemylinčius sūnus fariziejams ir Rašto aiškintojams², norėdamas sustiprinti savo žodžių apie atsivertimo svarbą poveikį.

Sūnaus palaidūno palyginimas pradedamas tokia istorija (Lk 15, 11–13): „Vienas žmogus turėjo du sūnus. Kartą jaunesnysis tarė tėvui: „Tėve, atiduok man priklausančią palikimo dalį“. Tėvas padalijo sūnams turtą. Ne-trukus jaunėlis, susiėmęs savo dalį, iškeliauja į tolimą šalį. Ten, palaidai gyvendamas, išėikvojo savo lobį“... [27]

Sūnus palaidūnas šioje istorijoje – visos puolu-sios žmonijos ir taip pat atskiro nusidėjėlio prototi-pas. Kodėl sūnaus reikalavimas savo palikimo dalies toks smerktinas? Tuo metu, apie kurį pasakoja Kris-tus, žmonės stengėsi gyventi viena šeima. Visi šeimos nariai valdė žemę, drauge ūkininkavo. Kuo daugiau buvo žmonių šeimoje, tuo didesnė atsivėrė galimybė sėkmingai verstis. Taigi padalinti valdas ir ūkį buvo nuostolinga. Taip pasielgę vaikai įžeisdavo tėvus [35]. Be to, „toks sūnaus išėjimas buvo tolygus tėvo mirties troškimui“ [23, p. 44]. Tėvas galėjo pasipriešinti to-kiam reikalavimui, bet jis to nepadarė, nes „mylintis tėvas neprivalo saugoti sūnaus nuo jo paties veiksmų blogų padarinių, nors dėl to tėvui ir skaudėtų širdį. Dėl sūnaus palaidūno daromo blogio kenčia du asmenys – sūnaus pažeminimą ir nuopuolį išgyvenantis tėvas ir pats save žlugdantis sūnus“ [6, p.71]. Taip įgyti turtai jauniausiajam sūnui laimės neatneš, nes jis „atsiriboja nuo kito, nuo bendrystės“ [23, p. 22].

Praradusiam lengvai įgytus turtus sūnui tenka ba-dauti, alkio verčiamas jis gano kiaules – tai yra gėdinga izraelitui, nes Mozės įstatyme kiaulė yra nešvarus gy-vulys [27]. Maža to, sūnus palaidūnas nori valgyti tai, kuo minta kiaulės. „Naujos kiaulių prižiūrėtojo par-eigos atskleidžia sūnui, kam jis iš tikrųjų tarnauja. Jis nusilenkia kito krašto šeimnininkui, patiria pažeminimą

<...>, tokia padėtis suteikia jam galimybę pamatyti savo paties tikrovę“ [23, p. 33].

Sūnus palaidūnas apsisprendžia grįžti pas tėvą namo, šis sprendimas rodo, jog vienintelis dalykas, kurio jis neprarado, yra atsiminimai apie tėvo namus. Taip jam grįžta sąžinės jausmas, noras palikti nuodėmingą gyve-nimą. „Sugrįžimas įvyksta tą akimirka, kai jis prisimena savo sūnystę <...>, nors pretenduoti į ją anaipol nebuvo nusipelnęs <...>. Jis atgailauja, bet <...> tai savanaudiška atgaila, kuri suteikia galimybę išgyventi“ [17, p. 58]. Vis dėlto sūnus supranta, kaip jis iškaudino tėvą, nes nesiti-ki, kad bus priimtas kaip šeimnininkas. Jis pasiryžęs tapti tėvo samdiniu ir galbūt uždirbti iššvaistytus turtus, taip išpirkdamas savo kaltę.

Šioje alegorijoje pagrindinis veikėjas yra tėvas (kai kurie religinių tekstų aiškintojai siūlė šią parabolę per-vardinti „atleidžiantis tėvas“). Jis nepareikalavo iš savo sūnaus atgailos žodžių, kadangi puikiai suprato, jog sū-nus prieš grįždamas namo turėjo įveikti gėdą ir baimę. Maža to, tėvas liepia tarnams atnešti naujus drabužius, žiedą – galios ženklą (senovėje žiedo apsode dažnai buvo išpaudžiamas valdžios ženklas [23]) ir apavą (apautos kojos – laisvojo požymis, priešybė basam vergui [27]). Tėvas, sakydamas „mano sūnus buvo miręs ir vėl atgijo, buvo pražuvęs ir atsirado“ tarytum teigia, jog sūnus gy-vendamas be Dievo buvo miręs dvasiškai ir dabar dva-siškai prisikėlė, nes atsivertė. „Atsivertimas kaip tikėji-mo matmuo yra ne vienkartinis aktas, o procesas, kurio metu keičiasi žmogaus galvosena ir elgsena“ [6, p. 68].

Šioje istorijoje yra dar vienas veikėjas – vyresny-sis sūnus, nepatenkintas jaunesniojo sugrįžimu. Jam sukilo pavydas – krikščionių tikėjime didelė nuodė-mė, sukėlus pirmąją žmogžudystę žmonijos istorijo-je (prisiminkime Abelį ir Kainą) [26]. Iki tol gyvenęs santarvėje su tėvu ir niekuo nenusidėjęs, dabar šiam priekaištauja, nenori dalyvauti jaunesniojo brolio su-grįžimo šventėje. „Vyresniojo sūnaus paveikslas yra stulbinamai prieštaringas: jis iš tiesų yra „tikintis“ be-dievis. Nors atrodo esąs religingas, iš tiesų netiki, nėra apsisprendęs pažinti kitą“ [23, p. 63–64].

Kaip buvo suprantama sūnaus palaidūno alegorija XVI–XVII amžiais? Vakarų Europoje populiarėjo senų-jų krikščionybės autorių religiniai komentarai, jie buvo leidžiami pakartotinai įvairiomis kalbomis. Šių veika-lų populiarumas byloja apie tai, jog senų autorių idėjos buvo artimos to meto tikintiesiems. Laiško „Į Damaską“, išleisto 1602 m. (mažiausiai 26 leidimais lotynų, prancū-žų, italų ir ispanų kalbomis), autorius Šv. Jerome, gyvenęs 347–419/20 metais, supriešina Šėtono jungą, kuris uždė-tas „nudriskusiems stabmeldžiams, išsekintiems vargų ir norų“, su akimirka, kai tėvas „pribėgo prie jo, puolė ant kaklo“. „Jis (Kristus) uždeda jaunesniajam sūnui (greičiau dėl malonės, negu nuopelnų) Savo šviesų jungą, kuris yra lengvas Jo įsakymų priesakas“ [3]. Populiarūs buvo ir kiti senųjų autorių leidiniai, jų interpretacijos tos pačios³.

Akivaizdu, kad tokie alegorijos aiškinimai mažai

¹ Faktas nėra įrodytas. Taip teigiama religinėje literatūroje, pvz., knygoje „Krikščionybės kronika“, 1999, p. 9

² Fariziejai – Kristaus laikų religinė partija, kurios nariai iš savęs ir iš kitų reikalavo smulkmeniško klusnumo Mozės įstatymui ir jo tradiciniam aiškinimams. Iš jų kilo daug Rašto aiškintojų ir įstatymo mokytojų. Rašto aiškintojai Jėzaus laikais buvo Izraelio Biblijos (Senojo Testamento) tyrinėtojai

³ Omenyje turima XVI a. pradžioje išleistas Milano vyskupo Ambrose (~340–397) Luko Evangelijos komentaras ir 1650 m. Šv. Petro Chryso-logus (406–450) pamokslas [3].

kuo skiriasi nuo šių dienų palyginimo supratimo. Tą geriausiai iliustruoja dvasininko Nehemiaho Rogerso (1593–1660) parabolės komentaras (išleistas 1620 m. Anglijoje ir 1649 m. Olandijoje), kuriame jis, lygindamas sūnų palaidūną su dabartine žmonija, priekaištavo skaitytojui: „Tu sakai, tu esi turtingas ir aptekęs daiktais ir neturi poreikio niekam, ir nežinai, kad tu esi vargšas, aklas, nelaimingas ir nuogas...“ [22, p. 76].

XVI–XVII amžiaus istoriniai ir kultūriniai ypatumai

Norint analizuoti sūnaus palaidūno fenomeną XVI–XVII a. dailėje, būtina atskleisti to meto istorinės ir kultūrinės raidos ypatumus, kurie lėmė šios temos paplitimą.

Šiai epochai didelės reikšmės turėjo **Bažnyčios reformacijos** pasekmės XVI a. pirmojoje pusėje ir **kontrreformacija** antroje, tai paveikė visos Europos dvasinį gyvenimą. Nors Bažnyčia ir prarado politinę įtaką, bet išliko reikšminga jėga, ypač Italijoje ir Ispanijoje. XVII a. religijos pozicijos dar sustiprėjo, Bažnyčia išplėtė savo įtakos ribas. Ji išsaugojo savo, kaip valstybės ideologinio ramsčio, reikšmę, kai šalyje klestėjo tiek monarchija, tiek respublika. Italijoje, Ispanijoje, Flandrijoje, Prancūzijoje, Austrijoje ir jų valdose išliko katalikybė, daugiau ar mažiau atnaujinta kontrreformacijos metu. Anglijoje, Vokietijoje, Olandijoje ir Skandinavijoje išitvirtino įvairūs protestantizmo variantai (Olandijoje ir neilgam Anglijoje išviešpatavo protestantizmo forma – kalvinizmas).

Karai ir politiniai perversmai, lėmę nestabilų gyvenimą, paskatino ir religinio jausmo, kuris suteikė žmonėms nusiramimą po patirtų kančių, atgimimą. Daugelio žmonių religiniai jausmai buvo labai stiprūs ir tai lėmė priešišumą bei nepakantumą tarp dviejų svarbiausių Europoje religinės minties krypčių, o svarbiausia, kad šie religiniai skirtumai paveikė meną ir visą ideologinį gyvenimą [34].

Reformacijos metu Bažnyčia atsisakė globoti menus. Protestantų reformacijai plintant po Šiaurės Europą, katalikų religiniai meno kūriniai buvo vis labiau naikinami – kilo nauja ikonoklazmo banga. Skirtingai nuo Romos katalikų, protestantai laikėsi nuomonės, kad šventųjų ir bibliinių scenų vaizdavimas yra stambeldiškas. Jie savo bažnyčiose pasirinko paprastas baltai dažytas sienas, kuriomis (kaip buvo manoma) turėjo sukelti maldininkų apmąstymus [24], t. y. jos nenukreipė minčių (kaip margaspalviai paveikslai) nuo Dievo. Reformatorius John Calvin (1509–1564), griežtai pasmerkęs stambeldiškus paveikslus, pritarė nuomonei, kad meno kūriniai turi puošti namus. Tokie paveikslai turėjo mokyti dorovės ar priminti nuopuolio pasekmes [12]. Pavyzdžiui, sūnaus sugrįžimo pas tėvą ir atleidimo scena buvo įtikinantis protestantų veikėjų akcentuojamo Dievo gailestingumo įrodymas⁴.

Visa tai buvo gyvenimo žemėje sakralizavimo dalis: „protestantizme paplito seniūnų tarybos, kontroliavusios moralę ir socialinį elgesį bei baudusios nusidėjėlius <...>. Prieš teismą stoji keikūnai, girtuokliai, paleistuviai, mušėikos, šokėjai ir į juos panašūs“ [12, p. 273].

Katalikiškoji Bažnyčia netruko reaguoti į Reformacijos judėjimą. Buvo sušauktas Visuotinis Bažnyčios susirinkimas, skirtas spręsti reformų ir didėjančios protestantizmo grėsmės klausimams, jis vyko Tridento mieste 1545–1563 metais trimis etapais. Trečiajame etape (1562–1563) buvo svarstomos ir „religinio meno gairės, reikalaujama didesnio aiškumo, realizmo, emocinės dramos, siūloma vengti tiesioginių dogminių mokymų, draudžiama vaizduoti lyties nuogumą“ [2]. Idealus kontrreformacinis paveikslas privalėjo turėti aiškia, paprastą kompoziciją, pavaizduota istorija sukelti religinius jausmus bei išgyvenimus. „Kontrreformacijos doktrina sudarė sąlygas iškilti alegorijų didaktinėms programoms, kuriose pirma būtina sąlyga buvo aiškumas ir simboliai, vizualinėmis metaforomis skleidžiantys Bažnyčios dogmą“ [28, p. 658]. Ji skatino naują katalikų vizualinį pamaldumą, nes nuo seno buvo išsiskinęs tikėjimas, kad vaizdai veikia stipriau negu žodžiai [2].

Nors menas padėjo įgyvendinti Bažnyčios tikslus, kontrolės neišvengta. To meto žymūs dvasininkai siūlė dailininkams apibrėžti taisykles, kaip vaizduoti religines temas. Tad nenuostabu, jog XVI a. pabaigoje – XVII a. pradžioje Bažnyčia sukūrė „švento meno“ (*arte sacra*) teoriją, kuri rėmėsi Tridento susirinkimo tezėmis ir Šv. Ignatijaus Lojolos „Dvasinėmis pratybomis“, be to, perėmė Milano arkivyskupo Federico Borromeo (1564–1631) veikalo „De pictura sacra“ (1625) ir tėvo Giovanni Domenico Ottonelli (XVI–XVII a.) bei jo bendraautorius Pietro da Cortona (1596–1669) „Traktato apie tapybą ir skulptūrą“ (1652) idėjas. Ši teorija teigė, kad menas turi būti tik nepriklausančios nuo jo dogmos iliustracija [34]. Buvo iš dalies atkurta senoji ir patvirtinta naujoji ikonografija. Vienas svarbiausių ikonografinių vadovėlių – Cesare Ripos (1560?–1625) „Iconologia“ (1593), – pakartotinai išleistas pagrindinėmis Europos kalbomis, buvo privalomas šaltinis vaizduojant alegorijas [28]. Visos šios priemonės atskleidė siekį aktualizuoti atgyvenusią schemą. Išvardinti faktai gali paaiškinti tai, kodėl dauguma dailininkų, vaizduodami sūnaus palaidūno alegoriją (kaip ir kitas temas), dažniausiai ją iliustravo pažodžiui, pagal vieną ir tą patį modelį.

Baroko alegorinis mąstymas. Alegorinė mąstyse na buvo giliai išsisknijusi XVII a. intelektualiniame gyvenime. „Baroko realistai dažnai pasirinkdavo tapyti alegorines temas ir, kas būdinga, tokios alegorijos dažniausiai buvo slepiamos po natūralistine, žanrine išore <...>. Abstrakti idėja, perteikta tiesioginiais ir konkrečiais įvaizdžiais, atrodė tikresnė. Barokui būdinga natūralizmo ir alegorijos pusiausvyra aiškiai pakartojo panašų natūralizmo ir metafizikos dvilypumą baroko moksle ir filosofijoje“ [15, p. 166].

⁴ Protestantai ir katalikai nesutarė, dėl kokių priežasčių sūnui palaidūnui buvo atleistas nuodėmės. Pasak protestantų, sūnus nepadarė nieko, kad jam būtų atleista, žmogus išgelbėtas ne dėl jo paties, o dėl Kristaus malonės. Sūnus tiki Dievu ir pripažįsta savo nuodėmes, tai parodo,

kad kiekvienas tikintis žmogus gali būti išgelbėtas. Protestantai atmeta katalikų argumentus, jog sūnus gauna atleidimą, nes atgailaudamas pelno tėvo palankumą [11].

Vertingiausi buvo istoriniai paveikslai, jiems priskiriami „bet kokie paveikslai Biblijos, istorijos, mitologijos ar literatūros tema, kuriuose vaizduojamas žmogus“ [10, p. 83]. Tad alegoriniai paveikslai (tarp jų ir sūnaus palaidūno tema) buvo priskiriami šiai kūrinių grupei. Stebinantis to laikotarpio meno reiškinys – XVII a. teminių šaltinių pasirinkimas buvo labai ribotas, „tiek daug istorijų buvo aprašyta Šventajame Rašte, tačiau mes matome tik kelis vaizdinius ir įvairius jų pateikimus. Buvo vaizduojamos to pačios temos <...>, tarsi ankstesnieji tapytojai būtų išsirinę geriausias temas. Šis fenomenas gali būti siejamas su troškimu tam tikrose situacijose ir tam tikram tikslui turėti pamokomo turinio istorinių paveikslų, lengvai suprantamų kiekvienam“ [10, p. 83]. Kartais tam tikrų temų populiarumą lėmė to meto visuomenės aktualijos. Pavyzdžiui, XVII a. pradžioje Olandijoje ypač susirūpinta jaunimo laisvalaikiu: jaunuolių tėvai ir to meto dorovės sergėtojai tiesiog kupini „laisvalaikio baimės“, jiems rūpi, ką jų vaikai veikia, kai nėra užsiėmę tokia žemiškąja veikla kaip miegojimas, valgymas, gėrimas, namų ruoša, mokymasis amato ir pan. Norėdami išvengti jaunuolių nuklydimo į pavojingus malonumus, jie ėmėsi atvirkštinės didaktikos. Netrukus ją perėmė ir dailininkai. Vaizduodami girtaujančius turtingų šeimų sūnus, lošiančius, šokančius, geriančius ar besimušančius valstiečius, viešnamius ir smukles, pasileidusius vyrus ir valdingas moteris, jie tikėjo mokantys doros (čia išvardytos blogybės beveik visos randamos pamėgtoje to meto dailininkų sūnaus palaidūno istorijoje). Atvirkščia didaktika siekta priversti žmones pasijuokti iš negatyvaus elgesio, tuo pat metu suvokiant moraliskai teisingą esmę. Kitaip tariant, žinojimas „ko nereikia daryti“ buvo lengviau įgyjamas, negu žinojimas „ką reikia daryti“ [21].

Alegoriniai paveikslai buvo beveik išimtinai užsakomi oficialiai. Nuolatinė tokių darbų paklausa vertė dailininkus, kurie dabar pragyvendavo iš užsakymų, vaizduoti vieną ar kitą temą. Didžioji išsilavinusių gyventojų dalis be didesnio vargo suprasedavo paveiksluose slypintį pranešimą. Tam įtaką darė ir be galo populiarios embleminės knygos bei jų ikonologiniai žinynai. „XVII a. sunkiai surastume kokį nors gyvenimo aspektą, kuris nebūtų aptartas šių knygų rašytojų. Šimtai embleminių knygų, sukurtų Italijoje, Prancūzijoje, Ispanijoje, Vokietijoje, Anglijoje ir Nyderlanduose, aprėpė stebinantį temų diapazoną: politiką, religiją, pamokymus ir meilę (tiek šventą, tiek pasaulietišką)“ [15, p. 121]. Netgi šiandien tokios knygos padeda suprasti aptarto amžiaus meną.

Sūnaus palaidūno alegorijos ikonografija: pirmieji pavaizdavimai, įprasti ir neįprasti aspektai, simbolika ir atributai

Kaip minėta, sūnaus palaidūno parabolė dėl pamokančio pobūdžio ir daugybės dramatiinių veiksmo po-

sūkių buvo patraukli visų laikų dailininkams. Paanalizuokime, nuo ko viskas prasidėjo.

Pirmieji pavaizdavimai. Nėra rasta faktų, kad sūnaus palaidūno parabolė buvo iliustruojama prieš XII a., pirmieji jaunuolio, ganančio kiaules, vaizdai buvo iškalti Prancūzijos miestelio Saint Nectaire vienuolyno kolonų kapiteliuose [7]. Nuo XIII a. kūrinių šia tema vis daugėjo, dažniausiai alegorijos įvykiai buvo fiksuojami vitražuose, kaip antai: Chartres katedros (Prancūzija) vitražuose vaizduojamos 27 sūnaus palaidūno gyvenimo scenos (datuojama 1150–1250 m.), Bourges katedroje – septyniolika (datuojama XIII a. pradžia). To meto dailininkai daugiausia dėmesį sutelkė ties palaidu jaunesniojo sūnaus gyvenimu [13]. Panašūs 4 ar daugiau scenų pasakojimai buvo audžiami gobelenuose ir tapomi ant sienų, drapiruočių, baldų ar kitų dekoratyvinių daiktų. Parabolė ypač išpopuliarėjo XVI a. pirmojoje pusėje, sklindant Reformacijos idėjoms: pirmiausia ji aktualizota dramoje, vėliau dailėje, įgydama daugybę atspalvių, apie kuriuos Biblijoje net neužsimenama. Nepaisant visos palyginimo vaizdų gausos, ilgainiui išpopuliarėjo tam tikra siužeto linijų ikonografija.

Įprasti aspektai. Sūnaus palaidūno temą XVI a. dailininkai dažniausiai vaizdavo kaip pasakojamąjį ciklą, susidedantį iš pavienių siužetinių linijų (pvz., Sebaldio Behamo 4 dalių ciklas), arba išskleisdavo visą pasakojimą viename paveiksle (dažniau graviūroje), kaip antai: Pieter van Aelst Coecke (1502–1550), Jan Sanders van Hemessen (1500–1566), Jacob Lucius (1530–1597), Sūnaus palaidūno meistro (kūrė Antverpene apie 1530–60) kūriniai. XVII a. autoriai, nevengdami ir pasakojamųjų ciklų, daugiausia iliustravo pavienes siužeto scenas. Kai kurie dailininkai vieną ir tą patį aspektą tapė ne vieną kartą (pvz., Il Guercino⁵ (1591–1666), Mattia Preti (1613–1699)). Kiti vaizdavo kelis alegorijos momentus kaip visiškai atskirus darbus, juos atlikdavo skirtinga technika (Frans Francken II (1581–1642), Rembrandt van Rijn).

Išskiriami tokie dažniausiai pasitaikantys vaizdavimo aspektai: sūnus palaidūnas atsiima savo dalį, išvyksta iš namų, tolimoje šalyje lėbauja su paleistuvėmis, išvaistęs pinigus išvaromas paleistuvių lauk, gano kiaules, grįžta pas tėvą [19]. Norint suprasti aptariamo laikotarpio alegorijos ikonografiją, būtina apibūdinti kiekvieno istorijos aspekto vaizdavimo ypatumus:

- *Sūnus Palaidūnas atsiima savo dalį.* Ši gana reta dailininkų darbuose pasakojimo akimirka paprastai yra vaizduojama kaip atskira ciklo dalis (Jacques Callot, Bartolome Esteban Murillo darbai). Kartais ši scena matoma kaip atskiras fragmentas paveikslo antrame plane, pvz., Jacob Lucius medžio raižinyje vaizduoja sūnų palaidūną atsiimančią savo dalį pastato, esančio pagrindinio veiksmo fone, lange. Tą patį sprendimą randame Franso Franckeno II darbe „Sūnaus palaidūno parabolė“. Kitame minėto autoriaus kūrinyje – retabule – aplink pagrindinį sūnaus palaidūno išvykimo epizodą išdėstyti 8 maži pasakojimo epizodai, tarp jų ir aptariamoji scena. Visi minėti autoriai

⁵ Dailininkas sūnaus palaidūno sugrįžimo sceną tapė 6 kartus.

palikimo dalybas vaizduoja panašiai: tėvas sėdi už staltiese dengto stalo, šalia stovi puošniai apsirengęs jaunesnysis sūnus. Jis arba skaičiuoja pinigais, arba deda juos į medžiaginių kapšelių. Scena gali būti vaizduojama tik su sūnumi ir tėvu arba juos supa namiškiai ir tarnai, padedantys susidėti gautus turtus. Kai kurių autorių darbuose neslepama ironija ar dailininko pozicija dėl sūnaus poelgio, kaip antai J. Callot graviūroje pirmame plane, priešais sūnų palaidūną, nupieštas dergiantis šuo.

- *Sūnus palaidūnas išvyksta iš namų.* Šiai siužeto linijai būdingas skubotumas, tam tikra sumaištis. J. Callot darbe po piešiniu rašoma: „Šis skubotas atsisveikinimas yra tarsi ženklas, kad pernelyg didelė ramybė atėjo po audros“⁶. Išvykimo scena vaizduojama trejopai: kaip pasakojamojo ciklo dalis, kaip atskiras fragmentas paveikslo antrame plane arba kaip visiškai savarankiškas darbas. Beveik visose scenose matomi pabalnoti arkliai. Sūnus palaidūnas paprastai vaizduojamas sėdintis ant arklio, jis atsisveikindamas spaudžia tėvui ranką, motina skepetaitė šluostosi ašaras. Neįprastai išvykimo sceną vaizduoja Bartholomeaus van Bassen (1590–1652). Jis visą dėmesį sutelkia į interjerą⁷, o sūnaus atsisveikinimas su tėvais tėra tik prabangos aplinkos epizodas.
- *Sūnus palaidūnas tolimoje šalyje lėbauja su paleistuvėmis.* Šios siužetinės linijos vaizdavimo ypatumai bus plačiau aptarti vėliau, todėl dabar minėtinos tik bendros tendencijos. Sūnus palaidūnas dažniausiai vaizduojamas sėdintis prie stalo smuklėje su keliomis nepadoraus elgesio moterimis, jiems patarnauja tarnai ir groja muzikantai. Neretai sūnaus palaidūno puota vaizduojama lauke, kur pagrindinio veiksmo fone dailininkai atkuria pastatų eksterjerą, fiksuoja peizažo ypatumus. Antrame plane gali būti ir scenos, atskleidžiančios būsimą sūnaus nuopuolį (jis tarp kiaulių, apdriskęs grįžta namo) [39]. Kartais sūnus palaidūnas vaizduojamas apgirtęs, išsidrėbęs ant lovos, jį nurengia paleistuvė, tuo pačiu tuštinama kišenės (vagystė – gana dažnas elementas paleistuvavimo scenoje – taip norėta perspėti žiūrovą apie palaido gyvenimo pasekmes) [5].
- *Likęs be skatiko kišenėje sūnus palaidūnas išvaromas paleistuvių lauk.* Ši siužetinė linija dažnai vaizduojama paveikslo antrame plane, kartais figūruoja „išskleistame“ kūrinyje, kuriame piešiami visi alegorijos aspektai, tačiau dažniausiai ji atliekama kaip pasakojamojo ciklo dalis. Paprastai sūnus palaidūnas vaizduojamas vienmarškis, bėgantis nuo įpykusių paleistuvių, kurios pakeltose rankose gniaužia šluotas. Jam už nugaros lieka užkeigos namai, paprastai kelių aukštų, pro kurių vieną langą prostitutė ant nelaimėlio šliūkšteli puodą vandens. Šis pasakojimo aspektas

įkvėpė Brunswicką Monogrammistą (XVI a. antrasis ketvirtis) sukurti paveikslą. Čia sūnus palaidūnas parkritęs ant žemės, jį talžo išsiutusi paleistuvė, stebint susidomėjusiems užkeigos lankytojams.



1 pav. Albrecht Dürer. „Sūnus palaidūnas tarp kiaulių“, 1496. Vario graviūra

Sūnus palaidūnas gano kiaules. Iki pasirodant Albrechto Dürerio (1471–1528) graviūrai 1496 metais (žr. 1 pav.) šis pasakojimo aspektas buvo retas dailėje: knygų ksilografijose matomas sūnaus palaidūno, ganančio kiaules ar stovinčio šalia jų, vaizdas arba sūnus pieštas apsirengęs kiauliaganio drabužiais, kurie liudijo apie jo piemenavimą, ir grįžtantis pas tėvą [37]. A. Dürerio graviūra pakeitė įprastą ikonografinę schemą: nuo tada sūnus palaidūnas dažniausiai vaizduojamas besimeldžiantis, parklupęs prie kiaulių lovio kieme arba tvarte, aplink jį vaikštinėja kiaulės su paršeliais. Šalia gali būti vaizduojami dirbantys valstiečiai, gyvuliai: avys, ožkos, karvės, arkliai. Autorius James Hall mini ir fone iš dangaus besileidžiančius angelus [39]. Neretai kiaulių ganymo scena vaizduojama paveikslo antrame plane ar išskleistame kūrinyje kaip atskira ciklo dalis. Kartais paveiksle sūnus palaidūnas piešiamas prašantis kiauliaganio darbo. Kai kuriuose darbuose visas dėmesys sutelkiamas į peizažą, kuriame mažytė sūnaus palaidūno figūra tampa beveik nepastebima.

- *Sūnus palaidūnas grįžta pas tėvą.* Tai viena populiariausių pasakojimo dalių dailininkų darbuose. Sūnaus palaidūno sugrįžimas pirmą kartą pavaizduotas 1510 metais Luco van Leydeno (1494–1533) graviūroje. Čia veiksmas rutuliojamas aikštelėje priešais namus [38]. „Renesanso meistrai tėvo ir sūnaus susitaikymo

⁶ J. Callot serijos leidėjas Israel Henriet (1590–1661) po kiekviena graviūra užrašė tam tikrą sceną apibūdinančią sentenciją.

⁷ B. van Bassen buvo architektas, jo specializacija – interjerų, kurie dažniausiai buvo jo fantazijos vaisius, tapība.

scenoje išvelgė gražų ir patrauklų reginį: prabangi architektūra, išsipusčiusi minia, išpūdingas peizažas, kurių fone išryškėja atgailos ir atleidimo scena“ [32, p. 208]. Sūnus palaidūnas vaizduojamas apdriskęs, klūpantis priešais savo tėvą, kuris jį apkabinęs arba laimina. Sūnaus rankoje gali būti piemens lazda arba ji numesta prie kojų. Šalia piešiamas vyresnysis brolis, abejingai stebintis susitaikymo sceną. Antrame plane paprastai skerdžiamas veršiukas – auka nuodėmei išpirkti [39]. Beveik visada greta vaizduojami tarnai, tėvo liepimu nešantys sūnui naujus drabužius, apavą ir žiedą. Dauguma dailininkų tvirtai laikėsi vizualinės tradicijos vaizduodami tėvo ir sūnaus susitikimą: „žiūrėjimo taškas buvo iš šono arba iš $\frac{3}{4}$, todėl ne visada matomi abiejų veikėjų veidai. Jaunesnysis sūnus dažniausiai priklaupęs ant vieno kelio, apkabinęs tėvą <...>, šis suima sūnaus rankas, viena ranka siekia jo peties arba tiesia į jį abejas, labai retai tėvas vaizduojamas padėjęs rankas ant sūnaus galvos“ [3]. Kai kuriuose paveiksluose sūnus palaidūnas nuolankiai bučiuoja tėvo ranką.

Nors daugelis dailininkų ne kartą iliustravo šią siužetinę liniją, tačiau, meno istorikų teigimu, vieninteliui Rembrandtui paveiksle „Sūnaus palaidūno sugrįžimas“ (1668) pavyko atskleisti parabolėje glūdinčias religines ir etines idėjas.

Palaido gyvenimo vaizdų atsiradimo prielaidos ir vaizdavimo ypatumai. Muzikos vaidmuo. Jėzaus pasakojamame sūnaus palaidūno palyginime (Lk.15, 11–32) apie palaidą gyvenimą užsimenama vos keliais žodžiais, tačiau dailininkai (ypač Olandijos) šį aspektą išplėtojo daugybe tapybinių ir grafinių variantų. Dažniausiai parabolės žodžiai „palaidai gyvendamas“ buvo tik pretekstas vaizduoti apnuogintą kūną, tai to meto dailėje buvo griežtai draudžiama. Vis dėlto šio reiškinio šaknys glūdi viduramžiuose – tai liudija aptarti vitražų langų siužetai. Vėliau „palaido gyvenimo“ epizodas buvo papildytas: XV amžiuje parašytoje ir vaidintoje Castellano Castellani (1461–1519) misterijoje „La rappresentazione del figliuol prodigo“ sūnus palaidūnas puotauja ir geria smuklėje, kurioje kažkokie nenaudėliai aplošia jį kortomis, o smuklės šeimininkas siūlo jam naktį praleisti su tarnaita. Kai baigiasi pinigai, jis išvejamas lauk vienais naktiniais marškiniais, basas. Pavymui tarnaitė šaukia: „Ką tu čia, sukčiau, darai? Eik iš čia, nes tuoj būsi kaip reikiant pamokytas!“. Sūnus palaidūnas supranta, kaip jį apgavo ir skundžiasi: „Dabar jie turi mano pinigus ir drabužius, o mane vadina juokdariu ir apšaukia vagimi“ [33, p. 35]. Būtina paminėti, jog tai ne vienintelė to meto pjesė sūnaus palaidūno tema, kurioje vaizduojamas sūnaus nuopuolis. Dar anksčiau Antonia Gianotti Pulci (1452–1501)⁸ parašė pjesę „Rappresentazione del figliuol prodigo“, susidedančią iš 556 eilėraščių, kuri sulaukė populiarumo Italijoje, buvo leidžiama ir vaidinama daugybę kartų. Šioje pjesėje iš tėvo namų išvykstantį sūnų palaidūną lydi



2 pav. Dirck van Baburen. „Sąvadautoja“, 1622. Dr. al.

septynių mirtinų nuodėmių alegorinės figūros. Teatrologų surinkti duomenys patvirtina, kad visose Vakarų Europos šalyse XVI–XVII amžiuje buvo kuriamos ir vaidinamos analogiškos pjesės [20], tad nenuostabu, kad dailininkai žinojo jų turinį ir naudojosi čia siūlomais sūnaus palaidūno gyvenimo aspektais vaizduodami šią alegorijos siužetinę liniją.

Kaip XVI–XVII amžiaus meistrai išskleidė šį istorijos epizodą savo darbuose? Dažniausiai tai – muzikuojančios linksmosios draugijos, sąvadautojos (viešnamio scenos), azartinių žaidimų sukčiai ir būrėjos. Apie kiekvieną potemę išsamiau:

- „Linksmoji draugija“ („merry company“) nebuvo paprasta tema, ji sudėtinga tiek kilme, tiek raiška: jos užuomazgos matyti istorijū „Žmonija, laukianti Paskutiniojo Teismo“, „Žmonija prieš Tvaną“ iliustracijose, mitologinėje „Dievų Puotoje“ ir „Sūnaus palaidūno palyginime“ [16]. Šios istorijos atspindžiai vaizduojant „linksmąsias draugijas“ ir bus apžvelgti.

Ši forma pirmiausia buvo išplėtotą olandų tapytojų Pietero Aertseno (1508–1575) ir J. S. van Hemeseno darbuose sūnaus palaidūno tema [16]. Vis dėlto didžiausią įtaką tolesnei raidai turėjo Davido Vinckbonso (1576–1632) 1610–20 metų besilinksminančių aristokratų parke atvaizdai, tačiau šie darbai greičiau primena žanrinio pobūdžio kūrinius⁹, jie gana sunkiai atpažįstami kaip alegorijos iliustracija, tik kaip simboliai, veikėjų atributai ar aplinkos vaizdai. To meto žiūrovui paslėpta informacija, metaforinė kalba buvo nesunkiai suprantama, tai paliudija pakankamai tikslūs tokio pobūdžio paveikslų apibūdinimai, randami XVII amžiaus meno kūrinių sąrašuose [10]. Vėliau, 1610–30 metais, besilinksminančios kompanijos schemą perėmė jaunieji Harlemo ir Amsterdamo tapytojai, vienas ku-

⁸ Antonia Gianotti Pulci buvo viena pirmųjų teatro istorijoje žinomų pjesių rašytojų.

⁹ Autorius J. R. Martin [15] teigia, kad Olandijos tapyboje riba tarp žanro ir alegorijos nedidelė ir dažnai sunkiai apibrėžiama, nes simboliai dažnai slepiami po įprastų namų apyvokos daiktų forma ir simbolinės užuominos gali būti lengvai nepastebėtos ar neteisingai suprastos.

rių – jaunesnysis Franso Halso (1580–1666) brolis Dirck Hals (1591–1656). Elegantiškų jaunų žmonių, šokančių, geriančių, flirtuojančių, akompanuojant muzikai, paveikslai turėjo mokytį, jie perspėdavo žiūrovą dėl nesainkingumo, primindavo palaido gyvenimo pasekmes. Šios scenos paprastai buvo mažo formato, jose vaizduojami žmonės nutapyti labai detalai, vilkintys prabangius to meto kostiumus [25]. Ilgainiui tokių mažafigūrių „linksmyjų draugijų“ vaizduose išnyko ir paskutiniai sūnaus palaidūno istorijos atšvaitai, nebeliko moralizuojančio aspekto, tik mėgavimasis jaukia aplinka.

- Kita „linksmosios draugijos“ forma randama Utrechto karavadžistų darbuose. Jos pradininku laikomas Gerrit van Honthorst (1590–1656), jis savo paveiksluose derino erotiškumą su aplinkos asetiškumu. Tamsiame neutraliame fone vaizduojamos kelios didelės figūros ar jų grupė, „siužetas perteikiamas personažo poza ir daiktais rankose“ [36, p. 124]. 1620 metais nutapytas paveikslas „Vakarelis“ („Sūnus palaidūnas viešnamyje“) tapo pavyzdžiu Utrechto tapytojams vaizduoti panašias scenas. Jie greitai išpopuliarino šią linksmą, žanrinę, abejotinos reputacijos moterų aplinkos sceną, kuri dažniausiai tapatinama su sūnumi palaidūnu, švaistančiu savo palikimą su puolusiomis moterimis. Tokio pobūdžio paveikslai buvo vaizduojami visą XVII a., tik įmančiau komponuojami. Svarbu ir tai, kad G. Honthorst minėtame darbe sukūrė tradicinės sąvadautojos tipažą – sena moteris, raukšlėmis išsvagotu veidu, galvą apsvyniojusi turbanu – tai dažnas personažas parabolę iliustruojančiuose kūriniuose. Toks pats moters tipažas randamas keliais metais vėliau nutapytuose Dircko van Babureno (1590–1624) paveiksluose: „Sąvadautoja“ (1622, žr. 2 pav.)¹⁰, „Sūnus palaidūnas“ (1623) [25]. Pastarajame darbe „dailininkas pateikia ir „5 pojūčių“ atributus: „skoni“, „klausą“, „uoslę“, „lytėjimą“ ir „regėjimą“. Šios alegorijos neretai buvo įtrauktos į „sūnaus palaidūno“ siužeto ikonografiją“ [36, p. 120].

Tuo metu tokios viešnamio scenos išpopuliarėjo kaip reakcija į puritonišką moralę. Vėliau patraukli sąvadavimo scena, turėjusi sąsajų su palaidu sūnaus palaidūno gyvenimu, išsirutuliojo į savarankišką žanrą, kitaip vadinamą „bordeeltje“ [29].

Palaido jaunesniojo sūnaus gyvenimo scenose beveik visada vaizduoti muzikuojantys žmonės, nesvarbu, ar tai prasčiokiška smuklės aplinka, ar aristokratiškas pokylis parke. Skyrėsi tik muzikinių instrumentų rūšys, atliekamos muzikos pobūdis: „dūdmaišiai ir rylos skambėjo žemesnių sluoksnių puotose, smuikai buvo populiariūs visose visuomenės grupėse, nors jais buvo grojamos skirtingos melodijos, o liutniomis ir fleitomis buvo akompanuojama pasiturinčiųjų pasilinksmimuose“ [8]. Muzika šiuose paveiksluose siejama su

jusliniais malonumais, ji čia turi negatyvų atspalvį, atskleidžiamą suvokus muzikinių instrumentų simbolinę prasmę. Aptariamo laikotarpio olandų gyvenime liutnia ir fleita (dažnai vaizduojamos dviprasmiškose scenose) turėjo įprastas erotines reikšmes. Meno istorikas R. H. Fuchs knygoje „Dutch Painting“ (1997) pasakoja: „Mokykis liutnia, mokykis spinetu groti. Stygos turi galios pavogti širdį“ – užsimena to meto eileraštis, tačiau tokio pobūdžio paveiksluose akcentuojama liutnia turi vulgaresnę prasmę. Olandų žodis „luit“ gali reikšti ir liutnią, ir moters lyties organą. Taip po elegantišku šydu paveikslas iliustruoja ir netiesiogiai pasmerkia uždraustą meilę“ [9, p. 54]. Šitokia liutnios potekstė paveiksluose nestebina: Thomas Coryat (1577–1617) knygoje „Crudities“¹¹ (Londonas, 1611) aprašo Venecijos kurtizanių paprotį nešiotis liutnią kaip savo amato ženklą, be to, šios kurtizanės mokėjo meistriškai groti [30]. Panašiai aiškina ir fleitos prasmę, ji dėl formos buvo siejama su falu [4]. Jei dailininkai „neįdėdavo“ muzikinių instrumentų į kurtizanių rankas (žr. 2 pav.), tai bent juos nupiešdavo matomoje vietoje: pakabintus ant sienos (S. Behamo medžio raižinys) arba nerūpestingai numestus ant grindų (J. H. van Bijlerto paveikslas). Kai kurių tapytojų darbuose matoma tik subtili užuomina apie liutnios buvimą, kaip kad J. Vermeero paveiksle – žiūrovui parodomas tik liutnios kaklelio¹² fragmentas kliento rankose, matomas po taure. Taip išradingai dailininkas slepia šį dviprasmišką simbolį [14].

- Nemažai dailininkų jaunesniojo sūnaus palaidą gyvenimą perteikė kortų sukčių, būrėjų scenomis (kortų žaidimas XVI–XVII amžiaus Europoje buvo neteisėtas, bet labai populiarus). Anot autoriaus P. Conisbee (1997), „visos būrėjos, lošėjai ir sukčiai, nekalti jaunuoliai ir tie, kurie juos išnaudoja, priklauso vienai išplėstinei ikonografinėi šeimai“ [5, p. 150], t. y. prilyginami sūnui palaidūnui. XVI amžiaus pabaigoje Italijoje radosi nauja temos interpretacija, nesusieta su Biblijos pasakojimu, pavaizduota kaip scena iš kasdieninio gyvenimo: Michelangelo da Caravaggio (1573–1610) darbai „Kortų sukčiai“ ir „Būrėja“ sukėlė tikrą tokių paveikslų maniją Italijoje, Prancūzijoje ir mažesnėse šalyse. Vieni dailininkai liko ištikimi savo įkvėpėjui, kiti, pasinaudodami jo sukurta schema, ir toliau iliustravo sūnaus palaidūno istoriją. Pastariesiems priklauso G. de La Tour, Jean Leclerc (1587–1633), J. Callot. Šių paveikslų įprasta ikonografinė schema yra tokia: pasiturinčiai apsirengęs sūnus palaidūnas labai įdėmiai studijuoja savo kortas, visiškai neįtardamas, kad kortų sukčius jam už nugaros informuoja kompanioną apie jo turimas kortas. G. de La Tour, pavaizdavęs kortų sukčių apgautą jaunesnįjį sūnų, vėliau jį perkėlė į čigonės draugiją, kurios bendrininkės apšvarina jaunuolio kišenes. Vis dėlto sūnaus palaidūno istorija lengviausiai atpažįstama J. Callot oforte, kuriame

¹⁰ D. Baburen „Sąvadautoja“ figūruoja keliuose Johannesio Vermeero (1632–1675) kūriniuose – „Koncertas“ (formaliai Isabelos Stiuart Gardner muziejus Bostone, iš kurio 1990 m. paveikslas buvo pavogtas) ir „Moteris, sėdinti prie spineto“ (Londono nacionalinė galerija).

¹¹ T. Coryat šioje knygoje aprašė renesansinės Europos architektūrą, papročius ir aprangą.

¹² Liutnia susideda iš kaklelio su atlenkta suknyčių dėžute ir išgaubto korpuso.

ovalų piešinių juosia lotyniškas užrašas, perspėjantis apie palaido elgesio padarinius [5].

- Sūnaus palaidūno istorijos atspindžių galima aptikti ir sarginių – „in kortegaardjes“ – scenose, kai rūkoma, geriama, lošiama, linksminamasi su laisvo elgesio moterimis. Tačiau čia veikiau tik dailininkų pasiskolinti jaunesniojo sūnaus palaido gyvenimo įvaizdžiai, o ne palyginimo įkvėpti paveikslai [31].

Parabolėje paminėtas palaidas gyvenimas dailininkams suteikė galimybę vaizduoti šventes ir puotas: scenų su paleistuvėmis moralizuojantis turinys perspėdavo apie tinginystės ir pinigų švaistymo trumpalaikiams malonumams pavojų. Dailininkai, kuriantys puotų vaizdus, taip parodydavo savo sugebėjimą piešti įvairiausią maistą, indus ir puošnius drabužius [8]. Be to, Tridento susirinkimui uždraudus vaizduoti apnuogintą kūną, katalikiškų kraštų dailininkai, prisidengdami sūnaus palaidūno istorija, galėjo piešti erotines scenas.

Neįprasti aspektai. Be tradicinių sužetinių linijų vaizdų buvo ir kitokių dailininkų darbų. Vienuose jų vaizduotos numanomos sūnaus palaidūno pasakojimo akimirkos, apie kitų sužetus parabolėje neužsiminta nė žodžiu. Tokių paveikslų sukurta nedaug, išradingiausi buvo flamandų meistrai. Šiuose darbuose vieni kūrėjai metaforiškai analizavo žmogaus atsivertimo ir atgailos problemas (H. Bosch, A. van Dyck, J. Boeckhorst), kiti turtingais simboliais susiedavo peną kūnui ir sielai (P. Aertsen, J. de Beuckelaer), treči alegoriniam pasakojimui pasitelkė autobiografinį motyvą – dailininkai A. Dürer, Rembrandt ir J. Vermeer vaizdavo save kaip sūnų palaidūną.

Autoriai L. Todd ir D. B. Weisbord knygoje „Favorite subjects in Western art“ (1968) pateikia faktą, jog egzistuoja dar keli palyginimo netradicinės ikonografijos pavyzdžiai: jie mini, kad keliuose darbuose (dailininkai nenurodyti) sūnaus palaidūno sugrįžimo scenoje vietoj tėvo piešiamas Kristus, rankoje laikantis pergamentą, kuriame užrašyti tokie žodžiai: „Mano sūnus visada su manimi ir visa, ką aš turiu, yra tavo“.

Apibendrinant galima teigti, jog XVI–XVII a. Vakarų Europoje sūnaus palaidūno palyginimo vaizdavimo paplitimą nulėmė šie veiksniai: istorinės aplinkybės, Bažnyčia, jos išsiskyrimas į dvi priešingas stovyklas, protestantų užimta pozicija dėl meno, susiformavusi nauja meno rinka, kontrreformacijos iškelti uždaviniai menui ir simbolinis laikotarpio mąstymas. Svarbu buvo ir aptariamo laikotarpio šeimų santykiai, kartų konfliktas, dailininkų gyvenimo aplinkybės. Vis dėlto svarbiausia priežastis glūdi pačioje parabolėje – joje išaukštinamos amžinos vertybės – viltis, tikėjimas ir viską atleidžianti meilė.

Išvados

1. Sūnaus palaidūno alegorijos vaizdai paplito viduramžiais, jie skleidėsi vitražuose, gobelenuose, daiktų dekoracijose. Ilgainiui nusistovėjo tam tikra siužeto linijų ikonografija, išsikristalizavo parabolės vaizdavimo ypatumai. Dailininkai alegoriją vaiz-

davo ciklais, siužeto epizodais ar išskleidavo visą pasakojimą viename paveiksle. Tradiciškai plėtotos 6 siužetinės linijos. Dažniausiai vaizduoti sūnaus palaido gyvenimo aspektai.

2. XVII a. intelektualiam gyvenime buvo išsisknijusi alegorinė mąstysena, ji lėmė alegorinių temų paplitimą dailėje. Alegorijos (tarp jų ir sūnaus palaidūno palyginimas) buvo priskiriamos istoriniams paveikslams, tačiau labai dažnai jos buvo paslėptos po žanrine išore. Alegoriniai paveikslai dažniausiai buvo užsakomi oficialiai. Nuolatinė tokių darbų paklausa vertė dailininkus vaizduoti pirkėjų diktuojamas temas. Šie be vargo suprasdavo metaforinę paveikslų raišką, nes visoje Europoje buvo paplitusios embleminės knygos ir simboliniai žodynai.
3. Sūnaus palaidūno istorijoje atsispindėjo XVI–XVII a. šeimų gyvenimo realijos (kartų problema, vaikų auklėjimas, jaunimo ištvirkimas), todėl joms atskleisti dailininkai dažniausiai pasirinkdavo šios alegorijos formą. Reformacijai iškėlus tikinčiųjų moralės klausimą, sūnaus palaidūno palyginimo vaizdais buvo mokoma dorovės. Katalikiškų kraštų dailininkus daugiausia domino sūnaus palaidūno atsivertimas ir atgaila, jo sugrįžimo namo epizodas, o protestantiškose valstybėse paplito moralizuojantys šios temos paveikslai.

Literatūros sąrašas

1. Andrijauskas, A. Grožis ir menas. Vilnius: Vilniaus dailės akademijos leidykla, 1995. ISBN 9986-571-08-1.
2. Baldwin, R. The Impact of the Counter-Reformation on Art: Baroque Art in Catholic Europe (Italy, France, Belgium) [žiūrėta 2015-01-16]. Prieiga internetu: <http://www.socialhistoryofart.com/17thItaly/Baldwin%20The%20Counter%20Reformation%20and%20Art.doc>.
3. Baldwin, R. The Touch of Love: Gestures of Touch in Three Late Works by Rembrandt: Prodigal Son, Jewish Bride, and Family Group. 1987[žiūrėta 2015-03-09]. Prieiga internetu: <http://www.socialhistoryofart.com/Baldwin%20Rembrandts%20Touch%20of%20Love%201%20%20Prodigal%20Son.DOC>.
4. Burgers, J.; Reid, H. The Lute in the Dutch Golden Age: Musical Culture in the Netherlands 1580–1670. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2013. ISBN 9789089645524.
5. Conisbee, P. Georges de La Tour and his world. Washington: National Gallery of Art, New Haven and London: Yale University Press, 1997. ISBN-13: 978-0300069488.
6. Dajczer, T. Tikėjimo įžvalgos. Vilnius: Katalikų pasaulis, 2000. ISBN 9986-04-134-1
7. Duchet-Suchaux, G.; Pastoureau, M. The bible and the saints. Paris-New York: Flammarion, 1994.
8. Feasts and Festivities (XVIIe & XVIIIe Dutch, Flemish, French, German and Italian Master Paintings). [žiūrėta 2015-10-28]. Prieiga internetu: <http://www.galleryvitchal.com/Expo/exhipref.html>.
9. Fuchs, R. H. Dutch Painting. New York: Thames and Hudson inc., 1978. ISBN-10: 0500201676

10. Haak, B. *The Golden Age Dutch painters of the seventeenth century*. London: Thames and Hudson, 1984. ISBN-10: 904008792X
11. Haeger, B. *The prodigal son in sixteenth and seventeenth-century Netherlandish art: depictions of the parable and the evolution of a Catholic image*. Simiolus, 1986, Nr. 16, p. 128–138.
12. Krikščionybės kronika. Vilnius: Vaga, 1999. ISBN 5-415-01429-2.
13. *Leaded window glass: The Prodigal Son*. [žiūrėta 2003-09-20]. Prieiga internetu: www.art.uiuc.edu/galleries/kam/collections/MedNearEast/63-45-001.html#.
14. Liedtke, W. A. *ir kt. Vermeer and the Delft School*. New York: The Metropolitan museum of Art, 2001. [žiūrėta 2015-02-12]. Prieiga internetu: http://www.metmuseum.org/research/metpublications/Vermeer_and_the_Delft_School.
15. Martin, J. R. *Baroque*. New York: Harper and Row Publishers, 1977. ISBN-13: 978-0064300773.
16. Nash, J. M. *The age of Rembrandt and Vermeer*. New York: Phaidon, 1979. ISBN-10: 0714819735.
17. Nouwen, H. J. M. *Sūnaus palaidūno sugrįžimas. Pasakojimas apie grįžimą namo*. Vilnius: Aidai, 1999. ISBN 9986-590-86-8.
18. Rachlevičiūtė, R. *Gailestingumas daileje. Mintys po paskaitos* [žiūrėta 2015-03-04]. Prieiga internetu: <http://www.bernardinai.lt/straipsnis/2011-05-20-ramute-rachleviciute-gailestingumas-daileje-mintys-po-paskaitos/63120>.
19. Ramonienė, D. *Krikščioniškosios ikonografijos žodynas*. Vilnius: Vilniaus dailės akademijos leidykla, 1997. ISBN 9986-571-17-0.
20. *Repentance rewarded: Catalan plays on the parable of the Prodigal Son* [žiūrėta 2015-05-01]. Prieiga internetu: <http://www.sitm.info/history/Groningen/kovacsaddpaper.htm>.
21. Roberts, B. *Sex and Drugs Before Rock 'n' Roll: Youth Culture and Masculinity During Holland's Golden age*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2012. ISBN 9789089644022
22. Rogers, N. *The True Convert or an Exposition upon the Whole Parable of the Prodigal*. Luke 15. 11,12. London: printed by Edward Griffin for Edward Brewster, 1620
23. Rupnik, M. I. *Ir puolė jam ant kaklo*. Vilnius: Aidai, 1999. ISBN 9986-590-84-1
24. Siegel, E. *Symbols of Change in Dutch Golden Age Still Life Paintings: Teachers' Guide and Lesson Plan* [žiūrėta 2015-02-15]. Prieiga internetu: <http://www1.umassd.edu/euro/2011papers/siegel.pdf>.
25. Slive, S. *Dutch painting 1600–1800*. London: Yale University Press, 1995. ISBN 0-300-06418-7.
26. Šventasis Raštas. T. 1: Senasis Testamentas. Vilnius: Vaga, 1990. ISBN 5-415-00801-2.
27. Šventasis Raštas. T. 4: Naujasis Testamentas. Vilnius: Vaga, 1992.
28. *The Dictionary of Art*. New York: Grove, 1996–1998. ISBN 1-884446-00-0.
29. *The Procureess*. [žiūrėta 2015-10-28]. Prieiga internetu: <http://www.essentialvermeer.com/catalogue/procureess.html#VpeVD1LK9f4>.
30. *The Signifying serpent: seduction by cultural stereotype in seventeenth century England* [žiūrėta 2015-04-15]. Prieiga internetu: <http://www.cs.dartmouth.edu/~wbc/julia/ch8/ch8.htm>.
31. Van Maarseveen, M. P.; Kersten, M.C.C. *The Eighty Years War in Northern Netherlandish painting of the seventeenth century: cavalry skirmishes and guardroom scenes* [žiūrėta 2015-05-19]. Prieiga internetu: <http://www.lwl.org/westfaelischerfriede-download/wfe-t/wfe-txt2-51.htm>.
32. Алпатов, М. *Этюды по истории западноевропейского искусства*. Москва: Издательство Академии художеств СССР, 1963.
33. Бернен, С.; Бернен, Р. *Мифологические и религиозные мотивы в европейской живописи 1200-1700*. Санкт Петербург: Академический проект, 2000. ISBN 5-7331-0174-1
34. *История искусств стран Западной Европы от Возрождения до начала XX века*. XVII века: Италия, Испания, Фландрия. Москва: Искусство, 1988
35. Потапов, В. *Неделя о блудном сыне* [žiūrėta 2015-09-26]. Prieiga internetu: http://www.stjohndc.org/Russian/feasts/fasts/grlent/r_triod_w2.htm ..
36. Сененко, М. *Специфика бытового жанра в живописи Утрехтских караваджистов*. In *Материалы научной конференции: Рембрандт. Художественная культура Западной Европы XVII века*. Москва: Типография министерства культуры СССР, 1970, p. 120–125.
37. Степанов, А. *Мастер Альбрехт*. Ленинград: Искусство, 1991.
38. Фехнер, Е. Ю. *Рембрандт. Возвращение блудного сына*. Ленинград: Издательство Государственного Эрмитажа, 1963.
39. Холл, Дж. *Словарь сюжетов и символов в искусстве*. Москва: Крон- Пресс, 1999. ISBN 5-232-01078-6

THE PRODIGAL SON'S SUBJECT IN THE WESTERN EUROPE ART OF XVI-XVII CENTURIES

Rasa Valujavičienė

Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Annotation. In article, the author describes the Prodigal Son's parables meaning, its religious and ethical dilemmas, and researches peculiarities of XVI-XVII centuries that influenced spread of this subject. The author analyses several problematic questions of the iconography of Prodigal Son: visualisation of most popular story lines, first images, usual and unusual aspects, role of music and reasons of this subject's popularity in Western Europe of XVI-XVII centuries. Author uses some research's methods: of the content analysis, comparative analysis, social-cultural method and iconographical method.

Key words: allegory, Prodigal Son, Reformation, Counterreformation, habits, moral education, allegorical thinking, XVI-XVII centuries Western Europe's Art, iconography, tradition of representation.

ERDVĖS SUVOKIMO ARCHITEKTŪROJE PROBLEMATIŠKUMAS

Airida Tylienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama viena aktualiausių šiuolaikinės architektūros teorijos problemų – erdvės suvokimas. Architektūrinės erdvės suvokimas apima įvairius aspektus – nuo erdvės dermės su kitais objektais iki suvokėjo fiziologinių ir psichologinių erdvės suvokimo aspektų. Straipsnyje apžvelgiami įvairūs sąvokos *erdvė* sampratos aspektai, jos vartojimo bei suvokimo formos architektūroje. Aptariami architektūrinės erdvės modeliai, jos organizavimo būdai ir tipai bei analizės morfologiniu, simboliniu ir fenomenologiniu aspektu galimybės. Išskiriami erdvės suvokimo problematiškumo aspektai ir pristatoma trumpa erdvės turinio formavimosi raida nuo geometrinės erdvės suvokimo iki savarankiškos žmogaus gyvenimo erdvės, šiuolaikinių erdvės suvokimo koncepcijų.

Pagrindinės sąvokos: urbanizacija, architektūros teorija, architektūrinė erdvė, erdvės suvokimo koncepcijos, erdvės suvokimo problematiškumas.

Įvadas

2007 m. gegužės 23-iajai tapus persilaužimo diena, kai apytiksliai skaičiavimais daugiau gyventojų gyveno urbanizuotose teritorijose nei periferijoje¹, o ir pasaulio gyventojų skaičiui sparčiai artėjant prie 8 mlrd², architektūra galutinai tapo nebeišvengiama kasdieninio žmogaus gyvenimo dalimi. Šiuolaikinis miestas – tai ne tik aplinka, kurioje žmogus gyvena, bet ir pramoninės, rekreacinės ir kitokios paskirties teritorijos, sudėtingos susisiekimo ir inžinerinės komunikacijos. Miestas yra sudėtinga sistema, kurioje tarpsta miesto bendruomenė, gamtiniai ir antropogeniniai komponentai, fokusuojasi esminės visuomenės problemos [9, 15].

Siekdamas pakeisti natūralią aplinką ir pertvarkyti ją pagal savo funkcinis ir kultūrinius poreikius, žmogus kuria antrinę, dirbtinę erdvę. „Traktuojant urbanizaciją kaip žmogaus aplinkos panaudojimo būdą, prioritetas <...> skiriamas kuriam nors aplinkos „okupavimo“ elementui – erdvei, artefaktams (pastatams, infrastruktūroms, institucijoms) arba žmogui“ [15]. Šiandien tokios „okupacijos“ pasekmės akivaizdžios: pavieniais atvejais urbanizuotoje teritorijoje galima išvengti kitų žmonių, bet ne statinių. Kasdieninis žmonių gyvenimas vyksta juose ir tarp jų. [11]. „Nors ir netiesiogiai, bet nuolatos ir visur supdami žmogų ir hierarchiškai nuo globalios erdvės iki individualios terpės persiduodami vaizdiniais ir jutimais, jie kristalizuoja žmogaus erdvinėje pagavoje ir padeda geriau pažinti aplink esantį pasaulį“ [15, p.195].

Architektūra, be kurios neįmanoma išsivaizduoti nei vieno miesto ar tankiau apgyvendintos teritorijos, savo prigimtimi yra žmonijos sukauptų žinių, praktinių

įgūdžių ir laike kintančio kūrybingumo derinys, viena svarbiausių visuomenės pažangos varomųjų jėgų bei jos būklės rodiklių [8]. Kaip erdvės formavimo menas³ ji patiriama ne tik vizualiai, bet ir taktiliškai, t.y., ne vien tik susikaupus ir kontempliuojat, o nerūpestingai, per kasdienį naudojimą⁴. Juk ir architektūros kūrinys, kurio pagrindas – jo erdvinė ir tūrinė sąranga, įtakojama statinio paskirties, konstrukcijos, meninės kompozicijos, paprastai kaip toks suvokiamas tik kai yra urbanizuotos teritorijos sudėtinė dalis arba landšafto elementas [1, 5].

Pačios architektūros suvokimas gali būti tradiciškas, paremtas išorinių jos bruožų (pvz., formų, elementų ar konstrukcijų) stebėjimu bei analize, architektūros kūrinius vertinant ne sistemiškai, bet individualiai ir į bendrą visumą jungiant stilistiniu principu. Bet gali būti ir kitoks architektūros suvokimas: „architektūra yra ne pastatas ar pastatai, o juos apibrėžianti ir generuojanti sistema, kurios kūrimas yra algoritmais, skaičiais ir geometriniais metodais grįstas loginis procesas“ [3]. Tai algoritminė architektūra⁵, viena iš esminių šiuolaikinės architektūros paradigmu⁶.

Per architektūros istorijos raidą keitėsi žmonių pasaulėžiūra, atskirų architektūros elementų ar komponentų tarpusavio ryšiai, funkcijos, architektūros tikslai. Vadinas, keitėsi ir suvokimas su kuo architektūra turi būti siejama, kokia ji turi būti. „Šiuolaikinė postindus-

³ Pirmąkart apie tai, kad architektūra – erdvės formavimo menas, rašė vokiečių meno istorikas A. Schmarsowas.

⁴ Tokį vizualinį ir taktilinį architektūros suvokimą grindžia estetikos teoretikas, miestų tyrinėtojas W. Benjaminsas. „Į pastatus neužtenka žvelgti vizualiai, svarbu skirti dėmesį naudojimui, patyrimo dimensijai, žmonių, veiklų ir socialinių santykių visumos pastate suvokimui, t.y., pastatui kaip erdvei“ [4].

⁵ „... idėjos, kad esmė glūdi jungtyse ir ryšiuose tarp elementų, kad loginės sekos gali apibūdinti objektą, kad matematika ir geometrija gali būti neatsiejama architektūros dalimi, tapo vienu iš kertinių naujosios architektūros paradigmos pagrindų“ [3]. Algoritmai, topologija, vektoriai ir kt. ėmė labiau apibūdinti šiuolaikinę architektūrą nei mastelis, medžiagiškumas ar funkcija [3].

⁶ Galutinai susiformavo paskutiniame XX a. deš. (ištakos apie 1960 m.). Pradininkai – žymiausi to laikmečio inžinieriai-konstruktoriai – F. Candela ir E. Dieste, Le Ricolais, B. Fullers, F. Otto ir kt. [3, 13]. „Daugelis šių inžinierių sukurtų statinių yra matematinėmis funkcijomis apibrėžiami trimačiai paviršiai, griežtos parametrinės sistemos, į vienišą visumą apjungiančios pastato erdvines, estetines ir konstrukcines savybes“ [3]. Inžinierius ir mąstytojas C. Balmondas tai pavadino pamatiniu konstruktū (deep structure) [2].

¹ Intensyvi urbanizacija prasidėjo XIX a. ir bendras gyventojų skaičius miestuose išaugo nuo 5 iki 73,5 proc. (1800 m. miesto gyventojai sudarė 5,1 proc., 1900 m. – 13,3 proc., 2000 m. – 46,6 proc.; Lietuvoje: iki 1914 m. – 13 proc., 1923 m. – 17,7 proc., 1940 m. – 23 proc., 1970 m. – 50,2 proc., 1990 m. – 68,5 proc.). 1800 m. Pekinas (Kinija) buvo vienintelis miestas, kuriame gyveno daugiau kaip 1 mln. gyventojų. 1850 m. tokių miestų pasaulyje buvo 4, 1900 m. – 21 ir t.t. [15].

² Gyventojų skaičius nuo 1890-ųjų padidėjo 6,15 karto, o miestuose – apie 17,5 karto. Jungtinių Tautų Organizacijos (JTO) duomenimis 2011 m. spalio 31-ąją peržengta 7 mlrd. riba; 2028 m. prognozuojamas 8 mlrd. populiacijos dydis, 2050 m. – 10-12 mlrd. Bendras pasaulio gyventojų tankumas (tik sausumos plotas) – maždaug 44,7 žm./km².

trinė visuomenė žengia į naują vystymosi etapą, kuris suteikia naujų visuomenės ir asmens raidos perspektyvų, tačiau tuo pat metu transformuoja ir pamatinius pasaulio suvokimo atributus“ [12]. Pagrindinės architektūros problemos dažniausiai susijusios su žmogaus savivoka ir egzistencija, nes ir architektūros formų bei kitų architektūros elementų interpretacija yra jų vertimas į egzistencijos kalbą. Priešingu atveju architektūros kūrimas tiek kultūros, tiek ir paties žmogaus atžvilgiu taptų beprasmiu ir galėtų būti atliekamas robotų ar automatizuotų mechanizmų [26]. Taigi, viena tokių esminių šiuolaikinės architektūros problemų – erdvės samprata ir suvokimas.

Straipsnio objektas – erdvės architektūroje suvokimas.

Straipsnio tikslas – aptarti architektūrinės erdvės suvokimo problematiškumą šiuolaikinėje architektūros teorijoje.

Uždaviniai:

1. apibūdinti architektūrinės erdvės sampratos specifiką;
2. išskirti pagrindinius erdvės architektūroje suvokimo ypatumus;
3. įvardinti architektūrinės erdvės suvokimo problematiškumo aspektus ir pagrindines erdvės suvokimo architektūroje koncepcijas.

Atlikta teorinės medžiagos (literatūros ir informacijos šaltinių nagrinėjama tematika) analizė. Apibendrinti rezultatai pateikiami šiame straipsnyje.

Architektūra nuo pat pirmųjų savarankiškų *homo sapiens* bandymų kurti savo būstą pradžios, susijusi su utilitarinėmis funkcijomis, su patogios žmogaus gyvenamosios erdvės kūrimu ir formavimu – tai ir šiandien išlieka vienu pagrindinių jos tikslų [12]. Vis intensyviau vykstant aglomeracijos, ruralurbanizacijos ir kitoms procesams, didėjant gyventojų tankumui, laisvų erdvių urbanizuotose teritorijose sparčiai mažėja. Vadinasi, kinta ir erdvės formavimo galimybės bei jos suvokimas. Antra, žmogus palaipsniui ima kitaip suvokti ir interpretuoti erdvę: nors visų gyvų organizmų regėjimas susiformavęs toks, koks būtinas išlikimui⁷, vis tik objektai, erdvė ir kiti elementai atpažįstami vadovaujantis tam tikru įgimtu polinkiu. „Studijuojant regėjimo psichologiją nustatyta, kad, šifruodama matomą vaizdą, mūsų sąmonė renka įvairiausias vaizdo interpretacijos variantus ir išrenka dažniausiai pasikartojančius. Mūsų regėjimo tikslumui, vaizdo atpažinimui didelę reikšmę turi patirtis, regėjimo „treniravimas“, įpročiai ir pan.“ [14, p.24]. Paradoksalu galbūt tai, kad vis dažniau atsisakoma tradicinio elementų komponavimo metodo⁸, erdvių kaitą įtakoja menamos vizualios ašys, apžvalgos taškų dislokacija, judėjimo trasos, o pati erdvė dėl ekonominės naudos vis dažniau ignoruojama⁹.

Tad kuriamos šiuolaikinės architektūros erdvės praranda savo substancionalumą, yra vis rečiau suvokiamos kaip tokios, tarsi ištirpsta¹⁰. Erdvė architektūroje iš trimatės virsta dvimate¹¹ ir neretai tampa savotišku beveidžiu fonu vykstančiam veiksmui.

Erdvės architektūroje sampratos specifika ir suvokimo ypatumai

Vienas pirmųjų erdvės architektūroje suvokimo problematiškumo aspektų – sąvokos *erdvė* vartojimo nevienalytiškumas. Sąvoka *erdvė* vartojama filosofijoje, matematikoje, fizikoje, architektūroje ir tapatinama su sąvokomis *aplinka*, *aplinkuma*, *terpė*, *vieta*. Skirtinguose teoriniuose darbuose ar diskursuose kiekviena jų traktuojama arba kaip sąvokos *erdvė* sinonimas, arba kaip skirtingos sąvokos, kurių aiškinime išskiriami tik joms būdingi specifiniai požymiai ar charakteristikos. Geografų Y. Tuanas ir T. Creswellas nuomone, *erdvė* yra kur kas abstraktesnė sąvoka negu *vieta*, ji susijusi su išorine ir geometrine erdve, o *terpė* suvokiama kaip speciali aplinka kam nors egzistuoti, reikštis ar vykti. Kasdieniniame gyvenime erdvė suvokiama intuityviai kaip veiksmo ir buvimo vieta¹², geometrinės sistemos pagrindas¹³. Erdvėje žmogus juda, identifikuoja formas, girdi garsus ir pan. Aplinkos paviršiaus formos, jos struktūros topologiniai ryšiai, žymimi orientyrais, padeda orientuotis bendroje erdvėje [12, 25, 28].

Dalis sąvokos aiškinimų būdingi ir architektūrai. Jie vienaip ar kitaip įtakoja erdvės suvokimą ir skatina nevienareikšmes diskusijas ar fokusuoja problemas tiek teoriniu (kaip į teorinėmis studijomis grindžiamą suvokimo ir įvaldymo procesų dalį), tiek ir praktiniu (orientuotu į erdvės atributus, kuriuos galima tirti struktūriniu, funkcinu ar tarpasmeniniu požiūriais) lygmeniu [12]. Erdvės samprata architektūroje išskirtinė. „Fizikui ji abstrakti ir beribė, visur esanti kategorija <...>, o architektui ji visada konkreti, tiksliai apibrėžta, pasižyminti trimatėmis dimensijomis, savo ribomis, apimtimis, organizacija visad pritaikyta žmogui“ [15, p.195]. Architektūroje ir kituose taikomuosiuose moksluose sąvoka *erdvė* dažnai tapatinama su sąvoka *aplinka*, nors ir čia randasi nemažai prieštaravimų, mat erdvė gali būti suvokiama kaip ribota trijų matavimų tuštuma, kurios formuoti negalima [7].

¹⁰ Nyksta ribos tarp išorės ir vidaus erdvių, pastato tūriai organiškai susilieja su terenu, vidinę statinio erdvinę struktūrą kerta pėsčiųjų pasažai [6].

¹¹ Nors gyvena trimatėje erdvėje, didžiausią informacijos dalį žmogus užrašo plokštumoje (pvz., tekstai, muzikos kūrinių natos, kalba-gramatika, net dalis architektūros eskizų ar brėžinių ir kt.). Tai, kad raštas XX a. pabaigoje siejamas ne su popieriaus lapu ar knyga, o su televizoriaus ar kompiuterio ekranu, tokį suvokimą tik dar labiau sustiprino. Architektūrinė erdvė vis dažniau tampa plokščiu planu, nors kompiuteris „išmoko“ imituoti trimatę ir judančią erdvę [6, 14, 26].

¹² Jei žmogus negali pasisavinti erdvės, kad ir laikinai, ji tampa neutralia erdve. Antropologas M. Auge įžvelgia tokių vietų plėtrą modernioje visuomenėje ir pavadina jas „ne vietomis“ (non-places). Tai kraštutinis erdvės be tapatumo ženklų pavyzdys, kaip pavyzdžiui, oro uostai [4].

¹³ Bendrąja prasme erdvė yra viena iš pagrindinių materijos buvimo formų, apibūdinanti jos tįsumą bei apimtį [7].

⁷ Todėl greit reaguojama į tam tikras išlikimui svarbias konfigūracijas.

⁸ Kuriami nauji architektūros principai, statomi „pastatai be sienų“. Fiziniai dalykai nebėra lemiantys, formos paklūsta ir emocijoms, ir praktiškumui, ir estetikai [12].

⁹ Ypatingas dėmesys skiriamas ne erdvei, o konstrukcinių sistemų tobulumui ir lakoniškų formų išbaigtumui, apdailos medžiagų ir statybos darbų kokybei [12].

Įprastai architektūros teorijoje erdvė suvokiama kaip kūrybinė, konkrečiomis plastinio meno savybėmis pasižyminti forma [24] arba kaip kultūrinė, žmogaus išgyvenama erdvė, kuri ne tik atspindi jo mąstyseną, bet ir yra jos formuojama [21]. Tai ir estetinė kategorija, kuri apibūdina architektūros priemonėmis dirbtinai sukurtos erdvės savybes [27] – „meninis sumanymas architekto transformuotoje ir visuomenės poreikiams pritaikytoje aplinkoje tampa „architektūrine erdve“ [6, p.57]. Taigi, sąvoka *erdvė architektūroje* arba *architektūrinė erdvė*¹⁴ nėra tik mechaninis sąvokų *erdvė* ir *architektūra* junginys.

Architektūros teorijoje erdvė yra ypatinga kategorija¹⁵ – kūrybiškai pakeista supančios aplinkos dalis, harmoningai suformuota materialinių ir nematerialinių elementų bei atliepanti funkcinių, emocijų-mėnių (vizualinių) ir informacinių (architektūrinio objekto) aspektą [19]. Jos nustatymui būtina istorinių epochų estetinės-filosofinės minties apie erdvę analizė [22].

Didelį indėlį į erdvės turinio suvokimo formavimą padarė Platonas. Jo mėginimas rasti ontologinį geometrinių objektų statusą, pirmą kartą vedė link geometrinės erdvės suvokimo – tam tikros terpės tarp idėjų ir jutiminio pasaulio. Architektūrinei Pitagoro-Platono tradicijų grįšto pasaulio suvokimo interpretacijai „tarnauja“ ir geometriniai architektūros pradmenys: aukso pjūvis (*golden ratio*), įvairios proporcijų ir geometrinių santykių teorijos ir pan. Viduramžiais pačiomis svarbiausiomis tapo tam tikros tvarkos (hierarchijos), tam tikro mąstymo ir suvokimo išlaikymas – dar Antikos laikais atrastos proporcijos kaip pagalbinė priemonė naudotos viduramžių architektūrai¹⁶. Renesansas tapo posūkio tašku architektūrinės erdvės suvokimo evoliucijoje Europoje. Jo metu išryškėjo susidomėjimas idealiomis antropomorfinėmis proporcijomis ir jų realiu įkūnijimu architektūroje. Vizualumas traktuotas kaip pagrindinis architektūrinės erdvės kokybės kriterijus: pirmą kartą erdvė pradėta modeliuoti atsižvelgiant į žiūrovą kaip pagrindinį erdvės suvokėją. Objektai mieste dažnai statyti geriausiai matomoje vietoje, iš visų pusių apsupti meniškai organizuotos architektūrinės erdvės. Išpopuliarėjo statiškumas statiniuose ir geometriškumas miestų planuose. Naujaisiais laikais daug dėmesio skirta judėjimo principams erdvėje suvokti¹⁷ ir vieningai erdvės bei statybos principų schemai įtvirtinti¹⁸. Tam, kad būtų aiškiai suvokta erdvė architektūroje, akcentuota dar Senovės Romos architekto, inžinieriaus Vitruvius mokslo veikale „De architectura“ (apie 15 m. pr.m. e.) išskirtų trijų pagrindinių archi-

tektūros savybių (stiprumas, nauda ir grožis) dermė¹⁹. Vėliau, pavyzdžiui, vadovaujantis klasikinės vokiečių filosofijos pradininko I.Kantas idėjomis, teigta, kad erdvė subjektui egzistuoja tik jo suvokimo metu. XIX a. psichologijai užėmus deramą vietą tarp kitų mokslų, architektūrinės erdvės projektavimas pradėtas derinti su psichologiniais jos suvokimo aspektais ar sampratomis (pvz., ekstraversija-intraversija, racionalumas-iracionalumas, funkcija-estetika, vidinis-išorinis, kairė-dešinė, aukšty-n-žemyn, tiesus-kreivas, silpnas-stiprus, pilnas-tuščias, chaosas-tvarka, ribotas-beribis, aiškus-neaiškus, primityvus-sudėtingas, statiškas-dinamiškas, aktyvus-pasyvus, kartu-atskirtas, didelis-mažas). Neretai miestas kaip gyvas organizmas buvo priešpastatomas žmogui: pradėtas „įdvasinimo“ procesas miestui suteikė kūną ir sielą („miesto dvasia“), bendrinę atmintį. Tad formavosi tokie miesto įvaizdžiai kaip „miestas-monstras“, „miestas-titanas“, „miestas-žudikas“. XX a. erdvė architektūroje traktuojama kaip savarankiškas elementas. Svarbu tapo ne tiek teisingai išdėstyti statinius ir erdvėje suformuoti idealią schemą, bet kiek suteikti tinkamas sąlygas žmogui veikti – architektūrinė erdvė traktuota kaip kasdieninio žmogaus gyvenimo erdvė, subjekto suvokiama kaip socialinės informacijos šaltinis, internalizuota vertybė ir asmeninės indentifikavimo faktorius [27, 28].

Iš esmės erdvei būdingos pločio, ilgio (gylio) ir aukščio dimensijos. Jos dėsningai reiškiasi kartu per formą, piešinį, proporcijas, mastelį, spalvą, faktūrą, apšvietimą, regimumą, akustiką ir kt. parametrus ar charakteristikas. Pavyzdžiui, pločiu, aukščiu ir gyliu gali būti apibrėžiama pagrindinė architektūrinio statinio formos erdvėje savybė – geometrinis vaizdas: jei du parametrai didesni už trečią, formuojasi plokštuminis vaizdas, jei vienas didesnis už kitus du – linijinis, jei visi trys vienodi – tūrinis charakteris. Tad architektūrinė erdvė tokia pat materialinė, kaip ir bet koks kitas žmogų supantis objektas, nors architektūros teorijoje neretai gali būti priskiriama būtent beformių objektų kategorijai [16].

Erdvė ribojama²⁰, perskirstoma ar kitaip skaidoma. „Erdvės paskirstymas – tai erdvių tarpusavio santykis (jų kontrolės, privatumo, gylio atžvilgiu, atitinkamai nusakant, kurios bus daugiau viešos, kurios daugiau privačios). <...> Paskirstymas erdvėje nusako kaip žmonės ir objektai bus lokalizuoti erdvėje, taip formuojant jų santykį. Erdvinis santykis tarp jų išreiškia ir nukreipia ir socialinių santykių prielaidas (izoliaciją, susidūrimą, prasilenkimą, kontrolę). Taip erdvė materializuoja, išreiškia socialinius santykius erdvėje (paskirstydama žmones pagal lytis, pagal statusus, pagal vaidmenis)“ [4].

Dėl įvairių fizinių, funkcinių ir kitų savybių dominavimo, erdvė architektūroje įgauna skirtingą tipiškumą. Ji gali būti įvardinama kaip objektų *talpykla* (tūris, rezervuaras, tuštuma) ar fizinių procesų veikimo laukas

¹⁴ Vienas pirmųjų šių sąvoką pavartojo šveicarų kilmės prancūzų architektas Le Corbusier.

¹⁵ Nors šiuolaikinėje architektūros teorijoje kartais įvardinama kaip antrinė, skirta kitų fenomenų aiškinimui [6].

¹⁶ Didžioji dalis scholastinės filosofijos principų buvo pritaikomi katedrų plastikoje. Gotikinių katedrų aukštis siekė 30-40 m, todėl būnant jų viduje žmogus jautė Dievo didingumą ir savo menkumą (interjeras svarbus tiek, kiek susijęs su kulto kultūra, todėl dažnai jis ne žmogiško, o dieviško mastelio) [12].

¹⁷ Tobuliausiu laikytas linijinis judėjimas, o ne judėjimas ratu [27].

¹⁸ Pagal R. Descartesas: įmanoma pavaizduoti ir pažymėti pasaulyje viską vienintelės sistemos pagalba [27].

¹⁹ Pirmą kartą grožis analizuotas kaip vienas iš architektūros aspektų, greta stiprumo ir naudos (funkcionalumo) [27].

²⁰ Anot vieno miesto sociologijos pradininkų ir sociologijos klasiko G. Simmelas nuomone, riba yra erdvėje išreikštas socialinis faktas [4].

(pvz., aikštė), kaip geometrinė ar tipologinė *struktūra* (objektų, patalpų ar teritorijų (zonų) tarpusavio ryšiai ir racionalus funkcinis jų panaudojimas, judėjimas skirtingomis kryptimis), ar kaip *vaizdas* (metaforiškai ir asociatyvūs vaizdiniai, su kuriais susijusi grafika, fotografija ar kinematografija) [16, 21, 22]. Architektūroje susiformuoja tokie erdvių modeliai kaip erdvė erdvėje²¹, susiliejančios (persidengiančios) erdvės²², gretimoms erdvėms²³ bei erdvės, susietos bendra erdve²⁴.

Architektūrinė erdvė organizuojama ją apribojant ar „uždarant“ (pvz., vienuolyno vidinis kiemas, namais apstatyta aikštė, vidinės pastato erdvės) arba ją „atveriant“ (pvz., monumentas atviroje aikštėje, namas peizažiniame parke), komponuojant šiuos būdus tarpusavyje [17]. Vienas pagrindinių erdvės planavimo būdų, simbolizuojantis dinamiką ir tęstinumą – *linijinis*. Pagal aiškią kompozicinę ašį aiškiu kryptingumu išdėstomos panašių formų ir dydžių erdvės arba vientisa erdvė funkciškai skaidoma į mažesnes erdves (pvz., Le Corbusier. *Tipinis gyvenamasis namas* Marselyje (1946-1952); F. L. Wrightas. *Marcus namas* Teksase (1935); F. L. Wrightas. *Luiso Loido namas* Ilinojuje (1940); A. Aalto. *Beker namas* Masačiusetse (1948); kt.) [6, 16].

Siekiant nustatyti pagrindinį tašką erdvėje, užbaigti kompozicijos ašis, fokusuoti elementus erdvės lauke ar statinio tūryje, taikomas *centrinis* planavimas (tiek statinio viduje, tiek tarp kelių statinių). Priklausomai nuo patalpų svarbos, funkcionalumo ar paskirties pagal vieną, paprastai taisyklingos formos uždara centrinę erdvę, išdėstomos kitos erdvės. Centrinė erdvė dažniausiai didesnė, kad taptų dominante kitų erdvių atžvilgiu (pvz., *Romos Panteonas* (apie 125 m.); Leonardo. *Ideališiosios bažnyčios* (apie 1490 m.); D. Bramante. *Šv. Petro bazilika* Vatikane (1503); Vignola. *Farneze vila* Kaparoloje (1547-1549); A. Palladio. *Vila Rotonda* Vičencijoje (1552-1567); F. Barrominis. *Šv. Ivo Sapiensos bažnyčia* Romoje (1642-1650); F. L. Wrightas. *Gugenheimo muziejus* Niujorke (1937), kt.) [6, 16].

Linijinio ir centrinio erdvių organizavimo architektūroje elementus ir principus apima *spindulinis* planavimas: iš dominuojančios, dažniausiai taisyklingos formos, centro erdvės kaip spinduliai išeina linijinės struktūros (pvz., R. Neutra. *Kaufmano užmiesčio namas* Kalifornijoje (1946); W. U. Griffinas. *Kanberos miesto planas* Australijoje (1911); F. Gehry. *Gugenheimo muziejus* Bilbao (1997); kt.) [6, 16].

²¹ Mažesnė (vidinė) erdvė didesnėje (išorinėje) erdvėje (pvz., megaronas). Vidinė erdvė nuo išorinės gali skirtis forma bei pasukimo kampu, taip sustiprinant jos savarankiškumą ir erdvės dinamikos išpūdį [16].

²² Susikirtus dviem erdviniams laukams, atskiros erdvės išsaugo savo ribas ir individualumą (savarankiškumą), tačiau susiformuoja bendra erdvinė zona. Ji gali priklausyti abiem erdvėms, tapti vienos iš erdvių sudėtinė dalimi arba savarankiška erdve, jungiančia kitas erdves [6, 16].

²³ Kiekviena gretimai esanti erdvė išsaugo savo ribas ir atliepa savo paskirtį. Vizualinio ir erdvinio susiliejimo lygis priklauso nuo plokštumos, kuri tas erdves skiria ar vienija [16].

²⁴ Dvi erdvės, išsidėsčiusios viena nuo kitos tam tikru atstumu, gali būti vienijamos trečios erdvės. Vizualiniai ir erdviniai santykiai tarp jų priklauso nuo trečiosios erdvės charakterio. Kai visos trys erdvės vienodos formos ir dydžio, formuojasi linijinis erdvinis sprendinys. Esant dviem netaisyklingoms erdvėms, tarp jų esanti erdvė taip pat formuojama netaisyklinga [16].

Taikant *grupinį* erdvių architektūroje organizavimo būdą, turinčios panašias funkcijas ir vizualines charakteristikas erdvės grupuojamos lanksčiai, vystant idėją ir siejant jas kompozicine derme. Norint kompozicijoje išskirti reikšmingesnes erdves ar jų grupes, atskiros erdvės jungiamos pagal pasirinktą ašį arba taikant simetrijos principą (pvz., *Knoso rūmai* Kretoje (apie 1500 m. pr.m.e.); F. Barrominis. *Šv. Karolio prie keturių fontanų bažnyčia* Romoje (1634-1667); J. Soane. *Gyvenamasis namas* Londone (1812-1834); J. Soane. *Anglijos bankas* Londone (1788-1833); F. L. Wrightas. *Kaufmano namas* Pensilvanijoje (1936-1937); kt.) [6, 16].

Tinkliniu būdu planuojamos erdvės pasižymi aiškiu erdvinio išdėstymu ir tolygumu, jos gali egzistuoti ir kaip savarankiškos, ir kaip modulinio tinklo struktūros dalis: swardžius vieną ar kitą ląstelę, pats tinkelis iš esmės nenukenčia (pvz., *Ramzio II šventykla* Abu Simbel (1301-1235 m. pr. m. e.); J. Paxtonas. *Krištolo rūmai* Londone (1851); L. M. van der Rohe. *Ilinojaus technologijos instituto biblioteka* (1942-1943); kt.) [6, 16].

Modifikuojant bendrąją erdvę ir vykdant kompleksinius architektūrinius erdvinis sprendinius urbanizuotoje teritorijoje, siekiama funkciškai organizuoti gyvybiškai svarbius, kasdieninius procesus ir juos valdyti funkcinėmis-erdvinėmis priemonėmis, racionalizuoti veiklą ir struktūrizuoti erdvę, sukurti ekologišką, sveiką terpę, išreikšti kultūrinius-istorinius idealus ir estetinę harmonizaciją [28].

Architektūrinės erdvės suvokimo problematiškumo aspektai. Pagrindinės erdvės suvokimo architektūroje koncepcijos

Architektūrinės erdvės suvokimas yra sudėtingas, daugialypis ir daugiapakopis procesas. Jis susijęs su suvokėjo motorinių judesių transformacijomis, regos vystymusi, gebėjimu mąstyti, garsiniu, lytėjimo, uoslės ir kitu būdu. Praktinis erdvės pažinimas atsiskleidžiančia realioje gyvenimo situacijose, grindžiamas žmogaus patirtimi ir remiasi jo asmeniniu santykiu su erdve – taip objektas tampa ne statišku sustingusiu konstruktui, o kintančia visuma. Erdvę architektūroje žmogus vertina pagal sukauptą patirtį (ir išlikusius prisiminimus), asmeninius interesus, vidinę kultūrą ir estetines nuostatas²⁵, socialinį statusą, laikmečio kultūrinius, religinius, socialinius, politinius ar kitus specifinius kriterijus²⁶. Galiausiai tą erdvės vertinimą ir suvokimą įtakoja klimatas, gamtinė aplinka²⁷, teritorijos

²⁵ Žmogaus akis, besimėgaujanti estetiniu vaizdu, priima ne tuštumą ar struktūros sudėtingumą, o vertina formų išraiškumą ir turtingumą, pilnatvę ir aiškiai išreikštą elementų prasmingumą. Miesto erdvė įtakoja estetinį žmogaus suvokimą, todėl šiuolaikiniams miestams būtinos estetiškos formos ir objektai [20].

²⁶ Vertinimo kriterijai ir suvokimas gali kisti keičiantis objekto paskirčiai, laikmečiui ir pan. Tam tikru istoriniu laiku sukurta erdvė atitinka to meto idėjas, o joms keičiantis yra transformuojama ar ima varžyti, kelti klausimus (pvz., kaip miegamieji daugiabučių rajonai posocialistiniuose miestuose) [4, 6].

²⁷ Skirtingose epochose, klimatinėse juostuose, ten, kur klestėjo skirtingos architektūros mokyklos, religijos ir kultūros, vidinė architektūrinė erdvė suvokta skirtingai ir užėmė tai svarbesnę, tai menkesnę vietą [12].

mastelis²⁸, visuomenės charakteris ir kita²⁹. Praktiniai erdvės pažinimo būdai vystosi lėtai, tam tikrais gyvenimo laikotarpiais papildydami vieni kitus [6, 11, 12, 16]. Taigi, kompleksiskame erdvės ir jos naudotojų santykiuose susisieja „fizinės erdvės savybės (autorius intencija ir struktūros poveikis), erdvinė patirtis (apimanti tiek fizinį patyrimą, tiek prasmę, estetinę patirtį ir socialinių santykių režisūrą), kintanti erdvės prasmė, jos vaidmuo socialiniame – istoriniame kontekste (tiek simboliškai, tiek materialiai)“ [4].

Šiuolaikinis architektūrinės erdvės suvokimas susijęs su kasdieninės veiklos ir pojūčių konkrečioje erdvėje suvokimu. Tačiau prancūzų filosofo P. Virillio nuomone, menksta ir šiuolaikinio žmogaus subjektyvumas: šiandien jis gyvena ne pagal biologinį, o pagal technologinį laiką, kuriame erdvė išnyksta [14]. Reikšmingą įtaką šiuolaikinės architektūros erdvės suvokimui daro ne tik kompozicijos dėsnių pažinimas, stilistinės raidos suvokimas ir kultūrinės bei socialinės aplinkos poveikio įvertinimas, bet ir netiesioginiai erdvės vaizdiniai: žemėlapiai, fotografijos, kinas, televizija [12]. Pasitelkiamos ir modernios technologijos bei priemonės: nuo mikroskopų ir teleskopų iki judėjimo erdvėje paspartinimo ar erdvės simuliacijos analoginiu ar skaitmeniniu metodu [11]. „Sensus ir žmogiškus potyrius vis labiau išstumia vaizdinės technologijos, kur stebėtojas praranda nuotolio pojūtį „virtualios realybės“ pasaulyje. <...> Naujausios vaizdinės technologijos skatina suvokti pasaulį tik kaip atvaizdą ekrane, net save traktuoti kaip vaizdą, o ne kaip individualybę <...>. Naudojant naujusias vaizdines technologijas visuomeninė erdvė vis dažniau tampa milžiniškomis filmų dekoracijomis“ [14, p.34], o statiniai, ypač tokie kaip architektūros šedevrai, – fonu „asmenukėms“ (*selfie*). Elgiamasi erdvėje habitualizuotai, tad ir erdvė priimama kaip „savaimė suprantama“ [4] – ir tai ne architekto, o architektūrinės erdvės suvokėjo problema.

Nuo XIX a. pagrindiniu architektūrinės erdvės suvokimo būdu išlieka vizualinis, stebėtojo-naudotojo suvokimas, kuris itin glaudžiai susijęs su žmogaus fiziologinėmis³⁰ ir psichologinėmis³¹ savybėmis [15, 18].

²⁸ Plačių horizontų ir lygumų kraštuose dominuoja atviros erdvės, Europos miestuose – uždaros lokaliai erdvės, kadangi priimtinesnės vietinių gyventojų prigimčiai, geriau priimamos ir labiau suvokiamos [6].

²⁹ Jei erdvė suvokiama per formas, jų padėtis erdvėje nustatoma lyginant su savo padėtimi, su vidutiniu žmogaus ūgiu ir kitomis susijusiomis formomis, kt.

³⁰ Pvz., siauroje gatvėje ar pėsčiųjų pasaže esantis vaizdas aprėpiamas vienu žvilgsniu, matoma perspektyva suvokiama kaip visuma. Tuo tarpu būnant aikštėje ar judant transporto magistrale, matomi vaizdai aprėpiami fragmentiškai, erdvė dalijasi į kelias lygiagrečias išdėstytas dalis [6]. Žmogaus akis nesugeba atskirti erdvės deformacijų, kai nuokrypis nuo stataus kampo mažesnis nei 5°, todėl atviros rombo ar trapecijos erdvės gali būti priimamos kaip taisyklingos, stačiakampės [15]. Kai fasado aukštis lygus atstumui iki jo, matomas jo viršus 45° laipsnių kampu (žmogus jaučiasi esąs uždaroje erdvėje). Kai fasado aukštis lygus pusei atstumo iki jo, matomas jo viršus 30° laipsnių kampu (mažiausia riba, kuomet dar jaučiamas erdvės uždaramas). Kai fasado aukštis lygus vienai trečiajai atstumo iki jo, matomas jo viršus 18° laipsnių kampu (pradedama dominuoti ne erdvė, o tūris). Kai matomas jo viršus 14° laipsnių kampu, erdvė netenka savo uždaramo.

³¹ Erdvė gali būti suvokiama ir patologiškai jų bijant (pvz., kaip atviros erdvės baimė (agorafobija), dangaus erdvės baimė (astrofobija), tuščios erdvės baimė (ksenofobija), uždaru patalpų baimė (apsuptos erdvės baimė).

Erdvė architektūroje gali būti suvokiama keliarūpi – kaip statinio vidinė erdvė, atviros architektūrinės erdvės ar gamtos erdvės, o pagal formuojamą erdvinę aplinką – kaip pastatų arba tūrinė architektūra, interjero įranga, kraštovaizdžio architektūra, smulkioji architektūra bei urbanistika [1, 5, 15]. „Kiekviena erdvės kategorija turi skirtingus įvaldymo, apipavidalinimo, formavimo būdus, taip pat gali būti žmogaus savitai suvokta“ [15, p.195]. Erdvė, anot architekto, architektūros teoretiko ir kritiko, menotyrininko A. Rappaportas, gali būti suvokiama ir kaip *reali* (vyksta įvairūs procesai ne žmogaus sąmonėje), *perceptinė* (reali erdvė, atspindima žmogaus sąmonės, suvokiama atsižvelgiant į tiesiogiai jutiminę patirtį)³² ir kaip *konceptuali* (ideali, protu suvokiama abstrakčių modelių), analizuojama morfologiniu, simboliniu ir fenomenologiniu būdu. Šie architektūrinės erdvės suvokimo būdai vienas kita papildomi, nors daugelyje jų dominuoja ne visos, o tik viena ar dvi formos.

Morfologinis architektūrinės erdvės suvokimo būdas yra kone pagrindinė mokslinio suvokimo forma, suteikianti tikslias, vienareikšmes, nepriklausančias nuo subjektyvaus vertinimo ar sąlyginio suvokimo žinias. Tai erdvinį parametrinių savybių apibūdinimas, efektyvių funkcinių-planinių struktūrų³³ ir erdvinį formų analizė bei kūrimas: dėl urbanizacijos proceso susiformavusi didelė apgyvendinimo ir pramonės koncentracija vienoje teritorijoje skatina architektus ieškoti efektyvesnių ir įvairesnių struktūrų erdvei išnaudoti bei formuoti. Populiarija daugiaaukštė ir požeminė statyba, kuriamos daugialygės megastruktūros ir pagalbiniai mechanizmai, rengiami eksperimentiniai projektai. Kuriant naujas funkcines planines struktūras pasiekiami skirtingo elementų erdvinio išdėstymo, išgryninami nauji erdvės suvokimo aspektai [21, 22].

Erdvė architektūroje gali būti suvokiama ir *simboliniu* būdu³⁴, mat tas pats parametras skirtingose epochose, kultūrose ar religijose gali būti suvokiamas ir aiškinamas skirtingai, turėti nevienodą paskirtį. Architektūrinės erdvės simbolika ryški tų architektų projektuose, kuriuose simbolizmas suvokiamas kaip kūrybinis metodas (pvz., E. Mendelsohnas, V. Tatlinas, L. Kahnas, K. Tange), o erdvinėms formoms, įkūnytomis architektūrinuose objektuose, priskiriama tam tikra kosmogoninė ar kitokia simbolinė reikšmė. Nagrinėjami ne tik materialūs fiziniai simboliai, bet ir objektų tarpusavio ryšiai. Atsižvelgiant į tyrinėjimų

³² Jai priskiriama ir architektūra.

³³ Planavimo struktūrų tipai: *statiškos* (būdingos ankstyviesiems miestams; vaizduojamos simetriškais geometrinėmis formomis kaip kryžius, apskritimas, kvadratas, kt., miestams plečiantis dėl statiškumo sukuria disfunkciją), *lanksčios* (dinamiškos struktūros, dažniausiai išdėstomos linijiniu principu ir besiplėtojančios kryptingai pagal dominuojančią ašį), *pusiau lanksčios* (kompromisas tarp lanksčių ir statiškų struktūrų) [21, 22].

³⁴ Didžiausią įtaką simbolistiniam erdvės suvokimui padarė tyrinėjimai kultūros filosofijos, etnografijos ir struktūrinės poezijos srityse. Erdvinių formų simbolistinis suvokimas išpopuliarėjo ir menotyroje (pvz., 1927 m. E. Panofsky publikavo knygą „Perspektyva – kaip simbolinė forma“, kur pateikė savo įžvalgas ir pasiūlė simbolistines interpretacijas) [21].

rezultatus, iškelta ir architektūrinės erdvės kūrimo semiotikos problema: sudėtinga tyrinėti architektūrinės erdvės sintaksę, nes architektūroje sintaksės struktūros formuojamos ne linijiniu principu, o keliuose matavimuose. Architektūrinės erdvės sintaksės daugiaplaniškumo ir linijinio mąstymo susidūrimas tampa viena įdomesnių architektūrinės erdvės problemų [21, 22].

Architektūrinės erdvės *fenomenologija* remiasi psichologinės, filosofinės fenomenologijos darbais, ypač skirtais žmonių kasdieninei erdvės savivokai ir išgyvenimo ypatumams atskleisti (G. Bachelardas, M. Heideggeris, O. F. Bollnowas). Fenomenologinių architektūrinės erdvės įvaizdžių išskirtinumas – neapibrėžtumas. Kaip teigia D. Seamonsas, fenomenologiniu požiūriu pastatas yra patirčių, veiksmų, situacijų įvykių visuma, kurią kuria jį naudojantys individai ir grupės [4]. Erdvės suvokimas neretai traktuojamas kaip aktyvus mąstymo procesas, kurio metu sąmonė atrenka regimą medžiagą ir priskiria ją konkrečiam pastovių formų arba schemų rinkiniui – jis saugomas žmogaus atmintyje ir užtikrina orientaciją erdvėje. A. Rappaportas siūlo pakopinį erdvės suvokimo modelį: vaizdinė medžiaga apdorojama palaipsniui ją filtruojant konkrečią reikšminių formų programą turinčiais filtrais. R. Arnheimas bei V. Zinchenko darbuose nagrinėjamos schemas, nusakančios erdvės suvokimo formas ir jų tarpusavio sąveiką, atskleidžiančios ryšį tarp aktyvių erdvinės vaizduotės tipų, konstruojančių ir atvaizduojančių erdvinį vaizdą. Architektūrinės erdvės suvokimo psichologiniai aspektai dažnai naudojami architektūrinių sprendinių, kuriuos galima analizuoti ir klasikinės architektūrinės-kompozicinės analizės metodu, kritikai. Psichologija gali būti naudinga ir formuojant ar nustatant labiau humaniškas erdvinės formas nei stereotipinis projektavimas [21, 22].

Nepaisant plataus šių erdvės architektūroje suvokimo būdų paplitimo, jų taikymas prieštaringas ir komplikuotas. Suprasti tokį kompleksiską naudotojų ir erdvės santykį neretai padeda H. Lefebvre siūloma trilypė erdvės dialektika: erdvė suvokiama kaip *sugalvota* (erdvės reprezentacija, išreiškianti kūrėjų vizijas, formuojanti santykius ir judėjimo būdus nuo srautų erdvėje iki epochos ideologijos³⁵, analizuojama reprezentacijos, plano, erdvės estetikos ir kitomis dimensijomis), *suprasta* (erdvinė praktika) ir *išgyventa* (reprezentacinė erdvė) [4, 21]. Erdvės suvokimo sintezė galima *objekto sintezės* (erdvinių pavidalų įvairovė susijusi su konkrečiu ar abstrakčiu, tipologinio architektūrinio objekto apibūdinimu) ir *minčių sintezės* (vienija įvairias erdvės suvokimo formas architektūros teorijoje) būdu [21].

Erdvės architektūroje suvokimui svarbūs ir praktiniai aspektai, ir teoriniai apibendrinimai. Kadangi praktiniai erdvės architektūroje aspektai labiausiai susiję su erdvės kūrėjo-suvokėjo-naudotojo fiziologinėmis ir psichologinėmis savybėmis, problematiškumas dažniausiai apibūdinamas erdvės architektūroje suvo-

kimo kokybę iškreipiančiais funkcinio architektūrinės erdvės organizavimo pažeidimais: kai pažeidžiamas aiškus erdvės zonavimas ir ryšiai, keliai vedantys link konkrečios vietos gali persikirsti, taip sudubliuodami erdvėje vykstančius procesus, arba vesti į niekur, arba tiesiog nutrūkti – iki galo neišspręstas klausimas „tikslas-priemonė-rezultatas“ veda link psichologinio nestabilumo ar sutrikimų ir pan. [28].

Teoriniuose apibendrinimuose labiausiai išryškėja erdvės architektūroje problematikos esmė bei dualumas. Vakarų architektūroje, priešingai nei Rytų, erdvės problematika pakankamai nauja – iki XIX a. europietiškuose architektūros tekstuose terminas *erdvė* faktiškai net nesutinkamas. Tuo tarpu dabar *erdvė* yra viena iš svarbiausių šiuolaikinės architektūros teorijos sąvokų ir problemų. Architektūros teorijoje diskutuojama ne tik sąvokų vartojimo, jų turinio, architektūrinės erdvės kūrimo semiotikos ir interpretacijos, bet ir suvokėjo vaidmens³⁶, erdvės ir formos dermės, tūrio ir tuštumos tarpusavio sąveikos, architektūrinių objektų atstumo ir nuošalumo suvokimo, lauko, kuriame juda žmogus ir aplinkos tarpusavio ryšių, erdvės ribų ar jos tapatumo architektūroje bei kitais klausimais. Kaip teigia meno istorikas E. H. Gombrichas, pasikeitus žmogaus būsenai, pasikeičia ir jo reakcijos į supančią aplinką, vadinasi, net ir tą pačią aplinką bei erdvę, žmogus kaskart gali suvokti ir interpretuoti vis kitaip [14]. Architektūrinės erdvės problematikos svarba nusakoma gebėjimu įveikti architektūrinius stereotipus ir architektūrinės minties ribotumą, būtinybe didinti erdvės naudojimo architektūroje efektyvumą: kurti naujas erdvinės konstrukcijas bei lankstesnes planines struktūras, apimančias vis didesnes teritorijas [12, 16, 21, 22].

Teoriniai ir metodologiniai architektūrinio mąstymo analizės, kurioje būtų nagrinėjamos įvairialypių erdvės suvokimo sampratų sintezės formos ir suvokimo problematika, pagrindai šiuo metu dar tik pradami kloti. Parengti teoriniai veikalai skirstomi į dvi pagrindines grupes: *architektūrinės koncepcijos* (pvz., A. Markollis ir J. Roisekko, Cr. Norberg-Schulzas, F. Budonas) ir *kitų sričių teoriniai veikalai*, kuriuose nagrinėjama problematika, susijusi su architektūrine erdve (pvz., E. Hallas, P. Haggettas). Pirmuose architektūros teorijos darbuose su erdvės problematika sieti proporcijų ir perspektyvos analizės, architektūrinių brėžinių sudarymo, statinio ir miesto planavimo parametriniai klausimai. Švietėjų G. E. Lessingo, D. Dideroto darbuose išskirti laiko ir erdvės menai, nors toks skirstymas akivaizdžiai buvo schematiškas ir neįvertino laiko bei erdvės kategorijų realistiškumo. Erdvės ir formos koncepcijos jungtos ir į konkrečius vaizdinius (pvz., fontanas, piramidė, arka, kolona). Tolesnė architektūrinės erdvės koncepcijos plėtotė išsiskyrė reikšmingu erdvės kaip pilnavertės išraiškos formos vertinimu, materializuojant dvasines žmogaus kultūros vertybes [6, 21].

Pirmas erdvės suvokimo vystymo teorinėje prak-

³⁵ Įvairūs planai, žemėlapiai, maketai, architektūros stiliai.

³⁶ Dėl to, kad subjektyvus vertinimas dažnai neteisingas dėl naujų patirčių dinamikos ir specifinių atminties aspektų (pvz., užmaršumo) [12].

tikoje etapas susijęs su XIX–XX a. menotyrininkų H. Wölfflinas, A. Brinkmanas ir kt. darbais, kuriuose vienu pagrindinių elementų, be linijos, šviesos ir spalvos, buvo pripažįstama erdvė. Nuo XIX a. prasidėję architektūros tyrinėjimai labiausiai buvo orientuoti į vizualinio architektūros suvokimo specifikos ir vizualinių charakteristikų analizę. Architektūrinės erdvės kaip kultūros formos, atspindinčios laikmečio dvasią, interpretacija ryškų kūrybinį charakterį įgavo antrame etape. Architektai, susivieniję į grupuotes ar mokyklas (pvz., funkcionalistai, futuristai, kubistai, ekspresionistai ir pan.) ieškojo būdų sukurti erdvinę formą, gebančią atspindėti skirtingas tuometinio gyvenimo puses ir suvokti joje atspindinčius urbanistinius bei techninius kultūros aspektus. Pavyzdžiui, funkcionalistų teorinėse koncepcijose erdvės organizavimas suvoktas kaip sociotechninė priemonė utilitariniam-techniniam kūrybinių ir buitinių procesų organizavimui. Trečiame etape (apie 1930–1950 m.) didžiausias dėmesys skirtas moksliniams empiriniams tyrinėjimams: apgyvendinimo, urbanizacijos, gyvenamojo būsto ir aptarnavimo sociologijos. Išskirtinis dėmesys teko architektūrinės erdvės suvokimo problematikai, mat architektai pradėjo intensyviai gilintis į mokslines teorijas apie erdvę, diskutavo apie profesionalaus architekto mąstymą. Erdvės kategorija tapo patraukli dėl daugelio skirtingų sričių žinių sintezės. Sudėtingų erdvinių formų paieškos fiksuojamos ir L. Kahno, R. Venturi ir kitų architektų kompozicijose bei teoriniuose darbuose. Daug sudėtingesnių sintetinių erdvės suvokimo formų paieška charakterizuoja ketvirtąjį architektūrinės erdvės suvokimo etapą (apie 1960–1970 m.). Architektūrinę erdvę aktyviai pradėjęs tyrinėti A. Rappaportas išskiria *realią, percepcinę ir konceptualią* erdvę. Jis analizuoja erdvės morfologiją, fenomenologiją ir simboliką, kas tradiciškai architektūros teorijoje paprastai labiau sieta su architektūrine forma, jos pavidalu ir reikšme. Analizuodamas miesto erdvinę planinę struktūrą, A. Rappaportas išplečia architektūrinės erdvės sampratą. Be *erdvės-talpyklos*, išskyrė *erdvę-izoliatorių*, suvokiamą kaip erdvinę ribą, ir *erdvę-komunikatorių*, kaip erdvę, tarnaujančią kaip savotiškas portalas [22, 23].

XX a. pabaigoje architektūros teorijoje išsiskyrė tokios erdvės suvokimo koncepcijos kaip Ch. Jacksono³⁷ ir P. Eisenmano: Ch. Jacksono architektūrinėje erdvės koncepcijoje ryškus erdvės uždarumo principo neigimas, savotiškas lakoniškumas ir sudėtingumo architektūroje išskyrimas (kuo architektūra sudėtingesnė, tuo įdomesnė): kuriant būtina naudoti metaforas, dviprasmiškumą ir ironiją, sąmoningą sudėtingumą ir pan. Architektūrinė erdvė (ir erdvinė forma) P. Eisenmano koncepcijoje dar labiau atsietą nuo konkretumo: ji skelbia apie struktūros nebuvimą, nekonkretumą, kylantį iš atotrūkio nuo realybės, ir išreiškiamą dualizmu, objekto kaip teksto³⁸ traktavimu, trumpalaikišku-

mu ar buvimu kažkieno sudėtine dalimi. Architektūra suvokiama kaip kritinis menas, skirtas sukelti abejones dėl tradicijų ir pastovumo. Jos unikalumas slypi tame, kad ji turi sukurti erdves, kurios tuo pačiu metu tose erdvėse ir paskęstų, su jomis susimaišytų. Atsižvelgiant į erdvės koncepcijų evoliucijos analizę, XX a. pabaigoje – XXI a. pradžioje išsiskiria aiški savybė – architektūrinės erdvės suvokimo dinamika [23].

Apibendrinimas

Nors dar XIX a. teoriniuose veikaluose apie erdvę faktiškai nekalbėta, jos suvokimo klausimui tapus vienu svarbiausių architektūros teorijoje šiandien, veikalų apie erdvės suvokimą vis dar negausu. Tebegryninamos pagrindinės idėjos, formuluojamos koncepcijos, iš naujo apmąstomi architektūrinės erdvės tyrinėjimo rezultatai. Šiuolaikinėse teorinėse koncepcijose suaktualintas erdvės sampratos daugiaspektiškumas, įvairialypis erdvės turinio suvokimo ir skirtingų architektūrinės erdvės suvokimo formų vidinių ryšių problematiškumas. Erdvės suvokimas grindžiamas žmogaus patirtimi, jo asmeniniu santykiu su erdve, vidine kultūra ir estetinėmis nuostatomis. Jis įtakojamas laikmečio kultūrinių, religinių, socialinių, politinių ar kitų specifinių kriterijų, gamtinės ir urbanistinės aplinkos, teritorijos specifikos ir pan. Architektūroje atsisakant tradicinio elementų komponavimo metodo, erdvių kaitą įtakoja menamos vizualios ašys, apžvalgos taškų dislokacija, o pati erdvė dėl ekonominės naudos neretai ignoruojama arba virsta dvimate. Erdvė šiuolaikinėje architektūros teorijoje suvokiama kaip viena pagrindinių profesionalaus architektūrinio mąstymo reikšmių, analizuojama morfologiniu, simboliniu ir fenomenologiniu aspektu. Architektūrinės erdvės problematikos svarba nusakoma gebėjimu įveikti architektūrinius stereotipus ir architektūrinės minties ribotumą, būtinybe kurti naujas erdvines konstrukcijas, didinti erdvės naudojimo architektūroje efektyvumą.

Literatūra

1. *Architektūra* [Žiūrėta 2016 m. sausio 12 d.]. Prieiga per internetą: < <https://lt.wikipedia.org/wiki/Architekt%C5%ABra>
2. Balmond, C. Deep Structure. In: *Deep Structure in Architecture and Urbanism*: November 2006 Special Issue. ISBN: 490021163X.
3. Čepaitis, P. *Algoritmė architektūra* [Žiūrėta 2016 m. sausio 23 d.]. Prieiga per internetą: < <http://www.bernardinai.lt/straipsnis/2012-12-27-povilas-cepaitis-algoritmė-architektura/92785>
4. Čiupailaitė, D. *Architektūra kaip socialinė erdvė, arba sociologė žvelgia į architektūrą* [Žiūrėta 2016 m. kovo 7 d.]. Prieiga per internetą: < <http://archmuziejus.lt/lt/architektura-kaip-socialine-erdve-arba-sociologė-zvelgia-i-architektura/>

³⁷ Jis pirmą kartą pavartojo tokias sąvokas kaip *nelinijinė architektūra* arba „skysti“ statiniai, atspindinčias dinaminį naujos erdvinės formos charakterį.

³⁸ Tekstas gali būti suvokiamas kaip architekto dialogas su architektūros

vartotoju, kaip minčių lauko transformacija.

5. *Dailės žodynas*. Vilnius : Vilniaus dailės akademijos leidykla, 1999. ISBN: 9986571448.
6. *Forma architektūroje* : [vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams] / Edmundas Stasiulis. Vilnius : Vilniaus dailės akademijos leidykla, 2010. ISBN: 9789955854838.
7. *Lietuvių kalbos žodynas* : elektroninis variantas. Vilnius : Lietuvių kalbos institutas, 2008. ISBN: 9986-668-98-0. Prieiga per internetą: < www.lkz.lt
8. *Lietuvos Respublikos architektūros politikos krupčių aprašas* [Žiūrėta 2016 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: < http://www.realierdve.lt/index.php?option=com_content&view=article&id=203
9. *Miestas* [Žiūrėta 2015 m. spalio 8 d.]. Prieiga per internetą: < <https://lt.wikipedia.org/wiki/Miestas>
10. *Miesto kraštovaizdžio architektūros raida ir teorijos pagrindai* [T.1]. Vilnius : Technika, 2008. ISBN: 9789955283690.
11. *Perception in Architecture*. Cambridge Scholars Publishing, 2015. ISBN: 9781443872560.
12. Plungė, R. *Erdvės ir laiko dimensijos sampratos pokyčiai šiuolaikiniuose sociokultūriniuose kontekstuose: teorinės įžvalgos ir modeliai* [Žiūrėta 2016 m. balandžio 2 d.]. Prieiga per internetą: < http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:J.04~2012~ISSN_1822-4555.N_8.PG_6-22/DS.002.0.01.ARTIC
13. Schumacher, P. *Parametricism – A New Global Style for Architecture and Urban Design in Architectural Design* [Žiūrėta 2016 m. kovo 1 d.]. Prieiga per internetą: < <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20-%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html>
14. Uogintas, A. *Erdvės suvokimo problemos*. Šiauliai : Šiaulių universiteto leidykla, 2003. ISBN: 9986384265.
15. Vanagas, J. *Miesto teorija*. Vilnius : Vilniaus dailės akademijos leidykla, 2003. ISBN: 9986571855.
16. *Архитектура: форма, пространство, композиция* / Франсис Д. К. Чинь. АСТ : Астрель, 2010. ISBN: 9785271267185.
17. *Архитектура пространства* [Žiūrėta 2016 m. balandžio 18 d.]. Prieiga per internetą: < <http://architecture.artyx.ru/books/item/f00/s00/z0000004/st079.shtml>
18. Виноградова, Е. И. *К проблеме изучения восприятия внутреннего жилого архитектурного пространства* [žiūrėta 2016 m. balandžio 21 d.]. Prieiga per internetą: < http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz26_pril/27/template_article-ar=K01-20-k7.htm
19. *Восприятие архитектурного пространства и архитектурной среды в современной архитектуре* [žiūrėta 2016 m. balandžio 18 d.]. Prieiga per internetą: < http://archvuz.ru/2008_3/1
20. Германова, Е. Н.; Жахова; И. Г. *Эстетическое восприятие архитектурных форм человеком* [Žiūrėta 2016 m. balandžio 24 d.]. Prieiga per internetą: < [http://sibac.info/archive/guman/9\(24\).pdf](http://sibac.info/archive/guman/9(24).pdf)
21. *Концепции архитектурного пространства* [Žiūrėta 2016 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: < http://papardes.blogspot.lt/2009/11/blog-post_28.html
22. Лапшина, Е. Г. *Анализ пространственных концепций в архитектуре XX века* [Žiūrėta 2016 m. balandžio 25 d.]. Prieiga per internetą: < http://archvuz.ru/2014_1/2
23. Лапшина, Е. Г. *Отличительное свойство современной архитектуры*. [Žiūrėta 2016 m. balandžio 25 d.]. Prieiga per internetą: < <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51378>
24. Петухова, Г. Ф. *Синтез массы и пространства в архитектуре, как проблема* [Žiūrėta 2016 m. balandžio 25 d.]. Prieiga per internetą: < http://librar.org.ua/sections_load.php?s=art&id=904
25. *Пространство и архитектура* [Žiūrėta 2016 m. kovo 30 d.]. Prieiga per internetą: < <http://ekodom.net.ua/space.php>
26. Раппапорт, А. *Пять проблем теории архитектуры XXI века* [Žiūrėta 2016 m. vasario 8 d.]. Prieiga per internetą: < <http://magazines.russ.ru/vestnik/2007/19/ra32.html>
27. *Словарь философских терминов*. Москва : ИНФРА-М, 2007.
28. Шилин, В. В. *Архитектура и психология*. Краткий конспект лекций. Н. Новгород : Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2011. ISBN 5-87941-099-4.

PROBLEMATIC OF SPACE PERCEPTION IN ARCHITECTURE

Airida Tylienė

Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnio str. 54, Vilnius

Annotation. This article analyzes one of the most relevant problems in modern architectural theory – space perception. Perception of architectural space involves various aspects: from space harmony with other objects to the perceiver physiological and psychological aspects of space perception. The article gives an overview of various aspects of space concepts, its use and understanding of its form in architecture. The article analyzes architectural space models, methods of organization of architectural space and possibilities of morphological, phenomenological and symbolic analysis. The problems in aspects of space perception are single out and brief evolution of space content is presented from geometric perception of space to independent human living space, the modern concept of space perception.

Key words: urbanization, theory of architecture, architectural space, concept of space perception, problems in the perception of space.

KALBOS KLAIDOS TECHNIKOS KRYPTIES STUDENTŲ DARBUOSE

Jolita Grašienė

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

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjamos būdingiausios kalbos klaidos technikos krypties studentų darbuose. Medžiaga rinkta iš Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakulteto studentų savarankiškų darbų, šnekamosios kalbos. Aptartos rašybos, leksikos klaidos (barbarizmai, netaisyklingai vartojami specialybės terminai, vertiniai, semantizmai), žodžių darybos, morfologijos, sintaksės (linksnių ir prielinksnių) vartosenos klaidos. Aiškinamos netaisyklingos vartosenos priežastys, pateikiama klaidų pavyzdžių ir siūlomi jų taisymo būdai (skliaustuose po lygybės ženklą (=) nurodomas taisyklingas variantas).

Pagrindinės sąvokos: specialybės kalba, kalbos kultūra, leksikos, žodžių darybos, morfologijos, sintaksės klaidos, kalbos norma, studentas, dėstytojas.

Įvadas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakultete specialybės kalbos kultūros dalykas dėstomas pirmame kurse pagal Valstybinės lietuvių kalbos komisijos patvirtintą Specialybės kalbos programą [15]. Per paskaitas aptariamos svarbiausios kalbos klaidos: rašybos, leksikos, žodžių darybos, morfologijos, sintaksės. Vis dėlto kalbos klaidų dar pasitaiko tiek sakytinėje, tiek rašytinėje studentų kalboje. Tai akivaizdu išanalizavus studentų savarankiškai atliktus darbus. Studentams skiriamas savarankiškas darbas – parengti viešą kalbą apie savo specialybę vartojant specialybės terminus, sudaryti savo specialybės nevertotinių ir vertotinių terminų žodyną, rasti įvairių kalbos klaidų bei jas ištaisyti. Raštu parengtą darbą reikia pristatyti grupei. Vertinamas tiek atliktas darbas, tiek pristatymas (gebėjimas viešai pristatyti darbą, perteikti mintis taisyklinga kalba). Studentų darbai pasirinkti atsitiktinės atrankos būdu. Darbai vertinti kalbos taisyklingumo požiūriu: analizuotos atskirų kalbos lygmenų (rašybos, leksikos, žodžių darybos, morfologijos, sintaksės) klaidos. Buvo bandoma išsiaiškinti, kokių spragų lieka išklausus specialybės kalbos kurso dalį, ar studentai geba pritaikyti įgytas žinias praktiškai, kokio kalbos lygmens klaidų daroma daugiausiai, aptariamos galimos klaidų priežastys, pateikti taisyčių variantai.

Straipsnio tikslas – išnagrinėti svarbiausias Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakulteto studentų kalbos klaidas.

Uždaviniai:

- Išanalizavus studentų darbus išsiaiškinti, kokių kalbos klaidų daugiausia daro studentai.
- Atlikti studentų darbų kalbinę analizę. Išnagrinėti visų kalbos lygmenų (rašybos, leksikos, žodžių darybos, morfologijos, sintaksės) klaidas, aptarti galimas tokių klaidų priežastis, taisyčių variantus.
- Pateikti specialybės kalbos kultūros dėstytojų rekomendacijas.

Tyrimo metodai: literatūros apžvalga, kalbos klaidų analizės metodas.

Straipsnio aktualumas. Politiniai, ekonominiai, socialiniai ir kultūriniai pokyčiai veikia lietuvių kalbos

vartoseną, ypač žodyną. Gyvenimas kinta, o su juo ir kalba – naujoms realijoms įvardyti reikia žodžių, ypač terminų, jie dažniausiai sukuriami arba pasiskolinami iš anglų kalbos. „Naujausi tyrimai rodo, kad ne tik mažosios, bet ir didžiosios Europos ir pasaulio kalbos patiria didelę anglų kalbos poveikį, jis ypač ryškus mokslo, jaunimo bendravimo, populiariosios kultūros ir informacinių technologijų srityse“ [17]. Tokiomis sąlygomis ypač daug pastangų reikia siekiant įrodyti, kad kalba – neatsiejama tautos dvasinės kultūros dalis, išlikimo garantija. „Kalbos kūryba ir auginimas yra nuolatinis darbas ir pareiga, prasidedanti mokykloje, besitęsianti studijose ir per visą gyvenimą, nes taisyklinga kalba yra privaloma šiuolaikinio išsilavinusio žmogaus savybė“ [11]. Taigi būtina skatinti poreikį vartoti taisyklingą kalbą, suformuoti taisyklingos kalbos vartojimo įgūdžius, nes kalba atskleidžia kiekvieno žmogaus vidinę kultūrą. Straipsnyje daug dėmesio skiriama studentų darbų kalbinei analizei, aptariamos svarbiausios kalbos klaidos.

Kalbos klaidų analizė

Rašybos klaidos

Nors raštingumo pagrindų mokiniai turėtų įgyti dar mokykloje, akivaizdu, kad tokių klaidų vis dar pasitaiko ir studentų darbuose. Antai viename interviu Vilniaus universiteto dėstytojas Vytautas Ališauskas teigia, kad, „nors išsilavinimas visuotinai paplitęs, bet bendra jo kokybė krintanti, ir vienas iš to įrodymų esantys neraštingi studentai“ [7].

Nelietuviškų žodžių rašybai įtakos turi bendravimas internetu: rašomi laiškai, žinutės, bendraujama pokalbių svetainėse. Dėl žinučių rašymo nelietuviškomis raidėmis pasigendama nosinių raidžių, painiojami ilgieji ir trumpieji balsiai, praleidžiamos raidės, pvz: neusakė (= neužsakė).

Klystama rašant įstaigų pavadinimus. Įstaigų, įmonių, organizacijų pavadinimų tik pirmasis žodis rašomas didžiąja raide, o dažna studentų klaida – pirmi du žodžiai arba visi žodžiai rašomi didžiąja raide, pvz: Vilniaus Technologijų ir Dizaino Kolegija (= Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija). Šią taisyklę reikėtų

taikyti ir rašant dokumentų pavadinimus, pvz: Valsybinės kalbos įstatymas. Jei toks iš kelių žodžių susidedantis pavadinimas prasideda tikriniu žodžiu (vietovardžiu ar asmenvardžiu), didžiąja raide rašomas tik tas tikrinis vardas, o žodis, einantis po jo, kaip ir kiti bendriniai žodžiai, rašomi mažąja raide, pvz: Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Mažosiomis raidėmis studentai rašo ir oficialius struktūrinių padalinių pavadinimus, nors tokie pavadinimai turėtų būti rašomi didžiosiomis raidėmis: Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos technikos (= Technikos) fakultetas.

Studentų darbuose gausu elementarių skyrybos klaidų, kai skiriama kableliais pagal intonaciją, o ne pagal taisykles.

Leksikos klaidos

„Pastaraisiais metais kartu su naujomis technologijomis, prekėmis ir paslaugomis lietuvių kalboje ėmė plisti daugybė Vakarų kalbų naujųjų skolinių. Galima sakyti, kad bendrinėje kalboje pastebėti du ryškūs svetimų žodžių vartojimo polinkiai – suaktyvėjo seniai žinomų skolinių vartoseną ir Vakarų kalbų naujųjų skolinių (dažniausiai paimtų iš anglų, rečiau – iš vokiečių bei prancūzų kalbų) reiškimasis. Kaip yra žinoma, būtent anglų kalba giliai išisaknijusi technologinių inovacijų pasaulyje, nes daugelis atradimų buvo pasiekta angliškai kalbančiose šalyse“ [14, p. 199]. „Taip pat lietuvių kalboje labai daug slaviškosios kilmės barbarizmų, nes ilgai vienaip ar kitaip bendrauta su slavais“ [12, p. 115]. Daugybė slaviškų (rusų, lenkų, baltarusių kalbų) skolinių leksiką papildė sovietmečiu. Taigi nors galima rasti lietuviškų žodžių, studentai vis dėlto renkasi svetimybės arba barbarizmus, ypač vartodami kompiuterių terminus: blogas (= tinklaraštis), akauntas (= paskyra), apdeitas (= atnaujinimas), boldas (= pusjuodis šriftas), čatas (= pokalbių svetainė), daunlaudingas (= atsiuntimas), desktopas (= darbalaukis), draiveris (= naršyklė), failas (= rinkmena), folderis (= aplankas), hardas (= standusis diskas), italikas (= pasvirasis šriftas), daunlaudingas (= at(si)siuntimas), par(si)siuntimas), dedlains (= galutinis terminas), opcija (= parinktis), seivinti (= įrašyti) [5].

Kita aktuali problema – netaisyklinga specialybės terminų vartoseną.

Automobilių techninio eksploatavimo, automobilių elektronikos sistemų specialybės studentų netaisyklingai vartojami terminai: granata (= lygių kampinių greičių lankstas), trosas (= lynas), tosolas (= aušinimo skystis), moldingas (= puošybinė juostelė), šaiba (= poveržlė), babina (= ritė), dačikas (= jutiklis), gasas (= greitis), kuzavas (= kėbulas), saliarka (= dyzelinas), salnykas (= riebokšlis), šina (= ratlankis, apkaustas), suportas (= stabdžių apkaba), šarnyras (= lankstas), kalpokas (= gaubtas), kaštai (= sąnaudos, išlaidos, lėšos), tiuningas (= puošyba, pertvarkymas), bardačikas (= dėtuvė, daiktinė), forsunka (= purkštukas).

Mechaninių technologijų inžinerijos specialybės studentų netaisyklingai vartojami terminai: špindelėlis (=

suklys), gaika (= veržlė), nitas (= kniedė), nituoti (= kniedėti), pajalnikas (= lituoklis), imidžas (= įvaizdis), šaiba (= poveržlė), špižinis (= ketaus, ketinis), šplintas (= vielokaištis), biznis (= verslas), špuntas (= įlaidas, išdroža, sprauslentė), šriubas (= varžtas, sraigtas), zeimeris (= diskinis pjūklas), dileris (= prekybos agentas, įgaliotasis įmonės atstovas).

Atsinaujinančios energetikos, elektros ir automatikos inžinerijos, elektros energetikos specialybės studentų netaisyklingai vartojami terminai: rozetė (= kištukinis lizdas), tekeris (= šakutė), štepselis (= kištukas), šriubas (= varžtas, sraigtas), papkė (= segtuvas; aplankas), špuntas (= įlaidas; išdroža), drelė (= gręžtuvas), knopka (= mygtukas); muterka (= veržlė), pajalnikas (= lituoklis).

Šnekamojoje studentų kalboje gausu vertinių – netaisyklingai išverstų žodžių ar posakių, kai tiesiog pažodžiui verčiama iš kitos kalbos: Nuo tų mokslų man stogas važiuoja (= kraustausi iš proto). Užsiėmimai (= Paskaitos, pratybos) šiandien tikrai buvo nuobodžios. Neužilgo (= Netrukus) ateis ir kiti studentai, jie kaip taisyklė (= paprastai) vėluoja. Pristatydami darbus studentai dažnai vartoja vertinius išsireikšti, išsireiškimas, pvz: Taip išsireiškė (= pasakė) žinomas mokslininkas. Ar galima taip išsireikšti (= pasakyti)? Šis išsireiškimas (= posakis, teiginys) netaisyklingas.

Dar vienas studentų itin dažnai vartojamas žodis – įtakoti. Lietuvių kalboje vartojamas taisyklingas žodis įtaka, bet iš abstraktų su priesaga -oti veiksmožodžiai nedaromi, taigi priesaginis vedinys įtakoti nevertotinas, jį reikėtų keisti žodžiais lemti, veikti, paveikti, daryti įtaką, turėti įtaką ar įtakos, formuoti, daryti poveikį ar pan.: Darbo efektyvumą įtakoja (= lemia) daug dalykų. Darbo tikslas – išsiaiškinti, kokie veiksniai labiausiai įtakoja (= daro didžiausią įtaką).

Dažniausiai studentų vartojami semantizmai arba žodžių reikšmės klaidos (semantizmai – tai geri lietuviški žodžiai, vartojami netaisyklinga, anksčiau neturėta reikšme ar keliomis reikšmėmis):

Eilė. Žodis eilė nevertojamas reikšme daug, nemažai, keletas: Automobiliai atnaujinami taikant eilę (= daug) naujų technologijų. Mokydamiesi atlikome eilę (= daug) darbų.

Sekantis. Pristatydami darbus studentai neretai sako: Sekanti (= Kita) užduotis. Dalyvis sekantis reiškia einantis iš paskos, pavyzdžiui, mane sakantis šuo, ir visiškai netinka reikšme tas, šis, kitas.

Padavimas. Studentų kalboje netaisyklinga reikšme paplitęs žodis padavimas. Paduodamas kuras į automobilį, tepalai, vanduo, signalas, taigi šio žodžio reikšmė išplečiama. Turėtų būti degalų padavimas (= tiekimas), signalų padavimas (= siuntimas). Dabartinės lietuvių kalbos žodyne pateikiamos tokios žodžio padavimas reikšmės: 1. Prinešus ar pakėlus įteikti. 2. Padėti kitam naudotis. 3. Įteikti. 4. Pareikšti ieškinį (teisme). 5. Patraukti, pastumti. 6. Sport. pamušti į žaidimą kamuolį ar kamuoliuką. 7. Pakvipti. 8. Šnek. smarkiai ką padaryti [4].

Rastis. Vis dar pasitaiko žodžio rastis netaisyklingos vartosenos atveju. Šis veiksmažodis neteiktinas reikšme būti, pvz: Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakultetas randasi (= yra) Olandų gatvėje. Žodis rastis vartojamas atsiradimo reikšme, pvz: Po lietaus randasi grybų.

Užnešti. Dabartinės lietuvių kalbos žodyne pateikiamos kelios reikšmės: 1. Užgabenti ant viršaus. 2. Nunešti į kitą pusę. 3. Trumpam užsukus, atnešti. 4. Nešant pripildyti, užpilti. 5. Užkrėsti. 6. Priversti užieiti. 7. Šnek. Suduoti [4]. Studentai suteikia šiam žodžiui netaisyklingą reikšmę, pvz: Kitas etapas – dažų užnešimas (= užtepimas).

Dėvėti. Dėvėti galima drabužius, įrenginius naudojame, todėl taisome: Dėvėtos (= sudilusios, naudotos) padangos.

Iššaukti. Veiksmažodis iššaukti vartotinas dviem reikšmėmis. Visų pirma galima iškviesti ką nors iš kur nors, pvz: Jį iššaukė iš posėdžio. Antroji norminė šio žodžio reikšmė – pajėgti šaukti, pvz: Prarado balsą, nebeiššaukia. Veiksmažodis iššaukti nevartojamas ko nors sukėlimo, priežasties sudarymo reikšme ir tokiais atvejais taisomas veiksmažodžiu sukelti [10], pvz: Nukrypus nuo optimalių terminio apdoravimo parametrų iššaukiama (= sukeliama) metalo savybių degradacija.

Pilnai. Per darbų pristatymus dažnai galima išgirsti žodžio pilnai netaisyklingos vartosenos pavyzdžių, pvz: Pilnai (= Visiškai) parengtas darbas pateikiamas dėstytojui. Temą pilnai (= visiškai) išnagrinėjome. Žodžio pilnas reikšmė kitokia – užimtas, pripildytas, neprašytas, daug turintis, pvz: Salė pilna žmonių. Šio žodžio reikšmė visai, visiškai, gerai, išsamiai neteiktina.

Įnešti. Žodis įnešti vartojamas reikšme paėmus, užsidėjus gabenti: Įnešė baldus į kambarį. Tačiau studentai šiam žodžiui suteikia nebūdingą reikšmę: Tai įnešė (= sukėlė) chaosą.

Tenkinti. Neretai svetima reikšme pavartojamas veiksmažodis tenkinti. Norminė šio žodžio reikšmė yra daryti, ko prašoma, pageidaujama ar apskritai ko reikia, pavyzdžiui: Bus tenkinami žmonių prašymai [10]. Tačiau tenkinti nevartotinas reikšme atitikti, todėl tokius sakinius reikėtų taisyti: Rezultatas netenkina (= neatitinka) kokybės reikalavimų.

Dabartinės lietuvių kalbos žodyne pateikiamos žodžio tarnauti reikšmės siejamos su atsidavimu, kieno nors valios vykdymu (tarnauti tautai, būti tarnu, tarnautoju, gražiai tarnauja šuo). Studentai šio žodžio reikšmę perkelia į specialybės tekstus: Automobilio tarnavimo (= naudojimo, eksploatacijos) laiką lemia daug veiksnių. Akseleratoriaus tarnavimo (= veikimo) laiką lemia remonto technologijos naujovės.

Aptarnavimas. Dažna studentų kalbos klaida – žodžio aptarnavimas vartosena: automobilių techninis aptarnavimas (= techninė priežiūra). Dabartinės lietuvių kalbos žodyne pateikiama viena žodžio aptarnauti reikšmė: patenkinti reikalus, reikmes: Aptarnauti pirkėjus: Taigi aptarnauti galima žmones, o įrenginius reikia prižiūrėti: Bendrovė atlieka aukštos kokybės

garantinį aptarnavimą (= garantinę priežiūrą). Automobilių techninė priežiūra negali būti painiojama su automobilių technine apžiūra, pvz.. Automobilių techninė apžiūra atliekama kas dvejus metus.

Studentai vis dar painioja žodžius teisingai ir taisyklingai. Teisingas – pagrįstas tiesa (teisingas žmogus, poelgis, sprendimas), todėl taisome: Šis sakinytis teisingas (= taisyklingas).

Žodžiui atidirbti studentai suteikia nebūdingą reikšmę, pvz: atidirbtas (= panaudotas) tepalas. Šio žodžio norminė reikšmė – atlikti pareigą dirbant.

Žodis atstatyti vartojamas reikšme vėl pastatyti, atkurti, taigi studentams vertėtų įsiminti, kad ryšį reikėtų ne atstatyti, o atkurti, automobilio spalvą atnaujinti, o ne atstatyti.

Dažnai studentai klysta vartodami veiksmažodinius daiktavardžius su priesaga -imas, -ymas. Tarkim veiksmažodinis daiktavardis išmatavimai. Žodžiu matavimas nusakomas veiksmas, o norint įvardyti matavimo rezultatą reikėtų vartoti žodį matmuo, pvz: automobilio išmatavimai (= matmenys). Kitas, taip pat paplitęs veiksmažodinis daiktavardis – parodymai. Šis žodis nevartojamas, kai turima galvoje prietaiso, įrenginio rodomi duomenys, pvz: spidometro parodymai (= rodmenys). Žodis sustojimas taip pat reiškia veiksmą. Norėdami įvardyti vietą turėtume sakyti stotelė: Kitas troleibuso sustojimas (= Kita troleibuso stotelė).

Kamščiai. Dažnai galima išgirsti studentų, pavėlavusių į paskaitas, pasiteisinimą: Pavėlavau dėl transporto kamščių (= spūsties, grūsties). Taigi žodis kamščiai nevartojamas spūsties, grūsties reikšme.

Nuimti. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad žodis nuimti nevartojamas greičio sumažinimo reikšme, pvz: nuimti (= sumažinti) greitį.

Studentų šnekamojoje kalboje vis dar pasitaiko parazitinių žodžių, pvz: Reiškia (= Vadinasi,) pristatysime darbus kitą savaitę Žodis reiškia vartojamas dviem reikšmėmis: 1 Turėti reikšmę, žymėti: Nesuprantu, ką visa tai reiškia 2. Pasakyti žodžiais, veiksmais, elgesiu, darbais: Reikšti kam meilę, pagarbą, jausmus [4].

Žodžių darybos klaidos

Žodžių darybos klaidų studentų darbuose nėra daug, dažniausios priesagų ir priešdėlių vartosenos klaidos.

Priešdėlių vartosenos klaidos

Neretai studentai neskiria, kokį priešdėlį reikėtų vartoti, ir pasirenka ne tą priešdėlį. Taisant keičiamas priešdėlis: atremontuoti (= suremontuoti); išrodyti (= atrodyti); praeiti (= paeiti) į priekį; prigalvoti (= sugalvoti), paskaičiuoti (= apskaičiuoti), užskaityti (= įskaityti).

Kartais vartojamas priešdėlis, nors jo nereikia, pvz.: apšildymas (= šildymas), apšiltinimas (= šiltinimas).

Priesagų vartosenos klaidos

Priesagų vartosenos klaidų, į kurias vertėtų atkreipti dėmesį, studentų darbuose aptikta nedaug. Klystama

vartojant priesagas -ėjas, -tojas. „Jų vartojimas yra nulėmtas kitų kalbų žodžių struktūros kopijavimo“ [6, p. 37]. Studentams reikėtų prisiminti, kad priesagos -ėjas, -tojas tinka asmenims, o ne prietaisams, įrankiams pavadinti. Lietuvių kalboje įvairiems prietaisams, įrenginiams įvardyti vartojamos priesagos -tuvas, -iklis, -tukas, -alas, -eklis, -urys, -orius ir kt, pvz: akumulatoriaus pakrovėjas (= kroviklis), autopakrovėjas (= automatinis krautuvas, automobilių krautuvas), prailgintojas (= ilgintuvas), vandens išpurškėjas (= vandens purškutukai). Taip pat šios priesagos netinka medžiagoms, su kuriomis atliekamas veiksmas, pavadinti, pvz: skiedėjas (= skiediklis), rūdžių surišėjas (= rišiklis).

Morfologijos klaidos

Morfologijos klaidos palyginti retos studentų darbuose. Dažniausiai klystama vartojant įvardžiuotines žodžių formas. Kai žodis įgyja termino reikšmę, būtina vartoti įvardžiuotinę formą, pvz: draudžiantys (= draudžiamieji), išpėjantys (= išpėjamieji) kelio ženklai, išperkama (= išperkamoji) nuoma. Įvardžiuotinės formos taip pat vartojamos įstaigoms pavadinti, pvz, uždara (= uždaroji) akcinė bendrovė.

Kur įmanoma, rekomenduojama analitinės formas keisti sintetinėmis, pvz: Ši užduotis labiau sudėtinga (= sudėtingesnė). Labiausiai keista (= Keisčiausia), kad vis dar neradau sprendimo.

Neturėtų būti laipsniuojami būdvardžiai, rodantys didžiausią ar mažiausią ypatybės kiekį: Maksimaliausias (=Maksimalus) leistinas greitis –130 km/h.

Viena dažniausių studentų kalbos klaidų – nežymimųjų įvardžių kažkoks, kažkuris, kažkas, kažkoks, kai kuris vartoseną su dalelyte tai, pvz: Kažkada tai (= Kažkada) naudotos automobilių apsaugos sistemos.

Dažnai nepaisoma reikalavimo su daugiskaitiniais daiktavardžiais vartoti dauginius skaitvardžius, pvz: Automobilis naudotas septynis (= septynerius) metus.

Paini studentams atrodo įvardžio keletas vartoseną. Įvardis keletas linksniuojamas pagal kuopinių skaitvardžių vyriškojo linksniavimo tipą (keletas, keleto, keletui, keletą, keletu, kelete) [13]. Šios vyriškosios giminės formos vartojamos tiek su vyriškosios, tiek su moteriškosios giminės daiktavardžiais: Dėl keletos (= keleto) priežasčių. Darbai turi būti baigti po keletos (= keleto) dienų.

Sangražiniai veiksmažodžiai nevartojami savaimine reikšme. „Jeigu sangražinė forma lengvai pakeičiama neveikiamosios rūšies dalyviu, o veiksmo atlikėjas yra negyvas daiktas, neturintis galios veiksmą nukreipti nuo objekto į save, tada jos vartojimas yra klaida, nukrypimas nuo normos, nes lietuvių kalbos sangražai neveikiamosios rūšies reikšmė nebūdinga“ [2, p. 46]. Sangražinės formos nevartojamos, kai veiksmas negali vykti savaimine. Vis dėlto studentų darbuose gausu tokių klaidų: Uždavinys sunkiai sprendžiasi (= sprendžiamas). Aiškiai matosi (= matomas) patalpų planas. Šis žodis rašosi (= rašomas) su nosine.

Savaiminei ypatybei reikšti turėtų būti vartojami

veikiamosios rūšies būtojo kartinio laiko dalyviai arba aukštesniojo laipsnio būdvardžiai. Studentai netaisyklingai vartoja neveikiamosios rūšies dalyvius, pvz: sumažintas (= sumažėjęs) slėgis, apsunkintos (= sunkesnės) eismo sąlygos.

Sintaksės klaidos

Sintaksės klaidos apima linksnių, prielinksnių vartosenos, žodžių tvarkos klaidas. Studentų darbuose rasta nemažai linksnių ir prielinksnių vartosenos klaidų.

Linksnių vartosenos klaidos

„Linksnių vartojimo klaidos dažniausiai plinta dėl sudėtingų ir sunkiai įsimenamų linksnių reikšmių ir dėl netinkamo vertimo iš kitų kalbų“ [2, p. 51]. Linksnių vartosenos klaidos studentų darbuose įvairios.

Vardininkas. Dažniausiai vardininkas netinkamai vartojamas neapibrėžtam kiekiui reikšti, pvz.: gauti pasiūlymai (= gauta pasiūlymų). Remontuojant variklį kilo neaiškumai (= neaiškumų). Taigi vardininką studentai dažniausiai netaisyklingai vartoja nesuprasdami visumos ir dalies santykio (dalis kimininkas teiktinas kalbant apie neapibrėžtą kiekį).

Kilmininkas. Kilmininkas nevartotinas su aukštesniojo laipsniorieveiksmiais be lyginamųjų dalelių kaip, negu, nei, pvz: Daugiau šimto (= daugiau kaip šimtas).

Kilmininkas nevartojamas veiksmo objektui reikšti su veiksmažodžiais pasiekti, prieiti, pvz: Įmonės tikslas – pasiekti kuo didesnio pelno (= kuo didesnę pelną). Meistrai priėjo bendros nuomonės (= prie bendros nuomonės) dėl automobilio remonto.

Naudininkas. Reikėtų vengti naudininko linksniu reiškiamų daiktavardžių tikslui, paskirčiai nusakyti, pvz: šios programos įgyvendinimui (= šiai programai įgyvendinti), prekės transportavimui (= prekei transportuoti), automobilio paviršiaus apsaugojimui (= paviršiui apsaugoti) naudojamos tam tikros medžiagos. „Kai reiškiami paskirtis su aiškiu tikslo atspalviu, veiksmažodinių daiktavardžių (ypač su priesaga -imas) naudininkai vengtini“ [16].

Studentai klysta vartodami naudininką laikui reikšti, pvz: Darbus turime baigti gruodžio pirmą dieną (= iki gruodžio pirmos dienos).

Galininkas. Pravartu studentams atkreipti dėmesį į galininko vartosenos klaidas. Galininkas netinka tikslui reikšti, pvz: Per mažai duomenų atlikti tyrimą (= tyrimui atlikti). Galininkas nevartojamas ir tada, kai galvoje turimas neapibrėžtas kiekis, nes galininku įvardijamas apibrėžtas kiekis, visuma, pvz: Įmonė patyrė nuostolius (= nuostolių). Su veiksmažodžiu atstovauti galininkas taip pat nevartotinas [1]. Taisoma naudininku: Studentai atstovavo Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijai (= kolegijai).

Įnagininkas. Nevartotinas žodžio pagalba įnagininkas, pvz: Šio prietaiso pagalba (= Šiuo prietaisu) įmanoma atlikti automobilio diagnostiką. Galima bendrauti e. pašto pagalba (=e. paštu). Darbą atlikome kompiuterio pagalba (= kompiuteriu).

Vietininkas. Vietininkas nevartojamas daikto būviui, būsenai reikšti, pvz.: Automobilių remonto dirbtuvės avarinėje būklėje (= avarinės būklės). Tokiose sąlygose (= Tokiomis sąlygomis) sunku dirbti. Automobilis gerame stovyje (= geros būklės). Nukrypimai nuo normos yra leistinose ribose (= leistino lygio; nedideli). Dažna klaida – laiko tarpą reiškiantys vietininkai, pvz.: metų bėgyje (= per metus), semestro eigoje (= per semestrą), darbo eigoje (= dirbant).

Prielinksnų vartosenos klaidos

Prielinksnis pagal. Vis dar pasitaiko prielinksnio pagal vartosenos klaidų: pagal galimybes (= jeigu galima, jeigu yra galimybė).

Prielinksnis prie. Prielinksnį prie studentai vartoja su kilmininku aplinkybei reikšti: Prie ilgųjų šviesų (= Degant ilgosioms šviesoms) matomumas geresnis. Tačiau, anot J. Šukio [16], prie konstrukcijos nevartotinos būdo, priešasties, sąlygos ir nuolaidos aplinkybėms reikšti. Prielinksnio prie konstrukcijos dažniausiai reiškia vietą šalia, netoli ko arba vietą, į kurią kryptama, pavyzdžiui: Jie gyveno prie ežero.

Prielinksnis ant. Prielinksnis ant turi nemažai reikšmių, tačiau bendrinei kalbai teiktinos vos kelios: vietos, veiksmo, priemonės ir asmens ar daikto, į kurį nukreiptas veiksmas [3]. Kitomis reikšmėmis šis prielinksnis nevartojamas, nes tokios reikšmės perimtos iš tarmių arba svetimų kalbų, pavyzdžiui, šis prielinksnis netinka matmenų ar dydžių santykiui įvardyti: 9 ant 10 (= 9 ir 10).

Polinksnis dėka. Su kilmininku vartojamos polinksnio dėka konstrukcijos turėtų būti taisomos, kai nurodomas ne asmuo, kuriam norima padėkoti, o reiškinys ar daiktas, priemonė: Šių signalų dėka (= Pagal šiuos signalus) vairuotojai orientuojasi.

Išvados

- Išanalizavus studentų darbus, galima daryti išvadą, kad kalbos klaidų juose vis dar pasitaiko. Akivaizdu, kad rašydami darbus studentai daugiau dėmesio kreipia į turinį, o ne į kalbos klaidas. Rasta rašybos klaidų, gausu leksikos klaidų (dažniausiai paplitę semantizmai), mažiau morfologijos klaidų. Sintaksės lygmens klaidos susijusios su netinkama linksnų ir prielinksnų vartosenos.
- Straipsnyje išnagrinėtos dažniausios rašybos, leksikos, morfologijos ir sintaksės klaidos technikos krypties studentų darbuose dar kartą atkreips studentų dėmesį į kalbos klaidas. Kuo dažniau bus įvardijamos kalbos klaidos, aptariamai taisymo variantai, tuo mažiau klaidų liks studentų darbuose. Kalbos klaidų analizė padės išvengti kalbos klaidų, gerins studentų mokslo kalbą.
- Siekiant išvengti kalbos klaidų reikia skatinti studentus mokytis taisyklingos kalbos, akcentuoti, kad kalba – kiekvieno žmogaus įvaizdžio dalis. Būtina motyvuoti studentus, sudominti dėstomu dalyku,

skatinti kūrybiškumą, rinktis išradingesnius būdus kalbai mokytis, būtent – skirti kūrybines užduotis (pavyzdžiui, rengti viešąsias kalbas) ir jas pristatyti grupei. Pristatymo metu galima aptarti pasitaikančias kalbos klaidas ir paskatinti studentus atkreipti dėmesį į kalbos kultūrą, ugdyti šnekamosios ir rašytinės kalbos įgūdžius. Prie studentų taisyklingos kalbos įgūdžių formavimo turėtų prisidėti visų dalykų dėstytojai vertindami studentų darbus.

Literatūra

1. *Administracinės kalbos aktualijos*. Sudarė L. Murinienė, R. Vlardarskienė [žiūrėta 2015 m. gruodžio 4 d.]. Prieiga internetu: <http://administracinekalba.lki.lt>.
2. Barzdžiukienė, E.; Celiešienė, V.; Kaulakienė, A. *Baigiamasis studijų darbas. Kalbininkų patarimai: teorija ir tvarkyba*. Vilnius: Technika, 2005.
3. *Dabartinės lietuvių kalbos gramatika*. Red. V. Ambrazas. 4-oji patais. laida. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 2006.
4. *Dabartinės lietuvių kalbos žodynas*. Vyr. red. S. Keinys. Šeštas (trečias elektroninis) leidimas. Vilnius: Lietuvių kalbos institutas, 2011 [žiūrėta 2016 m. sausio 15 d.]. Prieiga internetu: <http://dz.lki.lt>.
5. *Didžiųjų kalbos klaidų sąrašas* [žiūrėta 2016 m. kovo 14 d.]. Prieiga internetu: <http://www.vlkk.lt/lit/klaidos>.
6. Gaivenis, K. *Lietuvių terminologija: teorijos ir tvarkybos metmenys*. Vilnius: Lietuvių kalbos institutas, 2002.
7. Jackevičius, M. Pasiklydę „Google“: kuri karta buvo protingiausia. [žiūrėta 2015 m. lapkričio 15 d.]. Prieiga internetu: <http://www.delfi.lt/news/daily/education/pasiklyde-google-kuri-karta-buvo-protingiausia.d?id=63432888#ixzz2pudgf5pu>.
8. *Kalbos patarimai*. Kn. 1. *Sintaksė: 1. Linksnų vartojimas*. Sud. R. Miliūnaitė, teksto aut. V. Labutis, A. Pupkis, J. Šukys, vyr. red. A. Pupkis. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 2009.
9. *Kalbos patarimai. Leksika: skolinių vartojimas (svetimybės, tarptautiniai žodžiai)*. Sud. D. Mikulėnienė, A. Dvylytė. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 2013.
10. *Kanceliarinės kalbos patarimai*. Sud. P. Kniūkšta. Vilnius: Lietuvių kalbos institutas, 2007 [žiūrėta 2015 m. gruodžio 7 d.]. Prieiga internetu: <http://kanceliariniaiatarimai.lki.lt>
11. *Kalbos komisijos pirmininkės D. Vaišnienės kalba, pasakyta 2015 m. kovo 16 d. Lietuvos Respublikos prezidentūroje apdovanojant 8-ojo nacionalinio konkurso „Švari kalba – švari galva“ nugalėtojus* [žiūrėta 2015 m. gruodžio 15 d.]. Prieiga internetu: <http://www.vlkk.lt>.
12. Paulauskienė, A. *Teisininkų kalba ir bendrosios normos*. Vilnius: Justitia, 2004.
13. Petrėtienė, A. *Transportininkų kalbos kultūra*. Vilnius: Technika, 2009.
14. Rudaitienė, V.; Vitkauskas, V. *Vakarų kalbų naujieji skoliniai*. Vilnius: Enciklopedija, 1998.
15. *Specialybės kalbos programa* [žiūrėta 2016 m. kovo 4 d.]. Prieiga internetu: <http://www.vlkk.lt/lit/nutarimai/svietimoistaiigos/specialybes-kalbos-programa.html>
16. Šukys, J. *Kalbos kultūra visiems*. Vilnius: Šviesa, 2006.

17. 2016–2018 m. valstybinės kalbos vartojimo, norminimo ir sklaidos programa, patvirtinta 2015 m. balandžio 30 d. nr. n-2 (157) [žiūrėta 2015 m. gruodžio 14 d.]. Prieiga internetu: <http://www.vlkk.lt>.

LANGUAGE USAGE ERRORS IN THE PAPERS OF STUDENTS OF TECHNICAL STUDIES

Jolita Grašienė

Vilnius College of Technologies and Design, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

Anotation. The article examines the most common language usage errors in the papers of students

of technical studies, explains reasons of incorrect language usage, provides examples of errors and suggests ways to correct them. The material was collected from Vilnius College of Technologies and Design students' written papers and spoken language.

The aim of this article is to discuss the most important language usage errors of students of the Technical Faculty of Vilnius College of Technologies and Design.

Tasks:

1. To find out, following an analysis of students' papers, what errors are most commonly made.

2. To discuss errors of all levels (spelling, vocabulary, word composition, morphology, syntax).

3. To provide recommendations for the correction of most common language usage errors and discuss possible reasons of such errors.

MECHANIKOS INŽINERIJOS PROFESINIO BAKALAURO ŽINIŲ IR GEBĖJIMŲ ATITIKTIS DARBDAVIŲ LŪKESČIAMS

Sofija Petraševičienė, Rita Senulienė, Povilas Vilkas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius, e. p. s.petraseviciene@vtdko.lt; r.senuliene@vtdko.lt; p.vilkas@vtdko.lt

Anotacija. Straipsnyje analizuojama mechanikos inžinerijos profesinio bakalauro žinių ir gebėjimų atitiktis darbdavių lūkesčiams. Pateikiama dėstytojų, studentų nuomonė apie studijas, gamybinių praktikų vadovų, darbdavių požiūris į mechanikos inžinerijos profesinio bakalauro technines ir socialines kritines kompetencijas. Atlikus tyrimus galima teigti, kad absolventų teoriniai gebėjimai atitinka darbdavių poreikius, o praktinius įgūdžius reikia tobulinti. Studijų programos rezultatai atitinka įmonių veiklos strategiją. Įmonės vadovai yra patenkinti įdarbintais kolegijos absolventais ir mano, kad studijų programos dalykai sukuria prielaidas specialistams sėkmingai dirbti besikeičiančioje profesinėje aplinkoje.

Pagrindinės sąvokos: kompetencija, kvalifikacija, studijų kokybė, kritinė kompetencija, gamybos, kokybės, socialinės ir asmeninės kritinės kompetencijos.

Įvadas

Studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ paskirtis atitinka kolegijos misiją [1]: sudaryti sąlygas asmenims įgyti aukštąjį koleginių išsilavinimą, užtikrinti studijų kokybę ir Europos Sąjungos standartus atitinkančią studijų procesą; rengti kvalifikuotus specialistus, atitinkančius žinių visuomenės ir regiono poreikius, aktyviai prisidėti kuriant Lietuvos ateitį; sudaryti sąlygas žmogui tapti imlia asmenybe ir aktyviu visuomenės nariu, tarptautinės mokslo ir studijų erdvės dalyviu; ugdyti bendražmogiškąsias ir tautines vertybes, skatinti mokytis ir tobulėti visą gyvenimą“.

Studijų programa yra nuolat atnaujinama ir tobulinama, atsižvelgiant į pokyčius teisiniuose dokumentuose, norminiuose aktuose ir gamyboje. Mechanikos inžinerijos katedros dėstytojai sistemingai analizuoja socialinių dalininkų, dėstytojų, studentų, absolventų, įmonių vadovų nuomonę apie dėstomus dalykus, studijų metodus, studentų praktikų metu aptiktus rengimo trūkumus, programos kokybę, atskleidžia ir patikslina mechanikos inžinerijos specialisto veiklos sritis, profesines kompetencijas, bendruosius ir specialiuosius gebėjimus veiklai vykdyti.

Tyrimų, naudotų rengiant straipsnį, apžvalga:

- *Dėstytojų nuomonė apie studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ vykdymą.* [5]. Tyrime analizuoti klausimai: studijų programos kokybės, dėstytojų aktyvumo vertinimas, programos administravimo tinkamumas, atsakomybės už įgyvendinimą, priežiūrą ir sprendimų priėmimą pasiskirstymas.
- *Studentų nuomonė apie studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ vykdymą.* [6]. Tyrime analizuoti klausimai: studijų programos vykdymo kokybės, studentų aktyvumo vertinimas, studentų nuomonė apie studijų proceso organizavimą fakultete, vidinės fakulteto kultūros vertinimas, pasirinktos studijų programos vertinimas.
- Studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ studentų gamybinių praktikų vertinimas [4]. Tyrime analizuojama įmonių gamybinės praktikos

vadovų nuomonė apie studentus (domėjimasis darbu, iniciatyva, tvarkingumas, drausmė ir t. t.), teorinio parengimo trūkumus, atlikto darbo kokybę, savarankiškumą praktikos metu ir praktikos vadovų pastabos.

- Specialistų rengimo Lietuvos institucijų galimybės užtikrinti inžinerinės pramonės konkurencingumo augimą [7]. Tyrimo ataskaitoje atliekama mechanikos inžinerijos, pramonės inžinerijos specialistų kritinių kompetencijų analizė: įmonių konkurencinių strategijų poveikis kritinių kompetencijų paklausai, absolventų pasiūla darbdavių akimis, techninės, socialinės kritinės kompetencijos ir kt.

Tyrimo objektas. Dėstytojų, studentų, absolventų, darbdavių bendradarbiavimas, siekiant rengti kvalifikuotus specialistus, atitinkančius žinių visuomenės ir gamybos įmonių poreikius.

Tikslas – ištirti ir įvertinti mechanikos inžinerijos profesinio bakalauro žinių ir gebėjimų atitiktį darbdavių lūkesčiams ir pateikti išvadas bei pasiūlymus.

Uždaviniai:

- Apžvelgti tyrimus, kuriais vadovaujantis rašomas straipsnis.
- Pateikti dėstytojų nuomonę apie studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ vykdymą.
- Išanalizuoti studentų nuomonę apie studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ vykdymą.
- Apžvelgti studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ studentų gamybinių praktikų vertinimo rezultatus.
- Išanalizuoti absolventų pasiūlą, atsižvelgiant į darbdavių reikalavimus
- Įvertinti aplinkybes, turinčias įtakos praktinių gebėjimų trūkumui. Įvertinti studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ studentų kritines kompetencijas. Parengti išvadas ir pasiūlymus.

Problema: studento žinių ir gebėjimų gerinimas, atsižvelgiant į darbdavių lūkesčius.

Pagrindinės sąvokos.

Kompetencija – gebėjimas atlikti tam tikrą darbą (užduotį) realioje ar imituojamoje veiklos situacijoje. Kompetenciją lemia mokantis ar studijuojant įgytos

žinios, mokėjimai, įgūdžiai. Kompetencijos kokybiškumui įtakos turi darbuotojo sukaupta veiklos patirtis. Profesinio rengimo įstaigose įgytas kompetencijas patvirtina išduoti pažymėjimai, sertifikatai. Apibrėžtai platesnei veiklai (profesijai) reikalingos kompetencijos sudaro kvalifikaciją [2,3].

Kompetencijas sudaro gebėjimai ir asmeninės vertybės, o gebėjimus – žinios ir įgūdžiai, kvalifikacijos apima gebėjimus, įgūdžius ir žinias (1 pav.)



1 pav. Kompetencijų, gebėjimų ir kvalifikacijos sąvokų medis [7]

Lietuvos inžinerinės įmonės specializuojasi gamindamos vienetinius arba serijinius mažos apimties produktus, todėl įmonės veiklos strategijos pagrindas – didelis lankstumas, aukšta gamybos sparta, greito tiekimo užtikrinimas, naujausia įranga ir technologijos. Kadangi Lietuvos įmonės užima atskiras nišas, o produkciją eksportuoja, jų tarpusavio konkurencijos lygis nėra aukštas, t. y. jos konkuruoja globalioje rinkoje užsienyje. Tokios įmonių konkurencinės strategijos turi poveikį kompetencijų paklausai (2 pav.)

Dėstytojų nuomonės apie studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ vykdymą tyrimo rezultatai [5].

Studijų programą vykdė 24 dėstytojai. Anketinėje apklausoje dalyvavo 20 dėstytojų (9 vyrai ir 11 moterų). Amžiaus vidurkis – 45 m.

1. Studijų programos vykdymo kokybę dėstytojai vertina labai gerai ir gerai: studijų metodai, studento pasiekimų vertinimo metodai, konsultacijos (100%), metodiniai išteklių (93%) ir bazė praktikoms, įrenginiai, patalpos studijoms, studijų organizavimo metodai (86%) yra tinkami ir padeda siekti studijų programos rezultatų. Studijų dalykų apimtis pakankama, studentų mokymo(si) krūvis atitinka realias studento galimybes (79%). Reikėtų didinti studentų motyvaciją (64%), savarankiškumo, pareiškimo lygį (57%), gerinti sąlygas dėstytojų profesiniam tobulėjimui (57%).
2. Savo aktyvumą dėstytojai vertina gerai ir labai gerai. Dėstytojai tobulina savo dalyko programą, atnaujiną metodinius išteklius (100%), dalyvauja katedros posėdžiuose, teikia pasiūlymų dėl studijų programos tobulinimo (86%), ieško galimybių patobulinti studijų programos materialiuosius išteklius, kviečia įmonių atstovus skaityti paskaitų (78%), skaito pranešimus mokslinėse konferencijose (76%), organizuoja pažintines išvykas į įmones, dalyvauja projektinėje

veikloje (71%). Reikia sudaryti galimybes mokytis užsienio kalbą, sudaryti grupes stažuotėms su gerai mokančiais kalbą ir skatinti dėstytojus dalyvauti mainų programose, stažuotėse ir seminaruose.

3. Dėstytojų nuomone, studijų programos administravimas yra tinkamas (86%).

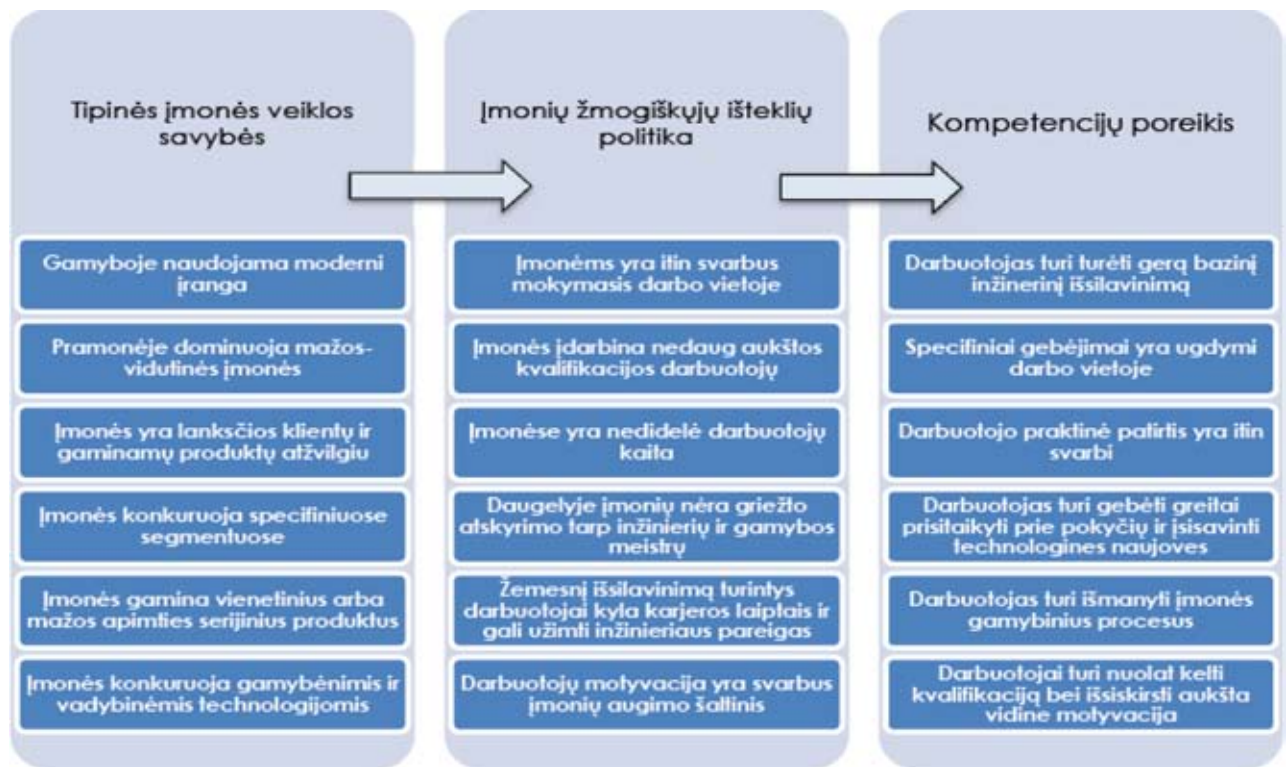
Studentų nuomonės apie studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ vykdymą tyrimo rezultatai [6].

Studijų programą „Mechaninių technologijų inžinerija“ sudijuoja 124 studentai. Užpildytas anketas atsiuntė 55 (44,4%) nuolatinė ir išėstinių studijų studentai. Dažniausiai šią specialybę pasirenka studijuoti jaunuoliai (96%), kurių amžiaus vidurkis – 24,5 m.

1. Studentai sutinka, kad studijų dalykų apimtis yra pakankama, taikomi tinkami studijų metodai (72%), įranga studijoms (laboratorinė, kompiuterinė, reikmenys) tinkama ir jos pakanka (80%). Studentų manymu, metodiniai išteklių (vadovėliai, knygos, periodika, duomenų bazės) yra prieinami ir jų pakanka, numatytos patalpos studijoms yra tinkamos ir jų pakanka, o mokymo(si) krūvis atitinka realias studentų galimybes (68%). Studentai sutinka, kad studijų proceso organizavimas užtikrina tinkamą programos įgyvendinimą (67%), dėstytojų konsultacijos padeda siekti studijų programos rezultatų (60%), studentai mano, kad jų savarankiškumo, pareiškimo lygis yra pakankamas (75%). Studentai sutinka, kad dalykai ir moduliai išdėstyti nuosekliai, kolegijoje įrengta tinkama bazė praktikoms (56%), taikomi tinkami vertinimo metodai (44%), kitiems studentams sunku vertinti šiuos teiginius (25%).
2. Vertinant studentų aktyvumą, galima teigti, kad studentai lanko paskaitas ir pratybas (88%), dalyvauja kolegijos renginiuose (8%), organizuoja studentų parodas, renginius (4%), kartu su dėstytojais skaito pranešimus studentų konferencijose (28%). Studentai mažai dalyvauja kolegijos veiklose po paskaitų (saviveikla, sportas, būreliai), mainų programose (*Erasmus* ir kt.) (8%), studentų atstovybės veikloje (4%). Reikia didinti studentų motyvaciją mokytis ir aiškinti taikomus vertinimo metodus, įtraukti daugiau studentų į kolegijos veiklą.
3. Vertindami studijų proceso organizavimą fakultete, studentai sutinka, kad gauna pakankamai informacijos apie studijų proceso organizavimą.
4. Vidinę fakulteto kultūrą studentai vertina labai gerai ir gerai.
5. Studentai (84%) patenkinti pasirinkta specialybe, nekeistų pasirinktos specialybės (87%) ir ruošiasi dirbti pagal specialybę (85%).

Studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ studentų gamybinių praktikų vertinimo rezultatai [4].

Gamybinę praktiką antro (nuolatinės studijos) arba trečio (išėstinių studijos) kurso studentai atliko įmonėse: UAB „Vingriai“, UAB „Arginta Engineering“, AB „Avedra“, UAB „Pamario altergrana“, UAB „Žibin-



2 pav. Įmonių konkurencinės strategijos ir žmogiškųjų išteklių politikos poveikis kompetencijų paklausai [7]

tas“, UAB „Barduva“, UAB „Metalmeta“, UAB „Švytėjimas“, UAB „Tanagra“, UAB „Krasta Auto“, UAB „Elektrėnų energetikos remontas“, UAB „Anykščių varis“, UAB „Stansefabrikken“, AB „Vilniaus baldai“, UAB „Technopakas“, UAB „Ekobazė“, UAB „Standai“, UAB „Sparnai“. Analizuoti 44 įmonių praktikų vadovų atsiliepimai (2015–2014 m.).

1. Gamybinės praktikos vadovai gerai atsiliepia apie studentus: tvarkingai ir atsakingai atlieka užduotis (35), drausmingi (21), iniciatyvūs (20), domisi darbu, įmone (13), praktikos užduotis atliko gerai ir laiku (15), domisi technologijos procesais ir įrenginių mechanika (10), naujomis technologijomis (9), kruopštūs (6), pareigingi (6) ir t. t.
2. Pastebėti teorinio parengimo trūkumai praktikos metu: trūkumų nepastebėta ir turimas žinias gerai taiko realybėje (31), trūksta techninių brėžinių skaitymo įgūdžių (5), nepakanka praktinių gebėjimų (3), trūksta žinių, susijusių su techniniais įrenginiais (2), nieko nežino apie suvirinimą (1), nepakanka teorinių žinių apie chromavimo procesą, metalų liejimą (1).
3. Gamybinės praktikos vadovų nuomonė apie atlikto darbo kokybę ir savarankiškumą praktikos metu: savarankiškai ir kokybiškai atliko užduotis (33), savarankiškų sprendimų nebuvo pavesta atlikti (5), dirbo savarankiškai, įrankiais ir įrenginiais naudojosi tiksliai ir pagal paskirtį (6). Be to, praktikos metu studentai stengėsi kuo daugiau įgyti žinių, savarankiškai ruošė užduotis.
4. Gamybinės praktikos vadovų teigiamos pastabos: praktikantas motyvuotas, pasitiki savimi, pasako savo nuomonę, moka priimti kritiką, studentas

savarankiškai atliko praktines užduotis, reaguoja į pastabas ir tikslingai planuoja atliekamus darbus, sugeba pritaikyti žinias ir įgūdžius įvairiose situacijose. Sutaria su bendradarbiais, dirbo kruopščiai ir kūrybiškai, skiriami įvairūs ir sudėtingi darbai, gerai dirba su CAD programomis, mandagus ir pan.

5. Gamybinės praktikos vadovų neigiamos pastabos: sunkiai taikė teorijos žinias praktikoje (3), studentas turėtų įgauti daugiau pasitikėjimo kolektyve, (2), trūksta praktinių žinių (2), nepakanka ryžto ir įgūdžių rimtesnėms problemoms spręsti (2).
6. Gamybinės praktikos rezultatų vertinimas pažymiu: 10 (puikiai) – 21, 9 (labai gerai) – 21, 8 (gerai) – 2.

Specialistų rengimo Lietuvos institucijose galimybės užtikrinti inžinerinės pramonės konkurencingumo augimą tyrimo rezultatai. Absolventų pasiūla darbdavių akimis ir kritinės kompetencijos [7].

Interviu dalyvavo: UAB „Stevila“, UAB „Karbonas“, UAB „Precizika“, UAB „Arginta Engineering“, UAB „Ekspla“, UAB „Seltaka“ ir AB „Vilma“. Tai vidutinio dydžio įmonės, kuriose dirba 50–500 darbuotojų. Jų veiklos sritys apima metalo apdirbimą, produktų surinkimą, lazerių ir lazerinių sistemų komponentų gamybą, fotoelektrinių saulės elementų tyrimus ir gamybą, metrologinių įrenginių kūrimą ir gamybą, elektroninės įrangos ir prietaisų konstravimą ir gamybą, elektros mašinų ir įrengimų konstravimą ir gamybą.

Interviu dalyvavę įmonių vadovai teigia, kad priimtų aukštųjų mokyklų absolventų mokymas įmonėse trunka apie 3 mėnesius, tačiau visos būtinos kompetencijos yra įgyjamos per 2–3 metus. Tyrimo metu buvo išsiaiškinta: „Lietuvos inžinerinės pramonės įmonių nišinės gamybos strategija lemia, kad įmonėms rei-

čia inžinierių, turinčių bazinių žinių, kurie gebėtų įgyti specifinių gebėjimų darbo metu. Tai yra lankstūs, aukštos motyvacijos bei nuolat tobulėjantys darbuotojai. Teorinės absolventų žinios vertinamos kaip pakankamos ar priimtinos. Nors specifinės žinios, aktualios atskiroms inžinerinės pramonės nišoms, nėra pakankamos, absolventai jų įgyja darbo metu. Mokymąsi skatina pakankami absolventų bendrieji gebėjimai, tačiau apsunkina praktinių žinių ir gebėjimų stoka“.

„Absolventams trūksta: (1) gamybos įmonių veiklos ir procesų suvokimo; (2) gebėjimų susieti ir taikyti įgytas žinias, sprendžiant problemas; (3) gebėjimų realiai pagaminti numatytą produktą; (4) gebėjimų kurti naujus procesus ar produktus.“

„.....Studentai renkasi inžinerines specialybes ne pirmu pasirinkimu, kas lemia prastą inžinerinės pakraipos studentų studijų kokybę. Tokie studentai neretai yra nemotyvuoti savarankiškai siekti žinių. Dėl žemos motyvacijos jų mokymosi rezultatai būna prasti“

Tyrimo sudarytas kritinių kompetencijų žemėlapis:

„...Nustatytos techninės kritinės kompetencijos gali būti sąlygiškai suskirstytos į tris grupes pagal pridėtinės vertės grandis: **naujų produktų kūrimo kritinės kompetencijos**: (1) projektavimo įgūdžiai (produkto modeliavimas), (2) koncepcijų kūrimo žinios, (3) konstravimo įgūdžiai; **gamybos kritinės kompetencijos**: (1) kompiuterinio projektavimo pagrindai, (2) braižymo ir brėžinių skaitymo įgūdžiai, (3) staklių ir kitos įrangos struktūros ir darbo bei programavimo žinios, (4) elektronikos prietaisų ir jų sistemų žinios, (5) medžiagotyra, (6) geome-

trijos, fizikos, chemijos pagrindai, (7) gamybos technologijų žinios, (8) gamybos valdymo procesų žinios, (9) projekto valdymo žinios (taip pat gamybos planavimas); **kokybės užtikrinimo kritinės kompetencijos**: (1) techninių matavimų įgūdžiai, (2) duomenų analizės įgūdžiai, (3) matavimo priemonių žinojimas...“

„...Absolventams daugiausia trūksta braižymo ir brėžinių skaitymo, techninių matavimų, medžiagotyros, koncepcijų kūrimo, projektų valdymo kompetencijų...“

„Socialinės kritinės kompetencijos: (1) užsienio kalbos žinios, (2) darbo komandoje įgūdžiai, (3) kūrybiškumas, (4) motyvacija tobulėti, (5) efektyvaus bendravimo įmonėje įgūdžiai, (6) savarankiškumas, (7) kritinių situacijų valdymo įgūdžiai. Socialinės kompetencijos yra itin prastos. Darbdaviai teigiamai įvertino tik absolventų užsienio kalbų žinias...“

Aplinkybių, turinčių įtakos praktinių gebėjimų trūkumui, vertinimas

Apžvelgus gamybinių praktikų vadovų atsiliepimus, kai kuriems studentams (3) pastebėtas praktinės patirties bei teorinių žinių taikymo praktikoje trūkumas (žr. 1 lentelę).

Studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ studentų kritinių kompetencijų vertinimas

Pastebėtos trūkstamos kritinės kompetencijos ir studijuojami dalykai pateikti 2 lentelėje.

1 lentelė. Aplinkybės, lemiančios studentų praktinių gebėjimų trūkumą, ir studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ atitikties analizė

Aplinkybės, lemiančios studento praktinių gebėjimų trūkumą [7]	Studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ atitikties analizė
Praktikai įmonėse skiriama nepakankamai laiko, o pačios praktikos neretai yra nekokybiškos. Anot įmonių atstovų, praktika turėtų sudaryti apie 30% studijų programos.	Praktikoms skirta 30 kr. Praktiku, atliekamų įmonėse, vadovai vertina studento atlikto darbo kokybę ir savarankiškumą: savarankiškai ir kokybiškai atliko užduotis (20), dirbo kokybiškai ir užduotis atliko tiksliai, atsakingai, savarankiškų sprendimų nebuvo pavesta atlikti (13), dirbo savarankiškai, įrankiais ir įrenginiais naudojosi tiksliai ir pagal paskirtį (6). Be to, praktikos metu studentai (5) stengėsi kuo daugiau įgyti žinių, savarankiškai ruošė užduotis.
Įmonių vadovų nuomone, studentai nepakankamai laiko praleidžia laboratorijose, kuriose formuojami gebėjimai vertinti medžiagų ar produktų savybes, kuriami ir išbandomi nauji produktai ir kt.	Praktikumai ir kursiniai darbai 1102 + 86 val. Dėstytojų nuomone, bazė praktikoms, įrenginiai, patalpos studijoms, studijų organizavimo metodai (86%) yra tinkami ir padeda siekti studijų programos rezultatų. Studentų nuomone, įranga studijoms (laboratorinė, kompiuterinė, reikmenys) tinkama ir jos pakanka (80%).
Aukštųjų mokyklų ir darbdavių bendradarbiavimas išlieka formalus. Dalis įmonių vadovų išreiškė norą dalyvauti formuojant baigiamųjų studentų darbų temas, diskutuojant dėl inžinerinių studijų tobulinimo, priimant studentus į praktiką.	Nedaug gamybininkų vadovauja studentams, rengiantiems baigiamuosius darbus, nes neturi tam laiko. Studijų programos kvalifikacijos komisijos pirmininkas ir du nariai yra gamybininkai. Studentams įmonėse skaitomos edukacinės paskaitos, darbdavių atstovai atvyksta į kolegiją skaityti dalykinių paskaitų.
Nedaug dėstytojų turi inžinerinio darbo įmonėse ar taikomųjų tyrimų užsakymų rengimo patirties.	Katedros personalo sudėtis pagal praktinę patirtį atitinka reikalaujamas normas. Dėstytojai stažuojasi įmonėse Lietuvoje ir užsienyje. Taikomųjų tyrimų galėtų būti atliekama ir daugiau, bet katedros dėstytojai rengė mokymo(si) medžiagą technologams, šaltkalviams UAB „Arginta Engineering“
„Prasta studentų kokybė“, lankomumas. Tokie studentai neretai yra nemotyvuoti savarankiškai siekti žinių. Dėl žemos motyvacijos jų mokymosi rezultatai prasti.	Šis klausimas aktualus 1 kurso studentams. 2, 3 kurso dauguma studentų žino, ko nori. Gamybinės praktikos įmonėje rezultatų vertinimas pažymiu: 10 (puikiai) – 21, 9 (labai gerai) – 21, 8 (gerai) – 2. Gamybinės praktikos vadovai apie 2,3 kurso studentus atsiliepia: tvarkingai atlieka užduotis (21), drausmingi (21), iniciatyvūs (20), domisi darbu, įmone (13), praktikos užduotis atliko atsakingai, gerai ir laiku (29), domisi technologijos procesais ir įrenginių mechanika, naujomis technologijomis (19), kruopštūs (6), pareigingi (6) ir t. t.

2 lentelė. Kritinės kompetencijos ir studijuojami dalykai

Praktikos metu pastebėtos trūkstamos kritinės kompetencijos	Studijų programoje numatyti dalykai, kurių metu ugdomos kritinės kompetencijos
Gamybos kritinės kompetencijos	
Techninių brėžinių skaitymo įgūdžiai (5)	Inžinerinė grafika, mechanika, techniniai matavimai, įrangos projektavimas, mašinų gamybos technologija, metalo apdirbimo praktika, technologinė praktika, gamybinė praktika, baigiamoji praktika, baigiamasis darbas
Chromavimo procesas, metalų liejimas, liejinių apdirbimas (1)	Medžiagotyra, chemija, fizika, šiuolaikinės medžiagos ir dangos.
Techniniai įrenginiai (2)	Metalo apdirbimo technologijos įrenginiai, metalo apdirbimo praktika, technologijos įrenginių praktika, programinio valdymo įrenginiai, technologijos įrenginių remontas
Suvirinimas (1)	Suvirinimo technologijos
Socialinės kritinės kompetencijos	
Pasitikėjimo savo žiniomis (3)	Sociologija, psichologija
Nepakanka ryžto ir įgūdžių rimtesnėms problemoms spręsti (2)	Sociologija, psichologija,
Pasitikėjimas dirbant kolektyve (2)	Sociologija, psichologija, praktikos

Išvados ir pasiūlymai

1. Studijų programos vykdymo kokybę dėstytojai vertina gerai, jų nuomone, reikia didinti studentų motyvaciją savarankiškumo, pareigingumo lygi, gerinti sąlygas dėstytojų profesiniam tobulėjimui. Savo aktyvumą dėstytojai vertina gerai ir labai gerai. Reikia sudaryti galimybes mokytis užsienio kalbą, sudaryti grupes vykti į stažuotes ir skatinti dėstytojus dalyvauti mainų programose, stažuotėse ir seminaruose. Katedros personalo sudėtis pagal praktinę patirtį atitinka reikalaujamas normas. Dėstytojai stažuojasi įmonėse Lietuvoje ir užsienyje. Atlieka eksperimentinės plėtros darbus, taikomuosius tyrimus, bendradarbiauja su darbdaviais.
2. Studentai sutinka, kad studijų programos vykdymo kokybė yra pakankama, studentų aktyvumas nepakankamas. Reikia didinti studentų motyvaciją mokytis ir aiškinti taikomus vertinimo metodus, įtraukti studentus į kolegijos veiklą. Studentai visiškai sutinka, kad studijų proceso organizavimas fakultete geras, vidinę fakulteto kultūrą studentai vertina labai gerai ir gerai. Kai kuriems studentams sunku atsakyti į klausimus ir vertinti anketos teiginius (25%). Studentai (84%) patenkinti pasirinkta specialybe, nekeistų pasirinktos specialybės (87%) ir ruošiasi dirbti pagal specialybę (85%).
3. Gamybinės praktikos vadovų nuomone, studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ studentai motyvuoti, tvarkingi, drausmingi, iniciatyvūs, domisi technologijos procesais ir įrenginių mechanika, naujomis technologijomis, kruopštūs, pareigingi ir t. t., savarankiškai, kokybiškai ir atsakingai atlieka pavestas užduotis. Dauguma studentų turi gerą teorinį pasirengimą ir taiko žinias praktikoje. Pastebėti studentų parengimo trūkumai: prak-

tinė patirtis, gamybinės kritinės kompetencijos, teorinių žinių taikymas praktikoje.

4. Vertinant darbdavių lūkesčius ir atsižvelgus į tyrimų rezultatus galima teigti, kad kolegijoje sudarytos galimybės mechaninių technologijų inžinerijos profesiniam bakalauroi parengti. Studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ absolventai yra laukiami verslo įmonėse. Studijų programa nuolat tobulinama, atsižvelgiant į darbdavių lūkesčius. Nors darbdaviai ir rado mechanikos inžinerijos profesinio bakalauro rengimo trūkumų, baigę studijas visi studentai įsidarbina.

Literatūra

1. *Integruotos plėtros strategija 2011–2021 metams*. Vilnius: VTDK, 2011.
2. Laužackas, R.; Stasiūnaitienė, E.; Teresevičienė, M. *Kompetencijų vertinimas neformaliame ir savaiminiame mokymesi*. Kaunas: VDU, 2005.
3. Laužackas, R. *Svarbiausios profesinės edukologijos sąvokos*. Vilnius: Phare VetReform, 1996.
4. Petraševičienė, S.; Vilkas, P. Studijų programos „Mechaninių technologijų inžinerija“ studentų gamybinių praktikų vertinimas. Taikomojo tyrimo ataskaita. Vilnius: VTDK, 2016.
5. Senulienė, R. Dėstytojų nuomonė apie studijų programos vykdymą. Taikomojo tyrimo ataskaita. Vilnius; VTDK, Mechanikos inžinerijos katedra, 2014.
6. Senulienė, R. Studentų nuomonė apie studijų programos vykdymą. Taikomojo tyrimo ataskaita. Vilnius: VTDK, Mechanikos inžinerijos katedra, 2014.
7. Specialistų rengimo Lietuvos institucijų galimybės užtikrinti inžinerinės pramonės konkurencingumo augimą. Tyrimo ataskaita. Parengė Socialinių inovacijų institutas. Tyrimo užsakovas: Lietuvos inžinerinės pramonės asociacija. Vilnius, 2013.

MEETING EXPECTATIONS OF EMPLOYERS ON KNOWLEDGE AND SKILLS OF MECHANICAL ENGINEERS

**Sofija Petraševičienė, Rita Senulienė,
Povilas Vilkas**

*Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius*

Abstract. The article analyses the professional mechanical engineering Bachelor of science knowledge and skills match employers expectations. Provides faculty,

student opinion about the studies in mechanical engineering technology, industrial managers, practitioners in the applicant's opinion on the two sides of the professional Bachelor of mechanical engineering technical and social-critical competencies. Research suggests that graduates obtained the theoretical capacity to meet the needs of employers, and the practical skills you need to improve. The program has produced consistent with the corporate strategy. Company executives are recruited to meet the college graduates, and believes that the prerequisites of the program have already been the subjects of professional work successfully in a changing professional environment.

MEDINIŲ PĖSČIŪJŲ TILTŲ ARCHITEKTŪRINIŲ IR KONSTRUKCINIŲ SPRENDINIŲ TYRIMAS

Alvyda Anciūtė, Tatjana Grigorjeva

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

Anotacija. Nagrinėjama medinių pėsčiųjų tiltų architektūros ir konstrukcijų estetika. Apžvelgti pagrindiniai architektūros teorijos aspektai ir ypatybės, taikomos tiltų architektūros klausimams nagrinėti. Aptarti architektūros linijos, kontūro, formos, spalvos ir tekstūros aspektai bei tvarkos, proporcijos, ritmo ir harmonijos ypatybės. Nagrinėjamos pėsčiųjų tiltų architektūros ypatybės. Pėsčiųjų tiltų ypatybėms pagrįsti analizuojami tiltų pavyzdžiai. Aptartos konstrukcijų estetikos teorijos pagal Gottemoeller skirstymą: geometrijos, racionaliosios, skulptūriškumo ir konstrukcijų teorijos. Pateiktos primityviųjų, paprastųjų, Kinijoje statytų vaivorykštės arkinių, dengtų ir šiuolaikiškų medinių tiltų apžvalga ir analizė.

Raktiniai žodžiai. Mediniai pėsčiųjų tiltai, architektūra, konstrukcijos, aspektai, kriterijai, tektonika

Įvadas

Tiltai visais laikais buvo svarbūs kiekvienos šalies ekonominiam, politiniam ir kultūriniam gyvenimui. Tiltų statyba nėra vien topografinis, susisiekimo, transporto, ekonominis, kultūrinio paveldo ar konstrukcijų medžiagų klausimas. Tai ir patirties, meistriškumo, mados, prestižo, privilegijos ir išankstinio nusistatymo problema. Tiltai turi simbolinę reikšmę bei atspindi to laikotarpio dvasią [10].

Tiltų statyba prasidėjo tada, kai žmogus upelio ar griovio viduryje supylė kauburį ir nuo vieno krašto rąstą permetė iki to kauburio, o nuo jo į kitą krantą. Pirmieji tiltai, tai primityvūs lianų kabamieji tiltai, akmeniniai tiltai, permestų per kliūtį rąstų lieptai [10].

Antikos laikotarpiu išstobulėjo medinių ir akmeninių tiltų statyba. Karinių kampanijų metu specialūs kariniai daliniai statė tiltus. Statomi pontoniniai tiltai, išrandama pusapskritimo arka, kuri leido statyti kur kas didesnio tarpatramio, aukštesnius tiltus nei iki tol buvę mediniai ar akmeniniai sijiniai tiltai. Romėnai atrado natūralų gamtinį cementą - pucolaną, kurį naudojo akmeninių tiltų taurams sutvirtinti. Taip pat išrasta kesoninė atrama tiltų taurams [10, 14, 19].

Viduramžiais tiltų statyboje paplito smailioji arka. Prie pilių, gynybos sumetimais statomi pakeliamieji mediniai tiltai – vartai. Renesanso laikotarpiu italų architektas A. Paladijus patobulino stogo santvaras ir pritaikė jas tiltams, kurių tarpatramis siekė net 30 metrų. Didesnio tarpatramio tiltai buvo statomi iš akmens. Akmenų mūrą imta mūryti taip, kad akmenys gultų statmenai arką veikiančiai ašinei jėgai [2, 8, 14, 19].

Klasicizmas – akmeninių tiltų apogėjaus laikotarpis Europoje. Statomi kur kas grakštesni, lengvesnių formų akmeniniai tiltai. Medinėmis santvaromis perdengiama 58 metrų anga Jungtinėse Amerikos Valstijose, paplinta dengti mediniai tiltai. Kuriamos naujos formos medinės santvaros [8, 19].

Pramonės revoliucijos metu geležis, ketus išstūmė lig tol vyravusius akmenį ir medį. Pirmą kartą geležinkelui panaudota dėžinio skerspjuvio sijos ir vamzdinio skerspjuvio arkos, kombinuotos su lynais. Metalinių konstrukcijų panaudojimas atvėrė naujas galimybes perdengti net iki 260 metrų angas [8, 20].

Šiandien mokslo pažanga, spartus naujų medžiagų ir konstrukcijų tyrimo bei kūrimo tempas nuo 1930 -ųjų metų leidžia perdengti net didesnius nei kilometras tarpatramius. Tiltais jungiamos salos ir net žemynai [4, 8, 17, 20].

Nuo senovės mediena buvo viena svarbiausių medžiagų tiltams statyti. Didėjant perdengiamų angų tarpatramiams, atsirandant naujoms medžiagoms mediena kaip tiltų statybinė medžiaga buvo nepelnytai pamiršta. Šiandien inžinieriai, vėl atradę šią konstrukcinę medžiagą, stengiasi ją perprasti ir iš naujo pažvelgti į jos suteikiamas galimybes įgyvendinti architektūrines idėjas. Kadangi pėsčiųjų tiltus veikia mažesnės apkrovos, tai šios idėjos geriausiai įgyvendinamos medinių pėsčiųjų tiltų statyboje.

Nagrinėjant tiltų architektūrą reikalingi tam tikri kriterijai, pagal kuriuos būtų galima įvertinti tilto meninį vaizdą. Šie kriterijai nėra vienodai taikomi automobilių ir pėsčiųjų tiltams.

Tiltai yra tektoniški statiniai, kurių architektūrą diktuoja konstrukcija, tačiau tik XX–XXI a. pėsčiųjų tilto meniškumas tapo toks pat svarbus uždavinys kaip stiprumas ir ilgaamžiškumas.

Medinių pėsčiųjų tiltų architektūros ypatumai

Architektūra – tai vaizduojamasis menas, kurį stebėtojas suvokia per reginį. Tačiau kiekvienas asmuo vaizdą mato ir vertina savaip. Estetiniam išpūdžiui išreikšti vartojami tiksliai apibrėžti ir vienodai suprantami terminai. Todėl architektūriniam vaizdai nagrinėti reikia žinoti, kokiomis priemonėmis vaizdas yra kuriamas. Aspektai – tai charakteristikos, skirtos apibrėžti matomam objektui, jo dalims bei apibūdinti tų dalių ir aplinkos kompozicijai. Pagrindiniai tokie aspektai yra *linija, kontūras, forma, spalva, tekstūra*, o projektuojant tiltus dar labai svarbūs yra *šešėliai* ir *atspindžiai* [6, 11]. Šie aspektai labai praverčia projektuojant bei nagrinėjant tiltų architektūrą. Jie nurodo žiūrovo akies prisitaikymą prie regimo vaizdo. Pirmiausia scenovaizdyje pastebima tilto linija – dažniausiai tai būna tilto paviršius, kuriuo vyksta eismas. Tačiau tilto do-

minuojančia linija gali tapti ir turėklai. Taip atsitinka, jei turėklų statiniai (arba ilginiai) tankiai išdėstyti arba stebėjimo vieta parinkta taip, kad tiltas regimas perspektyvoje. Tada turėklų statiniai susilieja sudarydami naują plačią dominuojančią juostą. Tokia juosta kompoziciškai naudojama tilto horizontalioms laikančiosioms dalims vizualiai susiaurinti, tai sukuria iliuziją, kad tiltas yra liaunesnis, grakštesnis.

Suvokus pagrindinę tilto liniją, ima ryškėti papildomosios linijos – taurų ir atramų vertikalės, sijų briaunos, atraminių sienelių ir triukšmo ekranų viršaus ribos. Šios linijos sukuria kontūrą ir taip riboja scenovaizdžio plotą. Šis kontūru apribotas plotas yra dvimatis. Trimatis vaizdas – forma – išryškėja atidžiau išžiūrėjus į tilto dėmę. Formą suvokti labiausiai padeda šešėlis ir perspektyva. Trys pirminiai aspektai – linija, kontūras, forma – leidžia visiškai suvokti tilto esmę, tačiau spalva ir tekstūra papildo ši suvokimą medžiagiškumu. Nors spalvą mes suvokiame kaip paviršiaus gebėjimą atspindėti šviesą, būtent šviesa yra nepastoviausias tilto vaizdo dėmuo. Apšvietimas kinta priklausomai nuo paros laiko, metų laiko ir oro sąlygų, paties tilto iluminacijos, kartu kinta ir tilto spalva. Paprastai pėsčiųjų tiltų spalvą regi ir vertina pats pėstysis. Jo matymo lauke dominuoja grindinio spalva, turėklų, šviestuvų ir kitų smulkesniųjų tilto dalių spalvinė kompozicija.

Tiltų kompozicijai įvertinti yra naudojamos vizualinės ypatybės, kurios apibūdina aspektų išsidėstymą. Tvarka, proporcija, ritmas, harmonija, vientisumas yra neapčiuopiamos vaizdinės savybės, kurias suvokia ir interpretuoja stebėtojas.

Tvarka. Kompozicijos tvarkingumu laikomas toks elementų išdėstymas, kai visi turi aiškią vietą, reikšmę ir funkciją.

Proporcija ir ritmas. Tvarkos įspūdžiui sukurti naudojama proporcija ir ritmas. Tai dalių dydžių ir jų santykių bei elementų išdėstymo tvarka.

Harmonija. Harmonija pasireiškia tilto ir jo dalių vizualiniu panašumu. Jei formos, kontūrai ir linijos iš esmės yra nepanašių charakteristikų, tada jie yra vertinami kaip neharmoningi, nederantys.

Vientisumas. Vienovė stebėtojui suteikia vientisumo jausmą. Tą suteikia dominuojantis kompozicijos elementas, kuris apima likusias dalis, veikia kaip jungtis su kitomis išraiškos priemonėmis.

Kiekviename tilto projekte šie aspektai ir ypatybės turi nevienodą reikšmę, todėl sudaro unikalias kombinacijas. Vis dėlto galima išvelgti tam tikras nuostatas, taikomas pėsčiųjų tiltams. Bene svarbiausi aspektai, taikomi pėsčiųjų tiltams, yra *linija, forma, paviršiaus tekstūra* bei *spalva*. Pėsčiųjų tilto linija tapatinama su judėjimo paviršiumi ir, kitaip nei greitkelių tiltuose, ši linija nėra ilga. Tilto ilgis priklauso ir nuo jo aplinkos, jo funkcijos bei reikšmės pėstiesiems. Mažesnio ilgio tiltai būdingi urbanizuotai vietai, kur pagrindinius pėsčiųjų takus kerta judrios gatvės ir upės. Jie skirti saugiai ir per trumpiausią galimą laiką tarpą pasiekti miesto traukos vietas. Mažai urbanizuotose vietovėse,

kur gamtinis reljefas nepastovus, gausu plačių upių ir tarpeklių pėsčiųjų tiltai paprastai būna ilgesni kaip 100 metrų. Tokiose vietovėse tiltai skirti pagerinti susisiekimui tarp atokių gyvenviečių bei rekreacinėms reikmėms.

Dabartiniai pėsčiųjų tiltai savo architektūrine idėja nenusileidžia šiuolaikinio meno kūriniam. Tilto formoms apibūdinti nebetinka statiškumo kategorija. Tiltas pėstiesiems nebėra vien takas nueiti į tam tikrą vietą. Tiltas skirtas susitikimams, pasisėdėjimams, tai ir apžvalgos aikštelė, kur galima pasigrožėti vietos gamtovaizdžiu ar miesto panorama [6]. Tokio tilto pavyzdžiai galėtų būti *Onepoto* tiltas Naujojoje Zelandijoje bei *Henderson Road* tiltas Singapūre.

Onepoto tiltas pastatytas šalia istorinio tilto taurų liekanų ir greitkelio tilto, kurį rekonstravus ir paplatinus, neliko šalitilčio pėstiesiems (1 pav). Išskirtinė istorinė vieta, kur nuo seno vietiniai maoriai pelkėse žvejodavo, įpareigojo suprojektuoti tokios formos tiltą, kuris atspindėtų vietovės dvasią, kartu organiškai įsiliėtų į natūralią medžių ir krūmų mangrovę. Tilto forma buvo modeliuojama tikrai skaitmeniškai, naudojant specializuotą programinę įrangą. Tai leido ieškoti nepastovios, sudėtingos, organiškos, kartu racionalios ir estetiškos formos. Todėl tilto forma primena milžiniškus žuvies kaulus ar banginio griaučius. Griaučių įspūdį kuria vienodu spinduliu lenkti klijuotos medienos elementai. Šie elementai yra kintamo ilgio ir sudėlioti taip, kad sudarytų nepastovios amplitudės sinusoidės formos skydą. Šis skydas einantiems tiltu per specialiai paliktus tarpus ir iškirstas angas suteikia mirgančios aplinkos įspūdį. Taip pat jis atlieka svarbią pėsčiųjų apsaugos nuo greta esančio greitkelio triukšmo ir dulkių funkciją [1]. Šio tilto struktūra atspindi istorinę vietovės reikšmę, užtikrina pėsčiųjų saugumą bei sukelia jiems susidomėjimą vietine gamtine aplinka.

Įmantrios linijos tilto pavyzdys gali būti minėtasis *Henderson Road* tiltas, dar kitaip vadinamas *Henderson Wave* (2 pav). Šis pėsčiųjų tiltas yra aukščiausias Singapūre, jo aukštis – 36 metrai virš žemės, o ilgis siekia 274 metrus. Jis jungia dviejų parkų kalvas Singapūro priemiestyje. Šios kalvos driekiasi aplink miesto pietinę dalį beveik devynis kilometrus [12]. Šių kalvų įvaizdis subtiliai panaudotas organiškose tilto formos linijose. Pagrindinę tilto idėją sudaro banguojanti tilto tūrio linija, kuri tai pakyla virš pėsčiųjų tako, tai smenga žemyn pradingdama po keleivių kojomis. Kiekvienos bangos šoktelėjimas sukuria poilsio zoną, apžvalgos aikštelę su azūrine pavėsine, kur iš pat medžiu grįsto grindinio nepastebimai iškyla suoliukai atsisėsti. Pavėsinės azūras sudarytas iš pačių tilto plieninių elementų, iškilusių ir tarsi lūžtanti banga gaubiančių dalį pėsčiųjų tako. Tačiau šio tilto forma neišplaukia iš funkcijos, greičiau atvirkščiai – funkcija seka formą. Tokia elegantiška ir skulptūriška forma, sudėtingas koncepcijos, erdvės ir medžiagų ryšys tampa orientyru ne vien miesto panoramoje, bet ir nauja architektūros bei inžinerijos sintezės metafora.



1 pav. Onepoto tiltas Naujojoje Zelandijoje [3]



2 pav. Henderson Wave tiltas Singapūre [16]

Tilto liniją ir formą nesunku pastebėti žvelgiant iš tolo, tačiau tako dangos faktūrą pastebėti galima tik einant pačiu tiltu. Pėsčiųjų tiltų paviršių veikia nedidelės apkrovos, todėl jų dangai pasirenkamos įvairesnės medžiagos nei automobilių tiltams. Senovėje tradiciškai tiltų paviršiai grįsti akmenimis, plytomis ir mediena. Šiuolaikiniuose tiltuose akmenį ir plytas dangai pakeitė asfaltas, betoninės plytelės ir trinkelės, nors projektuotojai vėl atranda ir pritaiko medinių tašų grindinį naujiems pėsčiųjų tiltams. Medinis grindinys patrauklus ne vien savo įrengimo nesudėtingumu, bet ir tekstūra. Jis išsiskiria iš kitų medžiagų minkštumu, dusliu garsu vaikstant bei spalvine gama. Tekstūra charakterizuoja objektų paviršių, apibūdina paviršiaus šiurkštumą, kuris gali būti raštuotas arba atsitiktinai gruoblėtas [6]. Tekstūra dėl mažyčių šešėlių susidarymo ant objekto paviršiaus padeda suvokti formą. Taip pat tekstūra gali vizualiai sušvelninti, sumažinti stambų mastelį, suteikti įdomumo plokštumai bei sukurti žmogiško mastelio įspūdį tokioms stambioms tilto dalims, kaip taurai, kontraforsai ir atraminės sienutės. Judėjimo greitis ir atstumas keičia tekstūros suvokimą. Kuo didesnis stebėjimo atstumas ir greitis, tuo stambesne tekstūra dekoruojama, antraip ji susilieja į vientisą neaiškiai šešėliuotą plokštumą [6]. Bet pėsčiųjų tiltams tekstūra parenkama ir labai smulki, kadangi čia vyrauja nedidelis einančiojo greitis, tekstūrą pėstysis ne vien regi, bet gali paviršių paliesti ir pačiupinėti, jausti kojomis dangos grubumą ar atvirksčiai – lygumą. Todėl pėsčiųjų

tiltams dažnai parenkami mediniai turėklai, kurie malonūs liesti, o tako dangos tekstūra parenkama tokia, kuri suteikia patrauklų raštą ir komfortą vaikščiojant.

Spalvą žmogus supranta kaip paviršiaus gebėjimą atspindėti tam tikras šviesos spektro bangas. Spalvos gali pabrėžti, sušvelninti, akcentuoti ar prislopinti objekto liniją, kontūrą ir formą. Skirtingu metų ir paros laiku spalvos keičiasi dėl kintančio natūralaus apšvietimo ir atmosferos sąlygų [6]. Taip pat tilto spalva yra veikiama aplinkos spalvinės kompozicijos. Todėl dažnai tilto spalva vertinama kaip tinkanti arba netinkanti aplinkai. Kiekvienu atveju pėsčiųjų tilto spalva renkama pagal įvairius kriterijus, pavyzdžiui, pagal paveldo ar istorinės vietovės bruožus, vietovės simbolio ar rėmėjo ženklų spalvinius sprendimus. Dažnai ji renkama priešinga ar kontrastinga aplinkos spalvai, tada toks tiltas pavadinamas tiesiog tos spalvos tiltu, pavyzdžiui, Baltasis tiltas. Kartais medinių tiltų atskiros dalys nedažomos, o paliekama natūrali medienos spalva, kuri ilgainiui dėl atmosferos poveikio kinta. Minėto *Henderson Wave* tilto dangai parinkta geltonosios **azijinės šorėjos (balau) mediena**, kuriai nereikalingas papildomas apdorojimas nuo vabzdžių ar pelėsių. Ilgainiui ši mediena keičia spalvą ir po keliolikos metų gelsvo vario atspalvio taškai tampa pilkai sidabrinės spalvos. Šio tilto grindiniui panaudoti daugiau kaip 5000 medinių tašų modulių, kurie plastiškai pereina į turėklus, altanose išnyra kaip suoleliai [12]. Tai ne vienintelis pavyzdys, kai natūrali medienos spalva neslepama, o specialiai paliekama neimpregnuota. Alyvuojant ar dažant įvairiomis dažyvmėmis pabrėžiama medienos struktūra ir spalva, nors šiltos natūralaus medžio spalvos savaime malonios akiai, lengvai derinamos įvairiose aplinkose ir scenovaizdžiuose.

Pėsčiųjų tiltų architektūra pasižymi išskirtiniu dėmesiu linijai, kuri nebūtinai sutampa su pėsčiųjų taku, kartais pats tilto tūris suvokiamas kaip linija. Pėsčiųjų tiltų formai įtakos turi aplinkos istorinis ir gamtinis aspektai, taip pat ypatingi projektuotojų iškelti uždaviniai. Tekstūra tiltui suteikia papildomo žaismingumo ir įdomumo, o spalva gali atlikti keletą vietovės žymės ir akcento funkcijų. Pėsčiųjų tiltai projektuojami ne tik kaip statiniai infrastruktūrai gerinti, bet ir patenkinti pėsčiųjų erdvės poreikį, kur galima pasigrožėti panorama, bendrauti ir pailsėti.

Medinių pėsčiųjų tiltų konstrukciniai sprendiniai

Tiltas, kuriam apibūdinti taikomos tokios charakteristikos, kaip paprastumas, vizualinis lengvumas ir vientisumas, vertinamas kaip patrauklus akiai ir geros kompozicinės sandaros. Šios tilto savybės yra abstrakčios, kiekvienu atveju skirtingos, todėl jos sunkiai apibrėžiamos ir dažniausiai tėra hipotetiškai suvokiamos. Tačiau nuo seniausių laikų žmogus bandė įvesti tam tikrus parametrus, kuriais naudojantis gali būti išgau-

namas tam tikras vizualinis efektas. Jau senovės graikai susistemino estetinės raiškos mintis bei išskėlė meninio vertingumo teorijas. Tokios teorijos gali būti suskirstytos į keturias kategorijas: geometriškumo, racionalumo, skulptūriškumo ir struktūriškumo [6].

Geometriškumo teorija. Geometrijos teorijos, dar kartais vadinamos klasikinėmis, paremtos idėja, jog žmogus objektus suvokia kaip gražius ir malonius tada, kai jie sukelia rezonansą su struktūromis ir modeliais, užfiksuotais žmogaus pažintinėje sistemoje. Šios teorijos remiasi geometrinėmis proporcijoms, pavyzdžiui, stačiakampio sienų ilgio santykis pagal auksinio pjūvio teoriją (1:1,618) automatiškai priimamas kaip puikus dėl numanomai įgimto proporcingumo jausmo.

Racionalumo teorija. Racionalumo teorijos teigia, kad objekto forma patraukli tada, kai ji atspindi tiesioginę to objekto funkciją ir reikšmę. Ši teorija lengvai pritaikoma objektams, kurie turi tik vieną akivaizdžią funkciją, o nagrinėjant daugiafunkcinius objektus ji nėra lengvai pritaikoma.

Skulptūriškumo teorija. Skulptūros, kaip meno šakos, tikslas yra per trimatį vaizdą sukelti stebėtojui tam tikras emocijas ir paskatinti mąstyti. Skulptūriškas objektas tampa gražus, įsimintinas tada, kai jo sukeltos emocijos atitinka stebėtojo vertybes ir poreikius tuo momentu.

Struktūriškumo teorija. Šios teorijos teigia, kad gražūs tie objektai, kurių formos ir detalės atspindi veikiančias jėgas ir apkrovas. Šią teoriją grindžia įgimtu žmogaus konstrukcijų suvokimu, kuris paremtas jo paties kūno sandara ir gamtinės aplinkos analize.

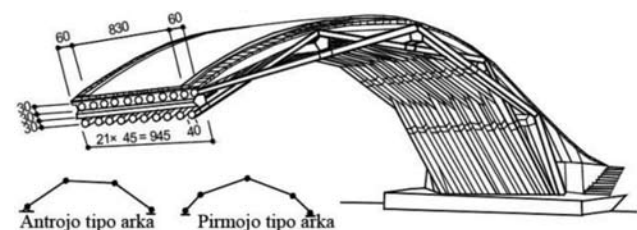
Estetinio vaizdo kūrimo teorijos bando paaiškinti ir pagrįsti objekto kompozicijos sudarymo principus. Geometriškumo, racionalumo, skulptūriškumo ir struktūriškumo teorijos remiasi žmogaus įgimtu suvokimu, mąstymu, logika ir emocijomis. Tiltų estetinio vaizdo kūrimas nėra vien turėklų ir šviestuvų priderinimas prie tilto konstrukcijos. Tiltų konstrukcijos projektavimas tiesiogiai susijęs su jo estetika. Laikui bėgant skirtinguose pasaulio regionuose išsivystė savitas požiūris į medinius pėsčiųjų tiltus.

Ankstyvieji primityvūs tiltai buvo statomi ten, kur buvo medienos. Tokie pirmieji tiltai buvo paprastai permesti per upelį ar griovą rąstai. Tokie tiltai nebuvo didelio tarpatramio, jų dydį ir plotį riboję rąstų ilgis ir skersmuo. Rąstai nejungiami, stabilumui užtikrinti rąstų galai įgilinami į krantus, tačiau atramų papėdžių, pamatų ar specialus šlaitų stiprinimas nedaromas. Šiems tiltams statyti nereikalingos specialios žinios, o įrankiai paprasti – kirvis rąstui nuleisti bei šakoms nukapoti, virvės, reikalingos paruoštam rąstui nutempti į tilto vietą. Tokie tiltai nepatogūs, nes paviršius nelygus, rąstai juda vienas kito atžvilgiu. Šio tipo tiltai neilgaamžiai, rąstų galai dėl drėgmės greitai sutrešdavo, todėl juos reikėjo keisti kas keletą metų.

Laikui bėgant statymo technika tobulėjo, žmogus išrado ratą ir vežimą. Vežimams reikalingas lygus kelias, todėl tiltai imti statyti kruopščiau, įdedant daugiau

rankų darbo. Statomi akmeniniai tiltai, taip pat patobulėjo medinių tiltų konstrukcija ir išvaizda. Nuo rąstų pašalinama žievė, jie tašomi, suteikiama stačiakampio skerspjūvio tašo forma. Tašai tarpusavyje rišami virvėmis, jungiami sprauseliais. Tokie tiltai platesni, stipresni, mažiau įlinksta, lygesniu paviršiumi, kartais jau ir su turėklais bent iš vienos pusės. Stengiamasi tiltą įrengti kelio paviršiaus lygyje, o tilto atramos stiprinamos akmenimis [15]. Tokio tipo tiltų – lieptų – dar daug kur statoma, ypač prie ežerų ir upių nereikšminguose keliukuose ir takuose vietinių gyventojų poreikiams. Šie tiltai taip pat nepasižymėjo ilgaamžiškumu – juos nunešdavo ledonešis, jie sudėgdavo per karus. Todėl svarbesnėse vietose statyti akmeniniai tiltai. Menkas inžinerinis išmanymas, nepatrauklios šiurkščios formos neprisidėjo prie žmonių tikėjimo medinių tiltų stiprumu bei architektūrinės minties tobulinimo.

Tuo tarpu Kinijoje apie 1032 – 1033 imti statyti vadinamieji vaivorykštės mediniai tiltai. Šie tiltai buvo pirmiausiai aptikti senuosiuose tapybos darbuose. Pagal piešinį atkūrus tokio tilto konstrukciją imta ieškoti išlikusių pavyzdžių pietinėse ir rytinėse Kinijos vietovėse (3 pav). Išlikusių vaivorykštės tipo arkinių medinių tiltų nebuvo rasta, tačiau aptikti išlikę patobulintos konstrukcijos tiltai, kurių seniausias datuojamas nuo 1090 metų (*Wan'an Bridge*, Pingnan apygardoje, Fujian provincijoje). Vaivorykštės arkos medinių tiltų konstrukciją sudarė dviejų tipų arkos, pirmojo tipo arkų yra 11, o antrojo – 10, kurios suglaustos paeilui. Arkos sudarytos iš įkirčiais sujungtų rąstų, kurių diametras yra 40 cm. Tarp jų prakišti penki ilginiai taip, kad arkos sudarytų žirkles, bet ilginiai neleidžia arkoms judėti. Šie ilginiai jungia arkas, suteikia tiltui stabilumo ir paskirsto apkrovas visoms arkoms vienodai. Tiltų atramos statomos iš medinio rėmo, kuriame suguldyti tvirtos uolienos akmenys arkų skečiamajai jėgai atlaikyti [7]. Tokio sudėtinio arkinio tilto konstrukcija atitiko ją veikiančias gniuždymo jėgas, o atramos įrengiamos suvokiant jų darbą ir reikšmę.



3 pav. Senovinio vaivorykštinio arkinio tilto konstrukcijų aksometrinis vaizdas [7]

Žymus italų architektas Paladijus savo klasikiniame 1570 – aisiais išleistame traktate apie graikų ir romėnų architektūrą „I Quattro Libri dell'Architettura“, pavaizdavo paprastas santvaras, sudarytas iš trikampių, jų perduodamas apkrovas atramoms ir pamatams. Paladijus pritaikė tradicines stogų santvaras tiltams, iš kurių vienintelis išlikęs yra Bassano tiltas dar kitaip vadinamas Ponte Vecchio. Santvaros, perimtos iš ro-

mėnų ir pritaikytos tiltams, buvo vienas iš svarbiausių renesanso inžinierių įnašų į tiltų konstrukcijų vystymą [2]. Tačiau medinės tiltų santvaros ypatingu meniškumu nepasižymėjo, ilgainiui Europoje plačiau nepaplito, kadangi renesanso inžinieriai tiltams daugiausia naudojo segmentines, elipsines ir daugiacentres arkas.

Medinės santvaros plačiau paplito Šiaurės Amerikoje po nepriklausomybės paskelbimo, prasidėjus pramonės revoliucijai imta sparčiai vystyti susisiekimo sistema, urbanizuojamos vietovės. Iš Europos kviečiami įvairių sričių specialistai, taip pat ir inžinieriai keliams bei tiltams projektuoti. Dengtiems santvariniams tiltams statyti daugiausia naudojo medieną. Tuo metu tai bene gausiausios ir lengviausiai pasiekiamos medžiagos tiltų statybai. Todėl Šiaurės Amerikoje buvo išstobulinti keli santvarų tipai ir unikali dengtų tiltų stilistika. Dengtiems tiltams santvaras patentavo Viljamas Houvas (William Howe), Stevenas Longas (Stephen H. Long), Teodoras Buras (Theodor Burr), Itelis Taunas (Ithiel Town), Hermanas Hauptas (Herman Haupt), Robertas Smitas (Robert Smith), Reubenas Partridžas (Reuben L. Partridge), Horacijus Čaildsas (Horace Childs) ir kiti [13]. Beveik visi jie projektavo tiltus atskirose valstijose Amerikoje ir Kanadoje, tačiau kiekvienas iš jų turėjo ambicijų perdengti kuo didesnę tarpatramį bei sukurti kuo efektyvesnę konstrukciją.

Europoje XIX amžiaus viduryje patobulėjus geležies apdirbimo technologijai atpigo geležis ir plienas, o po 50 metų konstrukcijoms pritaikytas gelžbetonis. Po Pirmojo pasaulinio karo imta masiškai naudoti gelžbetonį, taip pat ir tiltų statyboje, todėl tiltų konstrukcijoms gaminti mediena buvo naudojama itin retai. Inžinieriai medieną kaip konstrukcijų medžiagą tiltams vertino neigiamai, manė ją esant nepatikimą, greit yrančią ir ribotų konstrukcinių sprendinių bei neišvaizdžių architektūrinių formų. Mediena vėl atrasta maždaug apie 1980 – uosius metus. Klijuota mediena panaudota keliems tiltams, taikant inovatyvius sprendinius – slėgiu modifikuotą medieną, suveržtos klijuotos medienos denginį, dėžinio ir „T“ formos klijuotosios medienos sijas bei sijas su kompozitinėmis medžiagomis [15]. Nauji mokslininkų išradimai skatina inžinierių susidomėjimą naujomis medinių konstrukcijų ir gaminių galimybėmis.

Kjærra pėsčiųjų tiltas per *Numedalslågen* upę Norvegijoje, pastatytas 2001 metais, yra portalo formos medinis tiltas (4 pav). Jį sudaro trikampės gembės, o į jas remiasi 66 metrų vidurinė dalis. Vidurinė dalis turi nedidelį išlinkį, kurį dar labiau pabrėžia paspyrinė konstrukcija. Ji sukonstruota stengiantis panaudoti kuo daugiau medinių elementų, todėl statiniai ir spyriai pagaminti iš medžio, o templė ir skersiniai ryšiai iš plieno. Kombinuoto su metalinėmis ir medinėmis paspyrinėmis konstrukcijomis tilto ilgis siekia 132 metrus, o pagrindinis tarpatramis – 92 metrus [9]. Šis tiltas pastatytas gerinant susisiekimą *Kjærra* krioklių parke tarp abiejų upės krantų. Parko traukos centras yra upė, kurioje plėtojama pramoginė laisvų žvejyba.



4 pav. *Kjærra* pėsčiųjų tiltas per *Numedalslågen* upę Norvegijoje [9]

Architektas Georgas Šteinklameris (Georg Steinklammer) laimėjo konkursą tilto architektūrinei idėjai Drau vietovėje Austrijoje. Tai 50 metrų ilgio pėsčiųjų ir dviratininkų tiltas, kurio denginį laiko spirale susukta klijuotos medienos kiauto konstrukcija (5 pav).



5 pav. Pėsčiųjų tilto Drau vietovėje Austrijoje konkurso nugalėtojas – modelis [5]

Tai pirmasis medienos lukšto tilto projektas. Kiautą sudaro kryžmiškai sujungtos lentos, kurios bus paslėptos po vientisa apkala, o prie spiralės linkio prikabintos plieninės pakabos laikys medinį denginį, kurio plotis 3,2 m [5]. Šiam tiltui pasiūlytos ir sumodeliuotos dvi galimos denginio konstrukcijos, o detalų konstrukcijos tyrimą ir projektavimą atlieka Insbruko (Innsbruck) universiteto profesorius Michaelis Flachas.

Medinių tiltų tektonika

Tektonika [gr. tektonike – statybos menas] yra architektūros arba dailės kūrinio konstrukcinės sandaros, meninių priemonių darna; visumos ir elementų santykis [18]. Kompozicijoje tektonika yra gaminio, kūrinio ar statinio konstruktyvinis sprendimas, atitinkantis kūrinio formos plastikos turinį. Architektūrinę statinio tektoniką lemia jo dalių išdėstymas ir pavaldumas, išplaukiantis iš jo bendros struktūros – iš konstrukcinės sandaros meninės išraiškos. Kiekvienai konstrukcinei statinio sandarai ir struktūrai būdingos tam tikros tektoninės formos. Tektoninė forma gali būti išreiškiama pabrėžiant medžiagų savybes ir gamybos būdą [11]. Tektonika kaip kūrinio kompozicijos raiškos priemonė tiltams taikoma labai dažnai.

Tiltuose tektonika išreiškiama keliais būdais, bet pagrindiniai iš jų – tai tektonikos raiška per konstrukcijas ir jų medžiagiškumą. Tiltų estetika iš esmės susiju-

si su jų konstrukcijomis, o konstrukcijų kompozicija, paremta tektoniškumu, yra vienas iš tilto vaizdo harmonizavimo būdų. Todėl tiltai, kurių konstrukcijos neuždengtos, nepagražintos architektūrinėmis dekoratyvinėmis formomis ir detalėmis, o konstrukciniai elementai modeliuojami taip, kad atitiktų estetinius reikalavimus, sukurtų lengvumo ir grakštumo įspūdį, vertinami kaip išryškintos tektonikos statiniai. Medžiagiškumo tektonika išreiškiama pabrėžiant konstrukcijų medžiagų savybes ar apdirbimo būdą. Tiltams naudojamos medžiagos – mediena, akmuo ir plytos, metalas ir gelžbetonis, turi savo tektonines formas. Medinės tiltų konstrukcijos dažnai būna paprastos paspyrinės iš apvaliųjų ir tašytų rąstų, akmens luitai ir plytos naudojami mūriniams arkiniams tiltams, metalai ir gelžbetonis yra plastiški, todėl naudojami beveik visų tipų tiltams. Bet, pavyzdžiui, gelžbetoninius tiltų elementus, galima išlieti taip, kad atsispautų klotinių medinių lentų metinių rievinių raštas, tada tokia gelžbetonio kaip medžiagos tektonika bus vadinama imituojančiąja, arba fiktyviąja.

Išvados

Medinių tiltų konstrukcijos ir architektūra tobulėja kartu su žmogaus suvokimu apie gamtą, medžiagas, daiktus ir jų struktūrą. Medinių pėsčiųjų tiltų savybės betarpiškai susijusios su pačios medienos kaip medžiagos trūkumais ir privalumais.

Pėsčiųjų tiltas nėra vien objektas susisiekimui gerinti. Tai ir architektūrinis objektas, kurio išvaizdai taikomi tie patys estetikos dėsniai kaip ir pastatams, taikomajai dailei ar skulptūrai. Tačiau tilto forma betarpiškai susijusi su jo konstrukcijomis ir jų meniškumu. Todėl be architektūrinio vaizdo kūrimo priemonių nagrinėjimo tilto estetikoje papildomai reikia atsižvelgti į konstrukcijų meniškumo kūrimo būdus. Tiltų estetikai harmonizuoti dar taikomi architektūros tektonikos būdai. Išskirtinis tilto estetikos kūrimo būdas, tai tilto projektavimas taip, kad viso tilto meniškumas būtų atskleistas per jo laikančiąsias konstrukcijas.

Literatūra

1. Alhashimi, S. Bridge Architecture. [Žiūrėta 2015 m. spalio 29 d.] Prieiga per Internetą: <<http://www.shwan.net/BA.pdf>>.
2. DeLony, E. Context for World Heritage Bridges A joint publication with TICCIH (The International Committee for the Conservation of Industrial Heritage), Occasional Papers for the World Heritage Convention, International Council on Monuments and Sites. Paris. Prieiga per Internetą: <<http://www.icomos.org/studies/bridges.htm>>.
3. Devitt, S. Onepoto Bridge. Beca Architects. [Žiūrėta 2015 10 31] Prieiga per Internetą: <<http://www.nzwood.co.nz/case-studies/onepoto-footbridge/#next>>.
4. Duan, X.; Virola, J.; Ding, D. Design of main bridge of Chaotianmen Yangtze river bridge, in „1st Chinese -Croatian Joint

- Colloquium: Long arch bridges“. Brijuni Islands, 10-14 July 2008. [Žiūrėta 2015 10 29] Prieiga per Internetą: <<http://koti.kontu.la/jvirola/ria-chaotianmen.pdf>>.
5. Flach, M. Die Form von Holzbrücken. In: Holz Bildung Forschung. Innsbruck:Technische Universität Innsbruck, 2004, p.6-8. ISSN 1812-6928
6. Gottemoeller, F. Bridgescape: The Art of Designing Bridges. Second Edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. 2004. ISBN: 978-0-471-26773-7.
7. Yang, Y.; Chen, B.; Gao, J. Timber arch bridges in China. Investigation on historical bridges. In „arch'07: 5th International Conference on Arch Bridges“. Madeira, Portugal 12-14 September 2007. Selected papers. Madeira: Multicomp, Lda Publishers, 2007, p. 171-178. ISBN 978-972-8692-31-5
8. Johnson, S.; Leon R. T. Encyclopedia of Bridges and Tunnels. New York: Chekmark Books, 2002. ISBN 0-8160-4483-X
9. Kleppe, O.; Dyken, T. The Norwegian approach to modern timber bridge. In: 25th International Baltic Road Conference. Vilnius. 2013 [Žiūrėta 2015 m. spalio 29 d.] Prieiga per Internetą: <http://www.balticroads.org/downloads/25BRC/25brc_e1_dyken_1.pdf>.
10. Meierhofer, U. A. Timber Bridges in Central Europe, Yesterday, Today, Tomorrow. In: Ritter, M.A.; Duwadi, S. R.; Lee, P. D. H., ed(s). National conference on wood transportation structures. Madison, Wisconsin: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1996, p. 22-26.
11. Mogilnickas, I. Techninės estetikos pradmenys. Vilnius: Puntukas. 1995, p. 206. ISBN 9986-422-63-9
12. Peng Beng, K. Design of the year Henderson Wave. [Žiūrėta 2015 10 31] Prieiga per Internetą: <http://www.designsingapore.org/pda/pdf/pda_09/2009_chapt9.pdf>.
13. Pierce, Ph.C.; Brungraber, R.L.; Lichtenstein, A.; Sabol, S.; Morrel, J.J. 2005. Covered Bridge Manual. [Žiūrėta 2015 10 31] Prieiga per Internetą: <<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/04098/04098.pdf>>.
14. Razauskas, R. 2003. Tiltai, Transporto pasaulis. [Žiūrėta 2015 10 31] Prieiga per Internetą: <http://tp.cargo.lt/content.php?art_id=1654>.
15. Ritter, M.A. Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance. Washington DC: University Press of the Pacific, 2005. ISBN-10: 141022192X
16. RSP Architects Planners & Engineers Inc. Nuotrauka [žiūrėta 2015 10 30] Prieiga per Internetą <<http://www.rsp.com.sg/image/77060aea-e24f-4ee1-94d2-fad5b088dc05/460/460/true/true>>.
17. Structurae [Interaktyvus]. Interaktyvi duomenų bazė. [Žiūrėta 2015 m. spalio 29 d.] Prieiga per Internetą: <<http://structurae.net/structures/bridges-and-viaducts>>.
18. *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: Alma littera, 2013. ISBN: 9786090110843.
19. The New Encyclopaedia Britannica in 30 Volumes. [Interaktyvus] Makropadia Volume 3. 15th edition. Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago: Helen Hemingway Benton. [Žiūrėta 2015 m. spalio 29 d.] Prieiga per Internetą: <<http://www.britannica.com/technology/bridge-engineering#ref592433>>.
20. Virola, J. World's Longest Bridge Spans. 2010. [Žiūrėta 2015 10 31] Prieiga per Internetą: <<http://www.tkk.fi/Units/Bridge/longspan.html>>.

ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTIONAL SOLUTIONS FOR PEDESTRIAN TIMBER BRIDGES

A. Anciūtė, T. Grigorjeva

*Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius*

Abstract. The architectural and structural aesthetics of timber pedestrian bridges and constructions is analysed. The main aspects and features of architecture's theory concerning questions of line, shape, form, colour and texture are reviewed. The dimensions of ar-

chitecture's line, shape, form, colour and texture are discussed, as well as characteristics of rhythm and harmony. Peculiarities of architecture of pedestrian bridges are analysed. In order to substantiate the qualities of pedestrian bridges the examples of bridges are analysed. The aesthetics' theories according to Gottemoeller distribution (geometric, rationalist, sculptural and structural theories) are discussed. The review and analysis of primitive and simple bridges, rainbow arched bridges in China, also covered and modern timber bridges are provided.

Keywords: timber pedestrian bridges, architecture, structures, aspects, criterion, tectonics.

ŠILO TILTO NUOSĖDŽIŲ VIZUALIZAVIMAS

Natalija Augūnienė, Jelena Pavliukovič

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

Anotacija. Viena pagrindinių problemų nuosėdžių stebėjimo srityje yra tai, kad žymų (markių) stebėjimas yra destruktinis procesas, todėl atsiranda poreikis vizualizuoti tyrimų metu sukauptus duomenis tam, kad atsiradus papildomiems duomenims būtų sudarytos sąlygos pakartotinai juos peržiūrėti, analizuoti ir naujai interpretuoti, t. y. atlikti pakartotinį virtualų stebėjimą. Straipsnyje analizuojamas sukauptų, Šilo tilto per Nerį Vilniuje, duomenų vizualizavimas. Žymų (markių) nuosėdžiai gauti atlikus 13 metų (nuo 2002 m. iki 2015 m.) matavimus.

Pagrindinės sąvokos. Precizinis niveliavimas, nuosėdžiai, vizualizavimas, žyma (markė).

Įvadas

Susisiekimo statiniai (tiltai, viadukai, tuneliai, pralaidos) yra sudėtingi, brangūs ir didelės avarijų rizikos inžineriniai statiniai, turintys svarbią reikšmę kiekvienos šalies ekonominiams, politiniams ir kultūriniais procesams. Greitas šių statinių fizinis ir funkcinis senėjimas, dažnos avarijos ir griūtys rodo, kad šių statinių projektavimas, statyba bei priežiūra reikalauja esminių pokyčių.

Reglamentuojamas plieninių ir gelžbetoninių tiltų eksploatacinis laikotarpis turėtų tęstis atitinkamai 50 ir 80 metų bei užtikrinti ilgalaikę transporto infrastruktūros saugą ir patikimumą. Laikui bėgant didėja tiltų veikiančios apkrovos, kinta aplinkos sąlygos ir poveikiai. Dėl šių priežasčių tiltuose atsiranda įvairių defektų ir pažeidimų, galinčių sukelti avarijas.

Vilniaus miesto transporto ir komunikacijų tiltą, jungiantį Neries krantus (Antakalnio rajono Šilo g. su Žirmūnų rajono Minties g.), projektavo Almatos „TRANSNII-PROJEKT“ institutas, statė UAB „Tilsta“. Tiltas pradėtas statyti 1989 m., baigtas – 1997 m. rugsėjo 13 d.

Tilto pagrindinė konstrukcija yra keturių angų, penkių gelžbetonio sijų, skerspjuvyje iš surenkamų vienodo aukščio dėžės profilio elementų, sujungtų iš anksto įtemptais didelio stiprio lynais K – 7. Perdangą sudaro keturios dėžės profilio sijos, sumontuotos kabamuoju metodu iš 2 m ilgio ir 3,2 m aukščio bloką. Už tilto galinių atramų esančios kameros perdengtos gelžbetonio sijomis. Suminis tilto ilgis – 180,9 m, bendras tilto ilgis 192,7 m, bendras plotis 32 m, važiuoja-

mosios dalies plotis 16 m, pėsčiųjų zonos plotis 2,5 m. Tiltas keturių eismo juostų.

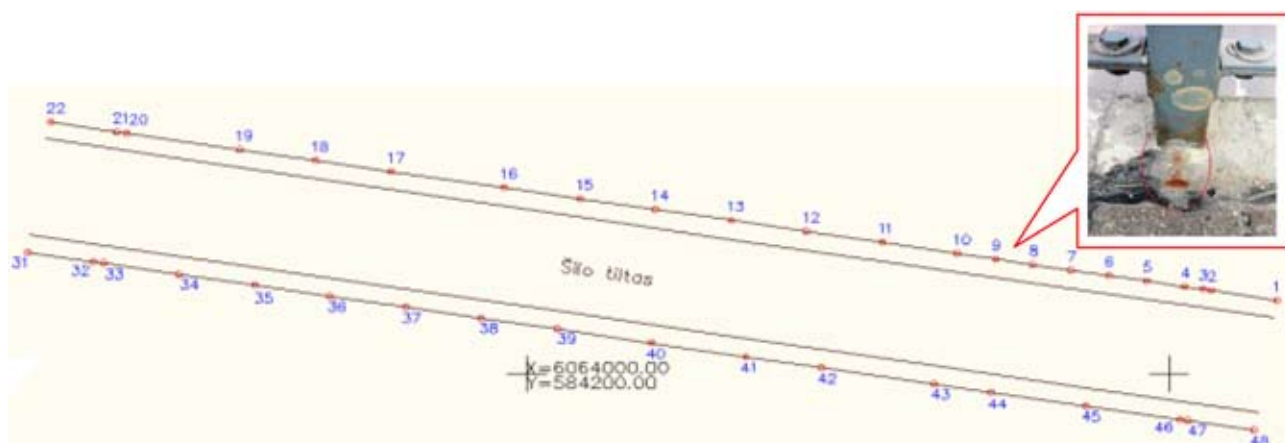
Geografinės informacinės sistemos (toliau GIS) – viena perspektyviausių informacinių technologijų sričių, apibūdinamos kaip „erdvėje orientuotų duomenų rinkimo, saugojimo, įvertinimo, analizės ir pateikimo sistemos“. Vizualizavimas remiasi technologijomis, leidžiančiomis per vientiso kūno, jo ypatybių, paviršiaus bei animacijų vaizdavimą atlikti vaizdinę duomenų interpretaciją. Šilo tilto žymų (markių) nuosėdžių tyrimų metu sukaupta daug įvairių fiksuotųjų duomenų. Siekiant visus juos saugoti ir pateikti vienoje vietoje, sukurtas erdvinis tyrimų vietos modelis su integruota duomenų baze.

Niveliavimo darbai

Tilto perdangos nuosėdžiai pradėti stebėti, kai tik jis buvo pradėtas eksploatuoti. Nulinis stebėjimų ciklas įvykdytas 2002 m. tiksliosios niveliacijos būdu.

Sėdimo žymos (markės) perdangoje išdėstytos tarp šaligatvio ir ties tilto atramų apačia. Sėdimo žymos (markės) įrengtos abiejose tilto pusėse, t. y. dešinėje tilto pusėje – 22 žymos (markės) ir kairėje – 18 žymų (markių). Žymos (markės) konstrukciją sudaro rutulinis guolis, kuris įbetonuotas perdangos konstrukcijoje ties tilto atramų apačia. Žymų (markių) išdėstymo schema parodyta 1 paveiksle.

Aukščių pagrindą sudaro keturi reperiai, dešiniaja-



1 pav. Žymų (markių) išdėstymo schema

me krante – T7 ir T13, kairiajame – Rp. 0101 ir Rp. 601. Atraminių reperių tarpusavio padėtis stebėjimų metu turi būti pastovi. Jų stabilumas tikrinamas pagal formulę:

$$h_i' - h_i \leq \pm 0,1 \text{ mm} \sqrt{2(n + n')} \quad (1)$$

čia, h_i ir h_i' – aukščių skirtumai tarp atraminių reperių nuliniame ir einamajame stebėjimų cikle; n ir n' – stočių skaičius nuliniame ir einamajame stebėjimų cikle.

Tikrinant nustatyta, kad reperių stabilumas buvo užtikrintas, todėl nesąryšiai atskiruose cikluose išlyginami ir žymų (markių) altitudžių nuosėdžiai skaičiuojami tarp minėtų reperių, esančių priešinguose upės krantuose.

12-ąjį ciklą nuosėdžių žymos (markės) buvo niveliuojamos dviem ėjimais, nutiestais per nuosėdžių žymas (markes) nuo reperio Nr.601 iki reperio Nr.0101: pirmasis kairiąja (žemupio) puse, antrasis dešiniąja (aukštupio) pirmyn ir atgal.

Žymų (markių) nuosėdžiai nustatyti ne mažesniu kaip 1 mm tikslumu, todėl buvo niveliuota II klasės tikslumu, panaudojant skaitmeninį nivelyrą GeoMax ir kodinę matuoklę. Skaitmeninio nivelyro GeoMax veikimo principas pagrįstas 2° kampu matomo matuoklės kodinio vaizdo skaitmeniniu apdorojimu.

Tyrimo rezultatai

Siekiant įvertinti Šilo tilto žymų (markių) nuosėdžių analizę, atlikti tilto perdangos 13-os ciklų matavimai. Niveliuotos nuosėdžių markės tilto dešinėje (Nr.

1–22) ir kairėje (Nr. 32–48) pusėje. Trasa niveliuota atliekant dvipusį niveliavimą, t. y. tiesioginį ir atgalinį ėjimus. Dvipusis niveliavimas stotyse atliktas nivelyrais pagal numatytą niveliavimo seką BFFB.

Tilto, kairėje ir dešinėje pusėje, žymų (markių) nuosėdžių dinamika pateikiama grafiškai (žr. 2 ir 3 pav.).

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad perdangos per pirmuosius eksploataavimo metus tolygiai sėdo iki 10 ciklo, 11 cikle nuosėdžiai buvo analogiški šeštam ciklui.

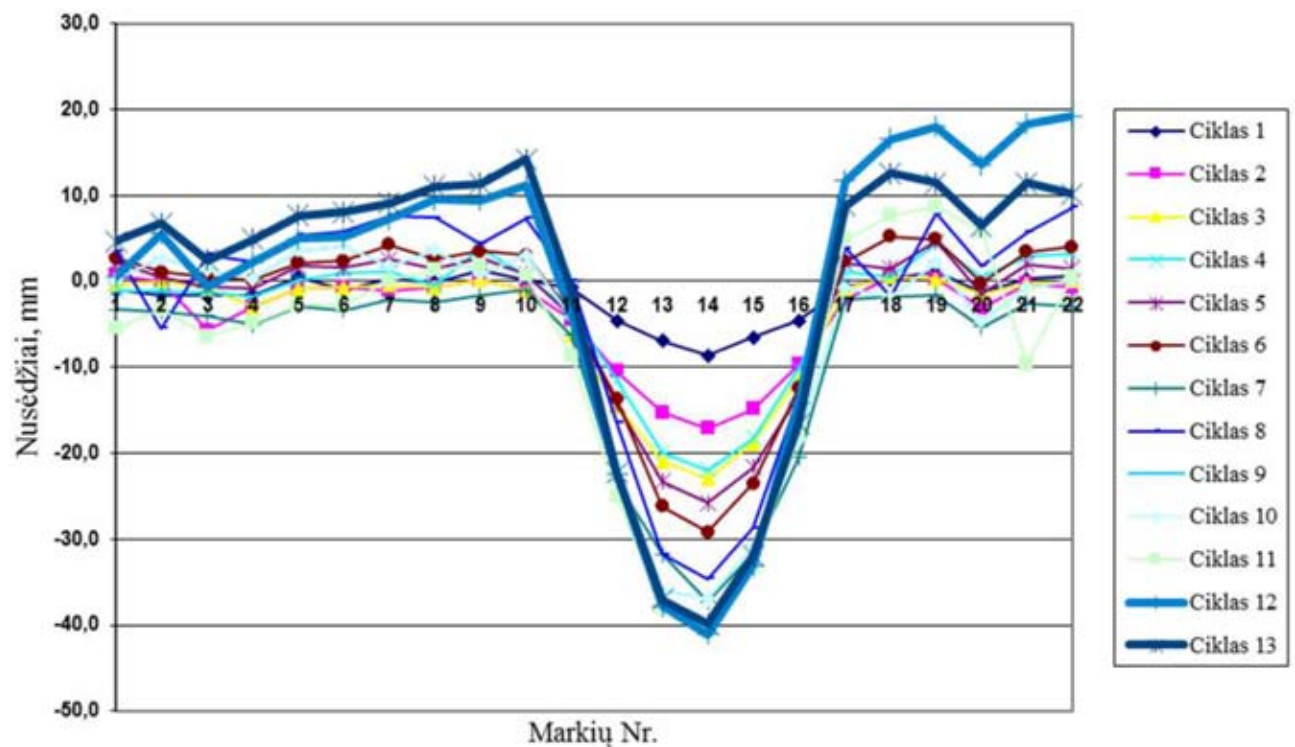
Skaitmeniniu metodu gautų duomenų vizualizavimas

Vizualinis stebėjimas (monitoringas) – tam tikru procesų, reiškinų stebėjimas. Šilo tilto rezultatų vizualizacijai buvo pasirinkta erdvinė duomenų analizė, nes geostatistikos analizės metodas paremtas duomenų erdvine struktūra, kuri priklauso konkrečiai padėčiai. Esamus erdvinis duomenis charakterizuoja priklausomybė. Mūsų atveju, Šilo tilto žymų (markių) nuosėdžiai turi „bandinio vietą“, t. y. konkrečią vietą ir tos vietos kintamuosius nuosėdžius.

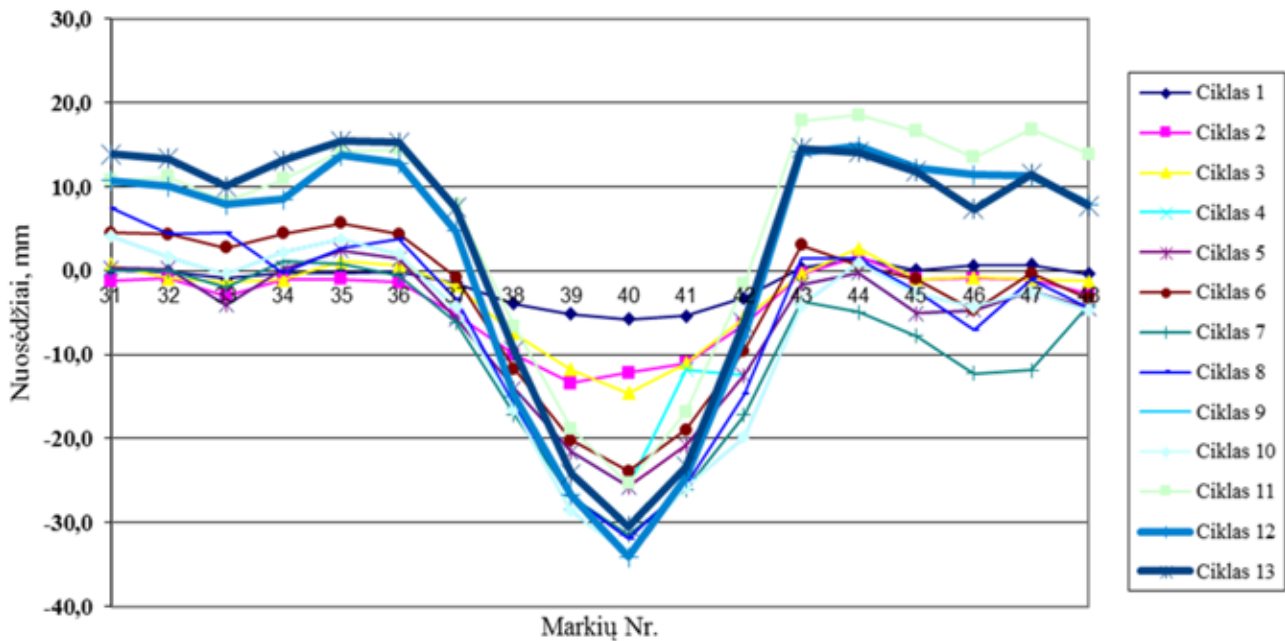
Siekiant parengti duomenų bazę, kuriai galima būtų taikyti erdvinės analizės metodą, žymos (markės) nuo 2013 metų buvo koordinuojamos, t. y. buvo nustatytos žymų (markių) koordinatės LKS-94 koordinatinių sistemoje. Duomenų bazė buvo sudaryta taip, kad vienerius stebėjimo metus atitiko sukurtas duomenų sluoksnis su stebėjimo rezultatais.

Visų metų duomenų rinkiniai yra visiškai susiję koordinatėmis ir buvo naudojami erdvinei struktūrai modeliuoti.

Elektroniniai matavimo prietaisai fiksuoja ir kaupia duomenis apie kiekvieno matuojamo erdvinio taš-



2 pav. Žymų (markių) nuosėdžiai dešinėje tilto pusėje



3 pav. Žymų (markių) nuosėdžiai kairėje tilto pusėje

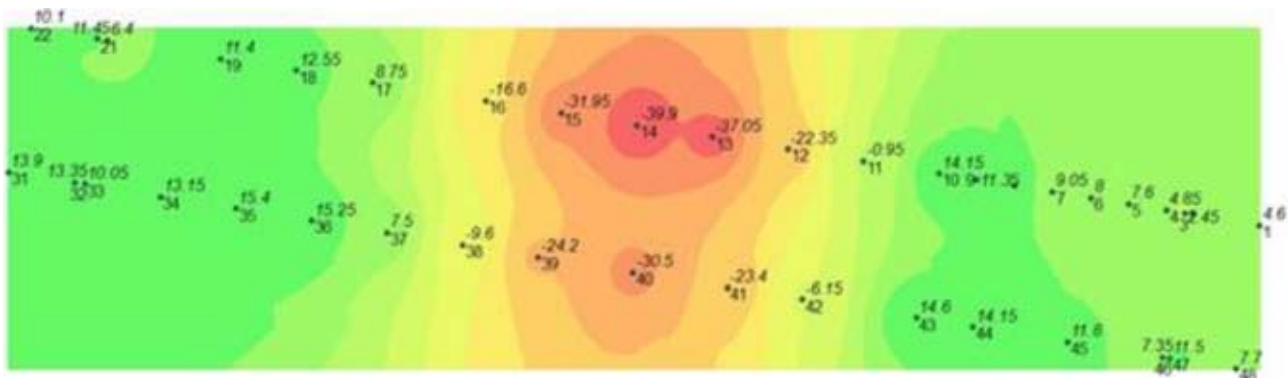
ko koordinatės (X, Y, Z). Šiais prietaisais ir naudojant specialias išvesties programas išmatuoti Šilo tilto erdviniai duomenys perkeliama į kompiuterinę aplinką, kurioje apdorojami ir susiejami su valstybine koordinatinių sistema. Pagal šią skaitmeninių duomenų perkėlimo į trimatę erdvę metodiką matyti, kad tiesioginių matavimų metu sukaupti erdviniai duomenys visada gali būti papildomi.

4 pav. yra pavaizduotas 2015 metų Šilo tilto žymų (markių) nuosėdžių vizualizavimas IDW interpoliacijos metodu. Galima padaryti išvadą, kad Šilo tiltas la-

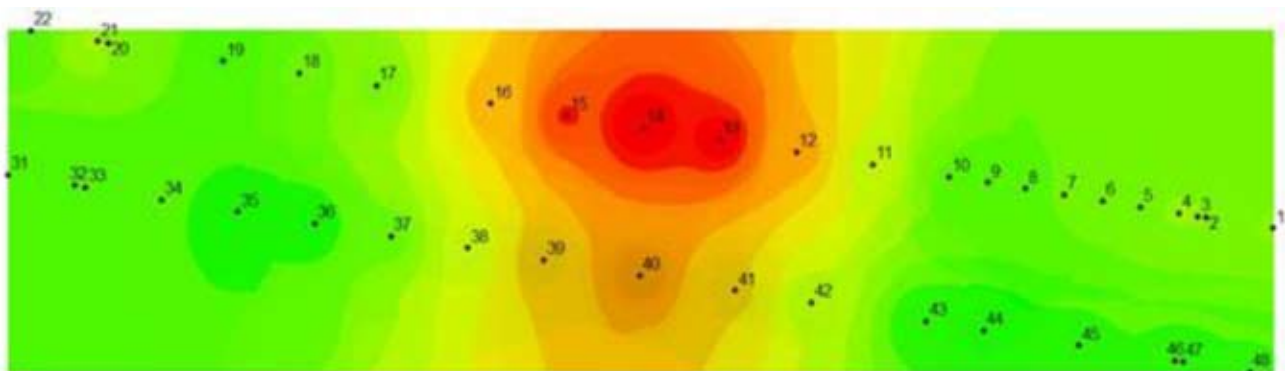
biau krypta į dešinę pusę, nes dešinėje pusėje nuokrypiai ties 15, 14, 13 žymomis (markėmis) yra didesni.

Iš pateikto 2002–2015 metų tilto žymų (markių) nuosėdžių vizualizavimo modelio matyti, kad tiltas labiausiai krypta į dešinę pusę (žr. 5 pav.).

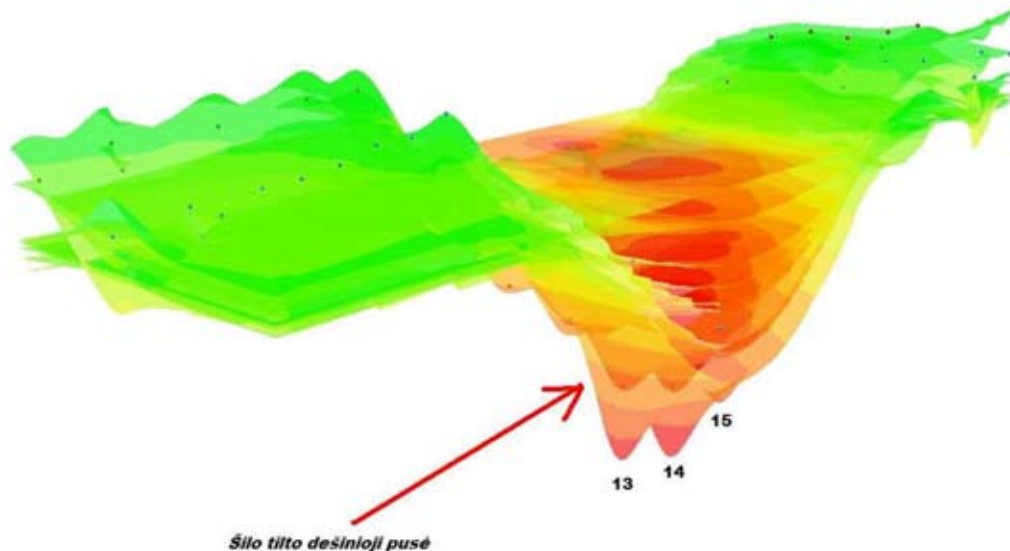
Konvertavus duomenis į ArcGIS programinei įrangai tinkamą SHP formatą, toliau duomenys tvarkomi, papildomi taškai koordinuojami, nauji sluoksniai bei atributinė informacija apdorojama ArcGIS ArcScene aplinkoje. 2002–2015 metų tilto erdvinio modelio vizualizavimas leidžia stebėti žymų (markių) nuosėdžius



4 pav. 2015 metų tilto žymų (markių) nuosėdžių vizualizavimas



5 pav. 2002–2015 metų tilto žymų (markių) nuosėdžių vizualizavimas



6 pav. Tilto erdvinis modelis

laike (žr. 6 pav.). ArcScen aplinkoje galima apžvelgti tilto žymų (markių) kitimo dinamiką iš skirtingų padėčių. Apibendrinus Šilo tilto taikomų vizualizavimo metodų analizės duomenis, galima pastebėti, kad iš visų žymų (markių) labiausiai išsiskiria kairėje tilto pusėje esančios žymos (markės) 13, 14, 15. Absoliutinių nuosėdžių krypties kitimo intervalas – nuo -33,4 mm iki 18,1 mm kairėje tilto pusėje ir nuo -41,8 mm iki 9,3 mm dešinėje tilto pusėje.

Atlikta analizė parodė, kad didžiausias aukščių skirtumas tarp pirmo ir paskutinio matavimo ciklų siekia 49,9 mm. Per metus tiltas sėda apie 5 – 10 mm. Atskirai nagrinėjant tam tikras erdvinio modelio vietas, galima pastebėti, kad kai kurios žymos (markės), staigiai kirsdamos kitas matavimų ciklų deformacinių markių linijas, sėda arba iškyla netolygiai. Šias deformacijas lėmė oro ir drėgmės sąlygos, bet didžiausią įtaką darė transportas. Didžiausius tilto perdangos svyravimus nulėmė viešasis ir kitas sunkiasvoris transportas, o tai veikia tilto deformacijų tikslumą.

Išvados

1. Nustatyti Šilo tilto kairės ir dešinės pusių žymų (markių) vertikalųjų nuokrypių ir su jais susijusių aukščių skirtumų pokyčiai. Absoliutinių nuosėdžių krypties kitimo intervalas – nuo -33,4 mm iki 18,1 mm kairės tilto pusės ir nuo -41,8 mm iki 9,3 mm dešinės tilto pusės.
2. Įvertintas tilto žymų (markių) kairės ir dešinės vidutinių sėdimo greičių pokytis. Maksimalus vidutinis abiejų tilto pusių sėdimo greičio per metus pokyčių intervalas – 0,5 mm ir -4,7 mm.
3. Atlikus vizualizacijos analizę, galima teigti, kad dabartinės kompiuterinės galimybės leidžia sukurti erdvinius trimačius modelius, kuriuos galima taikyti įvairių pokyčių stebėsenai.
4. Trimačio vizualizavimo privalumas yra tas, kad lei-

džia sujungti ir kaupti koordinuotus daugelio tyrimų duomenis, vykdyti erdvinę modelio analizę.

5. Atlikus Šilo tilto trimačio vizualizavimo rezultatų analizę buvo išsiaiškinta, kad tiltas ne tik sėda ties viduriu, bet ir kyla jo kraštinės dalys. Taip pat buvo išsiaiškinta, kad tiltas labiau virsta į dešinę pusę.

Literatūra

1. Aksamitauskas, V. Č. Inžinerinių statinių deformacijų tyrimas geodeziniais metodais. Mokslo darbų apžvalga. Technologijos mokslai, matavimų inžinerija. Vilnius: Technika, 2011. ISBN 978-9955-28-819-0
2. Aksamitauskas, V. Č. et.al. Investigation of Error Sources Measuring deformation of Engineering Structures by geodetic Methods. Vilnius: Technika, 2010. ISBN 978-9955-28-592-2.
3. Augūnienė, N.; Pavliukovič, J. Šilo tilto nuosėdžių stebėjimų tyrimas. Technologijos ir menas, 2014, Nr.5, ISSN 2029-400X.
4. Burbulis, G. Šilo tilto Vilniuje nuosėdžių šešių ciklų (2001-2006) stebėjimų rezultatų analizė. Baigiamasis darbas. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Geodezijos katedra. Vilnius, 2006.
5. Zubanov, A. Šilo tilto devynių ciklų stebėjimų rezultatų (2002-2010 metų) analizė. Baigiamasis darbas. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Geodezijos katedra. Vilnius, 2010.
6. Kurpavičius A. G., Paukštienė, R., Šilo tilto per Nerį dešimties metų nuosėdžių stebėjimo rezultatai. Technologijos ir menas. Tyrimai ir aktualijos, 2013, Nr. 4, p.78-82.
7. Азаров, Б. Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений. Ползуновский вестник, 2011, № 1, 19-29 с.
8. Бикташев, М. Д. Башенные сооружения. Геодезический анализ осадки, крена и общей устойчивости положения: Учебное пособие для студентов. М.: Изд-во АСВ, 2006.
9. Марфенко, С. В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУТиК, 2004.
10. Шеховцов, Г. А.; Шеховцова, Р. П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: Монография. Н. Новгород: ННГАСУ, 2009.

**THE MARKS SETTLEMENTS
VISUALIZATION OF ŠILAS BRIDGE****Natalija Augūnienė, Jelena Pavliukovič***Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnio st. 54, Vilnius***Abstract.** One of the main problems in settlements observation is that marks observation is a destructive

process. Therefore, there is a need to visualize the accumulated data in order to enable to repeatedly revise, analyze and interpret in a new way (i.e. make repeated visual observation) if additional data emerge. The article analyzes the accumulated data visualization of Šilas bridge over the Neris River in Vilnius. Settlements of marks are resulting from 14 years (from 2001 till 2015) of measurements.

Keywords. Precise levelling, settlement, visualization, mark.

AUTOMOBILIO KĖBULO ELEMENTŲ POVEIKIO AERODINAMINĖMS SAVYBĖMS TYRIMAS

Liudvikas Narkaitis, Donatas Kriauciūnas, Tadas Vipartas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,
e. p.: l.narkaitis@vtdko.lt; d.kriauciunas@vtdko.lt; t.vipartas@vtdko.lt.

Anotacija. Straipsnyje analizuojama automobilio Lexus LS460 kėbulo elementų įtaka automobilio oro pasipriešinimo koeficientui. Aprašomi eksperimentinių bandymų ir teorinio skaičiavimo metu gauti rezultatai. Pagrindinis tikslas – ištirti automobilio kėbulo elementų daromą įtaką oro pasipriešinimo koeficientui ir nustatyti minimalų oro pasipriešinimo koeficientą. Šie duomenys gali būti pritaikyti siekiant optimizuoti automobilio variklio galią, tuo pačiu sumažinant degalų sąnaudas ir CO₂ emisiją. Suformuluotos išvados ir pasiūlymai.

Pagrindinės sąvokos: oro pasipriešinimo koeficientas, oro pasipriešinimo jėga, Lexus LS460, kėbulo elementai.

Įvadas

Kai tik padidėjo automobilių greitis, transporto priemonių gamintojai pastebėjo, kad automobilio forma ir išsikišusios detalės daro įtaką variklio galiai norimam greičiui pasiekti. Kuo automobilis aerodinamiškesnis, jo oro pasipriešinimo koeficientas mažesnis, tuo mažiau variklio galios reikia pasiekti norimam greičiui, o tuo pačiu sumažėja degalų sąnaudas ir CO₂ emisija.

Tikslas – nustatyti, kaip automobilio kėbulo elementai daro įtaką automobilio aerodinaminėms savybėms.

Uždaviniai:

1. teoriškai apskaičiuoti automobilio Lexus LS460 oro pasipriešinimo jėgos priklausomybę nuo važiavimo greičio;
2. eksperimentinių bandymų metu nustatyti Lexus LS460 modelio oro pasipriešinimo koeficientus keičiant kėbulo elementus;
3. remiantis gautais oro pasipriešinimo koeficientais apskaičiuoti automobilio Lexus LS460 oro pasipriešinimo jėgos priklausomybę nuo važiavimo greičio.

Yra nemažai gamyklinių arba papildomų elementų, kurie pagerina arba pablogina automobilio aerodinamines savybes. Viena iš tokių detalių – šoniniai veidrodėliai, kurie bendro automobilio pasipriešinimo koeficiento sudaro 3–6% ir padidina oro pasipriešinimą nuo 2–7%. Tai svarbi automobilio dalis, kurios naujų automobilių gamintojai nori atsisakyti ir pakeisti naujomis technologijomis. Aptakūs, mažo pasipriešinimo šoniniai veidrodėliai sukuria apytiksliai 0,012 oro pasipriešinimo koeficientą (K_d), bet ši reikšmė gali svyruoti nuo $K_d=0,025$ iki $K_d=0,030$ [5].

Atidaryti automobilio durelių langai taip pat daro įtaką oro pasipriešinimo koeficientui. Buvo atliktas praktinis tyrimas 3 klasės BMW automobiliu, lyginant kuro sąnaudas atidarytais langais ir uždarytais langais, tačiau įjungus oro kondicionavimo sistemą. Atidarius langus ir važinėjant miesto režimu prarandama apie 1% energijos, t. y. oro pasipriešinimo jėga didesnė nei uždarytais langais. Tačiau neaprašyta, kaip pasikeistų

oro pasipriešinimo koeficientas atidarytais ir uždarytais langais [3].

Literatūroje nėra aiškiai suformuluota, kaip pasikeičia oro pasipriešinimo koeficientas lyginant automobilių su šoniniais veidrodžiais ir be jų, taip pat nėra išsamesnių tyrimų dėl oro pasipriešinimo koeficiento kitimo atidarius automobilio langus, todėl buvo atlikti eksperimentiniai bandymai aerodinamiame vamzdyje su automobilio *Lexus LS460* modeliu norint įvertinti šiuos dydžius.

Teoriniai skaičiavimai

Visi *Lexus LS460* duomenys, būtini skaičiavimams, pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė. Techniniai duomenys

Gamintojo pateiktas oro pasipriešinimo koeficientas, $K_{(oro)}$	0,26
Automobilio plotis, B_a , m	1,875
Automobilio aukštis, G_a , m	1,465
Bandomasis greitis, v_1 , m/s	10,91
Bandomasis greitis, v_2 , m/s	13,57
Bandomasis greitis, v_3 , m/s	15,89
Bandomasis greitis, v_4 , m/s	17,85
Bandomasis greitis, v_5 , m/s	20,31

Pagal empirinę formulę apskaičiuojamas automobilio priekinės dalies paviršiaus plotas:

$$S = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a \text{ (m}^2\text{)} \quad (1)$$

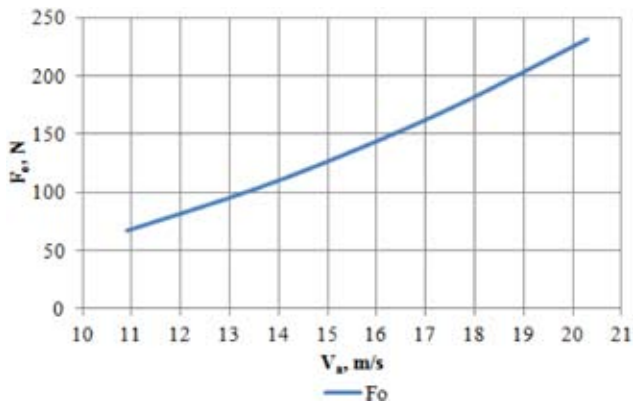
Tada pagal 1 formulę:

$$S = 0,78 \cdot 1,875 \cdot 1,46 = 2,16 \text{ (m}^2\text{)}$$

Oro pasipriešinimo jėga apskaičiuojama automobiliui važiuojant pasirinktais greičiais nuo v_1 iki v_5 pagal formulę:

$$F_o = K_{(oro)} \cdot S \cdot v_a^2 \text{ (N)} \quad (2)$$

Tada braižomas oro pasipriešinimo jėgos priklausomybės nuo važiavimo greičio grafikas 1 pav.



1 pav. Oro pasipriešinimo jėgos priklausomybės nuo važiavimo greičio grafikas

Eksperimentiniai bandymai

Aerodinaminis vamzdis yra svarbi priemonė, atliekant inžinerinius ir mokslinius tyrimus bei patikrinant kompiuterinių programų skaičiavimų patikimumą [1].

Aerodinaminis vamzdis – tai prietaisas, skirtas tirti, kaip objektą veikia dirbtinai sukurtas vėjas ar oro srautas. Jį sudaro atviras vamzdis su ventiliatoriumi, įrengtu vamzdžio gale, kurį suka elektros variklis. Atsižvelgiant į vamzdžio tipą ir paskirtį, oro greitis gali būti keičiamas įvairiais diapazonais, o kai kuriuose aerodinaminuose vamzdžiuose – srauto greitis gali viršyti net garso greitį (žiūr. 2 pav.).



2 pav. Aerodinaminio vamzdžio struktūra [2]

Kolektorius – tai vamzdžio pradinė dalis. čia oras patenka pro tiesinančias grotelės, kurių pagrindinė funkcija – išlyginti oro srautą. Kolektorius yra kvadrato formos.

Tiriamoji kamera – pati svarbiausiai vamzdžio dalis, joje atliekami objekto bandymai. Kvadrato formos tiriamosios kameros matmenys yra 500×500 mm, ilgis – 1000 mm, sienelės pagamintos iš 2 mm aukštos kokybės skaidraus polikarbonato, dugnas iš 5 mm organinio stiklo. Kameros apatinėje dalyje sumontuota sistema, matuojanti automobilio oro pasipriešinimo bei automobilio prispaudžiamąją jėgą, kuri yra išreikiama svorio vienetais – gramais. Tai dviejų jutiklių sistema iš spaudimui jautrių tiltelių. Maksimalus išmatuojamas svoris – 300 g. Jutiklių tikslumas ±0,01 g. Kameroje yra įmontuotas oro srauto greičio ir temperatūros jutiklis.

Difuzorius – tai dalis, jungianti tiriamąją kamerą ir ventiliatorių. Jos forma besikeičianti – iš kvadratinės į apvalią (Ø720mm). Difuzoriuje oro srauto greitis mažėja, o slėgis didėja. Greitis difuzoriuje turi mažėti taip,

kad būtų prarasta kuo mažiau energijos, nes minimalūs energijos nuostoliai garantuoja maksimalų slėgį.

Aerodinaminio vamzdžio gale yra sumontuotas ventiliatorius. Tai elektros variklio sukama sparnuotė. Variklio galia 1,8 kW, valdomas dažnių keitikliu, nuo 0 Hz iki 60 Hz. Maksimalus sukuriamas oro srauto greitis yra 22 m/s. Ventiliatoriaus pajėgumas esant 60 Hz yra 19000 m³/val., sparnuotės sūčiai – 1715 min⁻¹ [4].

Eksperimentinių bandymų metu automobilio *Le-xus LS460* modelis buvo įdėtas į tiriamąją kamerą, norint nustatyti išsikišusių automobilių detalių ir atidarytų langų daromą įtaką oro pasipriešinimui.

Bandymų metu duomenys buvo fiksuoti ties 5 reikšmėmis, tai yra pasirenkant skirtingą, nuolat didėjančią ventiliatoriaus sukimosi dažnį nuo 30 Hz iki 60 Hz. Nustatytas oro srauto greitis (m/s), temperatūra (°C), automobilio oro pasipriešinimo jėga (N), automobilio prispaudžiamoji jėga (N). Siekiant tikslesnio rezultato bandymai buvo kartojami 6 kartus, apskaičiuotas aritmetinis vidurkis. Duomenys pateikti 2 lentelėje [6].

2 lentelė. Bandymų rezultatai

Hz	v_a , m/s;	Modelis su veidrodėliais F_o (N);	Modelis be veidrodėlių F_o (N);	Modelis su galiniu sparnu ir veidrodėliais F_o (N);	Modelis atidarytais langais, su veidrodėliais F_o (N);
30,0	10,91	0,018	0,000	0,027	0,019
37,5	13,57	0,119	0,064	0,124	0,122
45,0	15,89	0,216	0,133	0,212	0,246
52,5	17,85	0,335	0,278	0,316	0,367
60,0	20,31	0,420	0,360	0,409	0,501

Oro pasipriešinimo jėga apskaičiuojama pagal formulę:

$$F_o = \frac{1}{2} \cdot K_{oro} \cdot \rho_o \cdot S \cdot v_a^2(N) \quad 3$$

čia ρ_o – oro tankis, kg/m³.

Tada oro pasipriešinimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$K_{oro} = \frac{2 \cdot F_o}{\rho_o \cdot S \cdot v_a^2} \quad 4$$

Oro pasipriešinimo koeficientui apskaičiuoti naudojami duomenys, gauti, kai maksimalus oro srauto greitis $v_a=20,31$ m/s. Buvo įvertintas modelio mastelis. Gamintojo pateiktas oro pasipriešinimo koeficientas – $K_{oro} = 0,26$.

Toliau pagal 4 formulę išskaičiuojami oro pasipriešinimo koeficientai skirtingais atvejais:

$$K_G = \frac{2 \cdot 0,42}{0,12 \cdot 1,204 \cdot 20,31^2} \cdot 18 = 0,254$$

$$K_{bv} = \frac{2 \cdot 0,36}{0,12 \cdot 1,204 \cdot 20,31^2} \cdot 18 = 0,218$$

$$K_{gs} = \frac{2 \cdot 0,41}{0,12 \cdot 1,204 \cdot 20,31^2} \cdot 18 = 0,248$$

$$K_{at} = \frac{2 \cdot 0,5}{0,12 \cdot 1,204 \cdot 20,31^2} \cdot 18 = 0,302$$

K_G – gamyklinis modelio oro pasipriešinimo koeficientas.

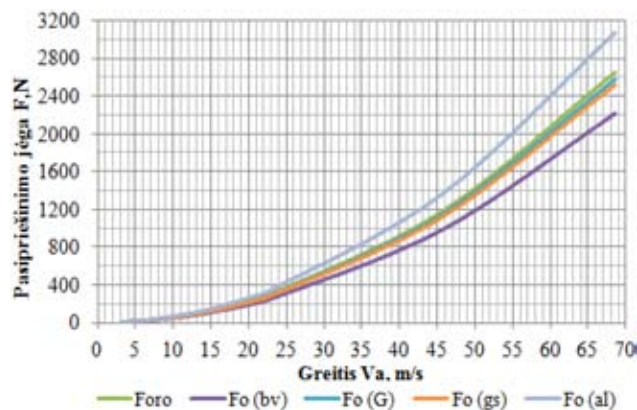
K_{bv} – modelio be veidrodėlių oro pasipriešinimo koeficientas.

K_{gs} – modelio su veidrodėliais ir galiniu sparnu oro pasipriešinimo koeficientas.

K_{al} – modelio su veidrodėliais ir atidarytais langais oro pasipriešinimo koeficientas.

Matoma, kad gamintojo pateiktas ir apskaičiuotas oro pasipriešinimo koeficientai skiriasi tik 2,3%, taigi galima teigti, kad bandymai atlikti tiksliai ir gauti duomenys yra teisingi.

Gavus oro pasipriešinimo koeficientus, apskaičiuojama oro pasipriešinimo jėga automobiliui važiuojant nuo 12km/h iki maksimalaus 250 km/h greičio. Skaičiavimai matomi 3 pav.



3 pav. Oro pasipriešinimo jėgos priklausomybės nuo važiavimo greičio grafikas

Išvados

Atlikus eksperimentinius tyrimus ir teorinius skaičiavimus galima formuluoti išvadas:

1. Teoriškai apskaičiavus automobilio Lexus LS460 oro pasipriešinimo jėgos priklausomybę nuo važiavimo greičio matoma, kad didėjant automobilio greičiui tendencingai didėja ir oro pasipriešinimo jėga. Padidinus greitį 15,92 km/h, t. y. nuo 57,20 iki 73,12 km/h greičio, oro pasipriešinimo jėga padidėjo 38,8% (nuo 141,8 iki 231,7 N).
2. Eksperimentiniu būdu nustatytas oro pasipriešinimo ir gamintojo pateiktas koeficientas skiriasi tik 2,3%. Automobilio be šoninių veidrodžių K_{bv} sumažėjo 14,2%. Sumontavus galinį sparną K_{gs} sumažėjo 2,4%. Automobilio su atidarytais šoniniais langais K_{al} padidėjo 18,9%.

3. Važiuojant 120 km/h greičiu be automobilio šoninių veidrodėlių oro pasipriešinimo jėga sumažėjo 16,4%. Automobilio su papildomu galiniu sparnu oro pasipriešinimo jėga sumažėjo 4,7%. Automobilio su atidarytais šoniniais langais oro pasipriešinimo jėga padidėjo 16,2%.

Literatūra

1. Bielskus, J. *Mažo aerodinaminio vamzdžio skaičiavimas ir įrengimas*. Vilnius: VGTU, 2012.
2. Hucho, W.H.; Sovran, G. *Aerodynamics of road vehicles*. Michigan: Annual Review of Fluid Mechanics, 1993.
3. *MetroMPG* [interaktyvus]. Vilnius: Kuro taupymo entuziastų portalas [žiūrėta 2016 m. vasario 19d.]. Prieiga internetu: <http://www.metrompg.com/>
4. Ramunis, G. *Automobilių aerodinaminių savybių priklausomybė nuo kėbulo formos tyrimas, panaudojant aerodinaminį vamzdį*. Vilnius: VTDK, 2013.
5. *Technical F-1 Dictionary* [interaktyvus]. Vilnius: Techninis F-1 žodynas [žiūrėta 2016 m. kovo 10d.]. Prieiga internetu: <http://www.formula1-dictionary.net>
6. Uncevičius, V. *Automobilių išsikišusių elementų įtakos oro pasipriešinimo tyrimas, panaudojant aerodinaminį vamzdį*. Vilnius: VTDK, 2013.

RESEARCH OF AUTOMOBILE BODY PARTS INFLUENCE IN AERODYNAMIC CHARACTERISTICS

Liudvikas Narkaitis, Donatas Kriaučiūnas, |
Tadas Vipartas

Vilnius College of Technologies and Design,
Antakalnis str. 54, LT-10303 Vilnius,
e-mail: l.narkaitis@vtdko.lt; d.kriauciunas@vtdko.lt;
t.vipartas@vtdko.lt.

Abstract. The article analyzes Lexus LS460 protruding elements influence in the car air resistance coefficient. Described obtained experiments and theoretical calculation results. The main goal – to explore the protruding elements of the car 's impact on air resistance coefficient and determine the minimum air drag coefficient with projecting elements, and without them. These data may be adjusted to optimize car's fuel consumption and CO₂ emissions. Formulated conclusions and recommendations.

Keywords: air resistance coefficient, air resistance force, Lexus LS460 , protruding elements .

KOMUTACINIŲ VIRŠĖTAMPIŲ TYRIMAS ŠUNTO REAKTORIAUS SCHEMOJE

Saulius Gudžius¹, Alfonsas Morkvėnas¹, Vidmantas Tička¹, Jasiūnas Kęstutis², Žydrūnas Čeponis²

¹Elektrinių sistemų katedra, Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, LT-44249 Kaunas
e.p.: saulius.gudzius@ktu.lt; alfonsas.morkvenas@ktu.lt;

²Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,
e.p.: z.ceponis@vtdko.lt; k.jasiunas@vtdko.lt.

Anotacija: Šunto reaktoriai perdavimo tinkle naudojami įtampai ir elektros energijos perdavimo srautams reguliuoti. Reaktoriai yra prijungti prie autotransformatoriaus 10 kV apvijos. Reaktorių schema veikia izoliuotos neutralės tinkle. Reaktoriaus komutavimas atliekamas keletą kartų per dieną. Reaktorių prijungimo schemoje nėra viršėtampių lygi ribojančių įrenginių. Įvykusių gedimų priežastis buvo viršėtampiai. Šiame straipsnyje analizuojami komutacinių viršėtampių pereinamieji procesai, lemiantys didžiausią viršėtampių lygį. Siekiant nustatyti viršėtampių lygį buvo vykdomi eksperimentai, perjungimų metu matuojant trumpalaikius pereinamuosius procesus. Sudarytas skaitmeninis modelis pereinamiesiems procesams šunto reaktoriaus schemoje imituoti.

Pagrindinės sąvokos: viršėtampiai, ribotuvai, pastotės.

Įvadas

Elektros energetikos sistemos galios srautų ir įtampos valdymui naudojami šuntiniai reaktoriai. Reaktorius įjungtas į autotransformatoriaus 10 kV apviją per parą, dėl besikeičiančių apkrovų, gali būti įjungiamas ir atjungiamas po keletą kartų. Komutacijų metu viršėtampiai yra neišvengiami. Yra įvykę gedimų, kurių priežastis viršėtampiai. Schemoje komutacijų metu susidaro asimetrinis režimas. Dėl asimetrijos jungimo metu registruojami dar aukštesnių amplitudžių viršėtampiai [1]. Pasitaikė jau ne vienas atvejis, kai schemas elementai buvo pažeisti viršėtampių. Tokioje izoliuotos neutralės schemoje, esant žemėjimui komutacijų metu viršėtampiai gali būti aukštos amplitudės [2]. Ypač aukšto lygio viršėtampiai gali būti tuomet, kai kartojant atjungtos dalies jungimą atjungtoje dalyje yra liekamasis krūvis. Nustatant maksimalų viršėtampių lygį eksperimentiniu būdu reikalinga įvertinti nevienalaikį jungtuvo fazių įsijungimą ir galimą liekamąjį krūvį, nes atjungiant induktyvines sroves elektros tinkle įtampa artima maksimumui. Be to, grandinėje, kai

vakuominiu jungtuvu atjungiamas reaktorius, dėl lanko pirmalaikio lanko nutraukimo jungtuve, gali susidaryti aukštos amplitudės viršėtampiai. Šie viršėtampiai gali paveikti įrenginių izoliaciją, todėl juos reikalinga eksperimentiškai užregistruoti.

Siekiant apsaugoti šuntinius reaktorius nuo gedimų ir užtikrinti energijos perdavimo patikimumą reikalinga atlikti eksperimentinius tyrimus maksimalių viršėtampių lygiui nustatyti ir reikiamų charakteristikų apsaugos nuo viršėtampių priemonių poreikiui įvertinti.

Eksperimentinius tyrimus tikslinga patvirtinti taikant elektromagnetinių pereinamųjų vyksmų skaitmeninio modeliavimo metodą.

Šuntinio reaktoriaus prijungimo schemos charakteristika

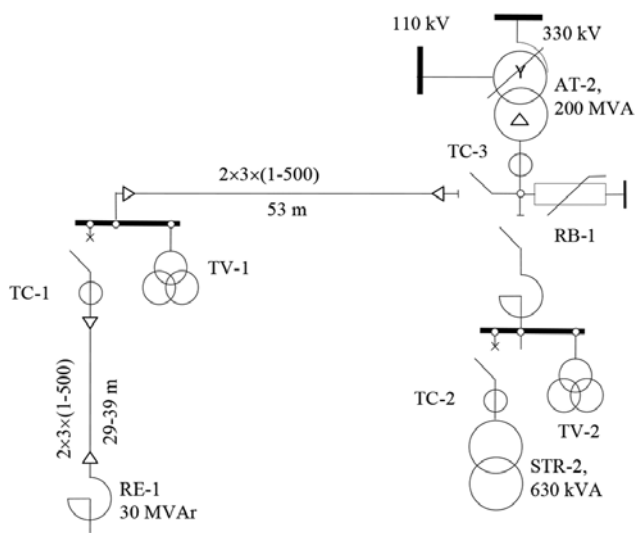
Tiriamoje reaktoriaus prijungimo schemoje (1 pav.) buvo modeliuojami komutaciniai viršėtampiai, nustatant maksimalių viršėtampių lygį.

Komutaciniams viršėtampiems modeliuoti reaktoriaus prijungimo grandinėje buvo sudaryta skaičiuojamoji schema (2 pav.). Reaktorius prijungtas kabeliu.

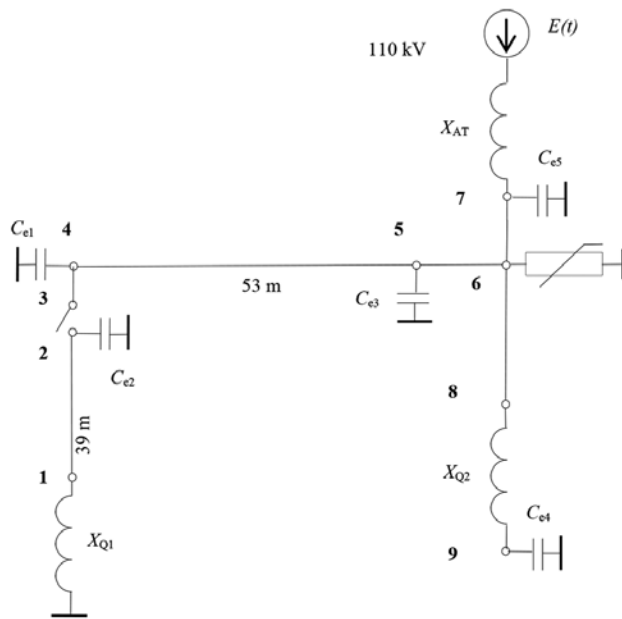
Viršėtampių pereinamuosius vyksmus sudėtingose linijose analizuoti patogiausia, taikant skaitmeninius viršėtampių modeliavimo metodus [1, 2].

Šynų ir kabelių skaitmeninis modelis sudaromas iš sutelktųjų parametru mazguose ir linijų paskirstytųjų parametru [1, 2, 3]. Paskirstytųjų parametru grandinės elementas sudarytas iš varžos, induktyvumo, talpos ir laidumo pirminių elementų. Staigus įtampos pokytis iš vieno linijos taško į gretimą perduodamas elektromagnetine banga, sklindančia dielektriku šalia linijos laido. Elektromagnetinių bangų sklaidimo greitis yra lygus šviesos greičiui. Kabeliuose elektromagnetinė banga sklinda beveik dvigubai lėčiau.

Atjungiant reaktorių induktyviają srovę geru jungtuvu, dėl lanko gesimo anksčiau nei srovė keičia ženklą,



1 pav. Reaktoriaus prijungimo schema



2 pav. Reaktoriaus prijungimo skaičiuojamoji schema

galimi aukšto dažnio viršįtampiai. Reaktoriuje likutinė magnetinės energija ir įtampa talpos elemente gali sukelti aukštos amplitudės viršįtampius, kurie gali būti pavojingi reaktoriaus grandinėje prijungtiems įrenginiams.

Viršįtampių tyrimas dėl reaktoriaus grandinės komutavimo

Valdant sistemos reaktyviosios galios srautą reaktorių atjungiamas ir įjungiamas keletą kartų per dieną. Reaktoriaus induktyviąją srovę atjungia vakuuminis jungtuvas.

Tiriant viršįtampių lygį reaktoriaus prijungimo ir atjungimo metu buvo prijungtas pereinamųjų vyksmų registratorius prie esančių schemoje įtampos transformatoriaus TV-1 (1 pav.) fazinių įtampų antrinės grandinės gnybtų, o komutacijų metų srovę registruojama prijungus vieną kanalą prie vienos fazės srovės transformatoriaus TC-1.

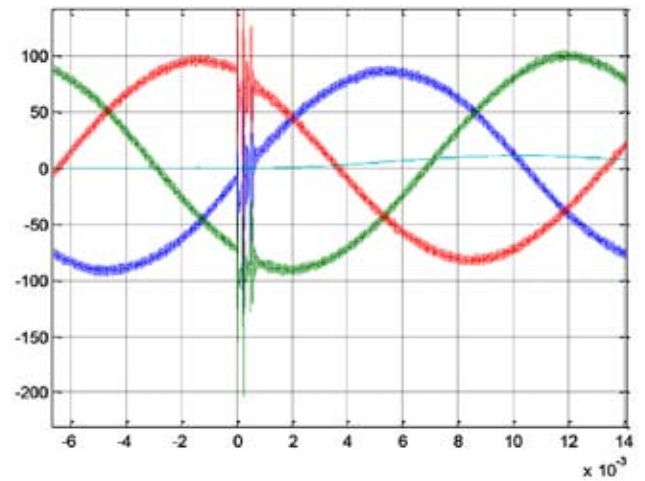
Reaktoriaus įjungimo visas pereinamasis vyksmas parodytas 3 pav., o jo pradžia – 4 pav.

Išanalizavus registracijų oscilogramas maksimalių viršįtampių lygis ant šynų, nuo kurių jungiamas reaktorių, gali būti iki 210 V. Maksimali antrinės įtampos transformatoriaus fazinės įtampos amplitudė yra 89,8 V. Viršįtampių lygis 10 kV šynose gali būti 2,34 karto aukštesnis už maksimalią tinklo įtampą.

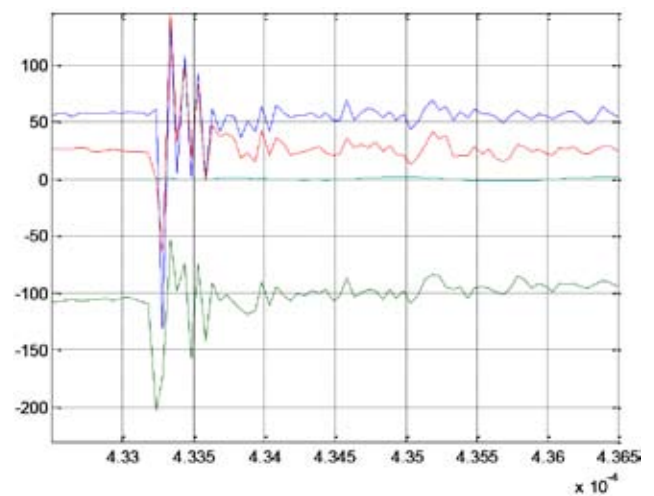
Reaktoriaus atjungimo pereinamasis vyksmas parodytas 5 pav.

Reaktoriaus atjungimo pereinamojo vyksmo metu viršįtampių lygis užgesus lankui pirmoje atjungiamoje fazėje gali pasiekti 2,3 karto aukštesnę amplitudę įtampos transformatoriaus prijungimo šynose. Atsijungus paskutinę fazę, kai reaktorių pilnai atjungtas įtampa dar gali pakilti 1,44 karto aukščiau maksimalios tinklo įtampos.

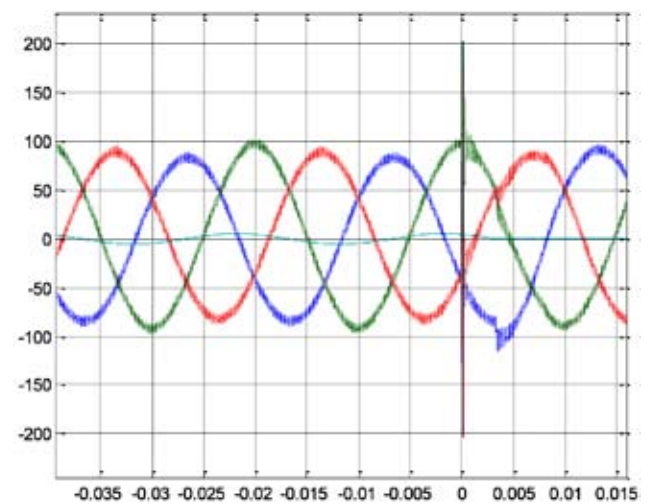
Išanalizavus jungtuvo jungimo charakteristikas, jungtuvo fazių susijungimo nesutapimas tarp pirmo išjungusio polio ir paskutinio apie 100 μ s.



3 pav. Reaktoriaus įjungimo pereinamasis vyksmas



4 pav. Reaktoriaus įjungimo pereinamojo vyksmo pradžia



5 pav. Reaktoriaus atjungimo pereinamasis vyksmas

Viršįtampių tyrimas reaktoriaus komutavimo skaitmeniniame modelyje

Modeliuojant įjungimo ir atjungimo pereinamuosius vyksmus su pirmalaikiu lanko gesinimu jungtuve sudaromas atjungimo imitacinis modelis su skirtingu atjungiamos fazės momentu. Taikant skaitmeninį

modelį elektromagnetiniams pereinamiesiems vyks-
mams modeliuoti dėl trumpų atkarpų tenka naudoti
labai mažą kelių nanosekundžių skaičiavimo žingsnį.
Trifazėje elektros sistemos modelyje elektromagnetinės
bangos kabelių linijose ir šynose sklinda banginiais
kanalais: tarplaidiniais bei tarp laidų ir žemės. Bangi-
nius kanalus ir juose vykstančius energijos disipacinius
vyksmus apibūdina kanalų (sekų arba modų) banginės
varžos, perdavimo funkcijų dažninės charakteristikos
bei įtampos ir srovės bangoje kaitos pereinamoji cha-
rakteristika [4].

Atjungiant induktyviąją srovę jungtuvu, srovė gali
būti nutraukta užgesinus lanką jungtuve anksčiau, kol
dar srovė nelygi nuliui. Elektros lankas, net tekant sil-
pnai induktyviajai srovei jungtuve gesinamas intensy-
viai, todėl gali būti nutrauktas anksčiau.

Modelyje jungtuvo asimetrija modeliuojama per du
nuosekliai sujungtus mazgus su komutavimo elementu.

Jungtuvo, įterpto tarp dviejų skaičiuojamosios sche-
mos mazgų (2 ir 3, 2 pav.), kontaktų padėtį susijungi-
mų nevienalaikiškumo modeliavime aprašo lygtys:

$$\begin{cases} \mathbf{I}_j = \mathbf{Y}_j \cdot \mathbf{U}_j, \\ \mathbf{I}_k = \mathbf{Y}_k \cdot \mathbf{U}_k; \end{cases} \quad (1)$$

čia \mathbf{I}_n – krintančiųjų į n -tąjį mazgą elektromagnetinių
bangų srovės reikšmių vektorius, $n = j, k$;

$$\mathbf{I}_n = 2 \cdot \mathbf{w}_n^{-1} \cdot \mathbf{U}_n^+;$$

\mathbf{U}_n^+ ir \mathbf{w}_n – krintančiųjų į n -tąjį mazgą elektromagne-
tinių bangų įtampų vektorius ir prie n -tojo mazgo pri-
jungtų linijų banginių kanalų diagonalinė matrica;

$$\mathbf{Y}_n = \mathbf{w}_n^{-1};$$

\mathbf{U}_n – n -tojo mazgo įtampų (sekų) vektorius;
ribinės sąlygos, nusakančios jungtuvo kontaktų padėtį:

$$\begin{cases} u_{js} - u_{ks} = 0, \\ i_{js} + i_{ks} = 0, \\ i_{jr} = 0, \\ i_{kr} = 0; \end{cases} \quad (2)$$

čia u_{ns} ir i_{ns} , u_{nr} – n -tojo mazgo s fazės įtampa ir ište-
kanti iš n -tojo mazgo s, r fazėse srovė;

s – fazės, kuriose jungtuvo kontaktai sujungti,
 $s \subset \{a, b, c\}$;

r – fazės, kuriose jungtuvo kontaktai nesujungti, $r \notin s$.

Tiriamoje schemoje atkarpos tarp mazgų 3 ir 4 ban-
ginė varža apskaičiuojama pagal šynų išdėstymą, o tarp
2 ir 3 mazgų yra kabelio banginė varža.

Elektromagnetinių vyksmų kabelyje modeliavimą
patogiausia atlikti naudojant cilindrinės matematinės
fizikos funkcijas. Jų pagrindą sudaro banginė lygtis, su-
randama iš Maksvelo lygčių:

$$\Delta \underline{\psi} + k^2 \underline{\psi} = 0; \quad (3)$$

čia $\underline{\psi}$ – bet kuri (E) elektrinio stiprio arba (H) magne-
tinio stiprio elektromagnetiniame lauke dedamoji;

$k = \sqrt{\mu \cdot (\varepsilon - j\sigma\omega)}$ – aplinkos banginis skaičius;

μ, ε ir σ – aplinkos magnetinė, elektrinė konstantos ir
savitasis laidis.

Δ – diferencialinis operatorius laplasianas, kuris cilin-
drinėse koordinatėse yra:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial x^2};$$

Lygties (3) sprendinys nustatomas kintamųjų at-
skirimo metodu rodo, kad elektromagnetinio lauko
dedamosios turi eksponentinę priklausomybę nuo iš-
ilginės kabelio kryptimi x koordinatės:

$$\underline{\psi} = \underline{\psi}^+ e^{-\gamma x} + \underline{\psi}^- e^{\gamma x};$$

čia $\underline{\psi}^+$ ir $\underline{\psi}^-$ – krintančioji į x ir atsispindinčioji nuo x
taško skersiniame linijos pjūvyje bangos;

$\gamma = \alpha + j\beta$ – bangos sklidimo koeficientas; α ir β – ban-
gos slopimo ir fazės koeficientai.

Eliminavus šią, vadinamą plokščiąja banga, iš (3),
galima gauti supaprastintą dviejų koordinatinių banginę
lygtį:

$$\Delta \underline{\psi} + \xi^2 \underline{\psi} = 0; \quad (4)$$

čia $\xi^2 = k^2 + \gamma^2$; ξ – banginis skaičius dvimatėje (statme-
no laidui pjūvio plokštumos) aplinkoje.

Tuomet laplasianas cilindrinėje koordinatinių siste-
moje įgyja pavidalą:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2};$$

Banginės (4) lygties sprendiniai įvairioms elektro-
magnetinio lauko dedamosioms atrodo taip:

laidininko viduje (kabelio šerdyje):

$$\underline{E}_x^{(1)} = AJ_0(\xi_1 r);$$

$$\underline{E}_r^{(1)} = -\frac{1}{\xi_1} \frac{dA}{dx} J_1(\xi_1 r);$$

$$\underline{H}_\theta^{(1)} = \frac{\sigma_1}{\xi_1} AJ_1(\xi_1 r);$$

laidininko išorėje:

$$\underline{E}_x^{(2)} = CH_0(\xi_2 r);$$

$$\underline{E}_r^{(2)} = \frac{1}{\xi_2} \frac{dC}{dx} H_1(\xi_2 r);$$

$$\underline{H}_\theta^{(2)} = \frac{j\omega(\varepsilon - j\sigma_2\omega)}{\xi_2} CH_1(\xi_2 r);$$

čia J_0 ir J_1 – Beselio pirmosios rūšies nulinės ir pirmo-
sios eilės funkcijos;

H_0 ir H_1 – Hankelio pirmosios rūšies nulinės ir pirmo-
sios eilės funkcijos;

A ir C integravimo pastoviosios konstantos, kurių
dydį galima nustatyti iš pilnosios srovės dėsnio laid-
ninko paviršiuje: $\oint \underline{H}_\theta dl = \underline{I}$. Taip apskaičiavus inte-

gravimo pastoviąją A , gaunamas kabelio gyslos laidininko vidinis impedansas:

$$Z_v = \frac{E_x^{(1)}(r_1)}{I} = \frac{\xi_1}{2\pi \cdot \sigma_1 \cdot r_1} \cdot \frac{J_0(\xi_1 \cdot r_1)}{J_1(\xi_1 \cdot r_1)} \quad (5)$$

čia r_1 – kabelio gyslos spindulys; σ_1 – gyslos medžiagos specifinis laidis.

Praktiniuose impedansų skaičiavimuose, paprastai daromas nereikšminis supaprastinimas.

Supaprastinimas leidžia vietoje Beselio ir Hankelio funkcijų panaudoti modifikuotas Beselio funkcijas I_v ir K_v . Toks formalus argumento pakeitimas, pasirodo, kiek supaprastina funkcijų procedūras ir pagreitina skaičiavimą.

Impedansas tarp dviejų elektrodų (tarp gyslos ir apvalkalo, arba, pavyzdžiui, tarp dviejų cilindų) nustatomas tokia išraiška:

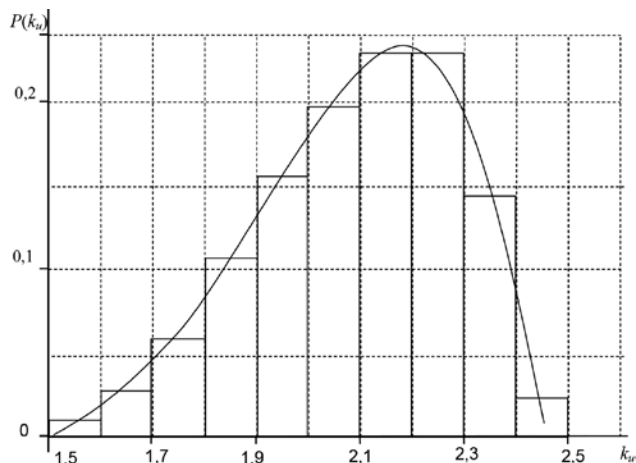
$$Z_i = \frac{j\omega\mu}{2\pi} \ln \frac{d}{c}; \quad (6)$$

čia μ – izoliacijos sluoksnio magnetinė konstanta.

Taikant skaitmeninį modelį elektromagnetiniams pereinamiesiems vyksmams modeliuoti dėl trumpų atkarpų (iki 50 m) tenka naudoti labai mažą kelių nanosekundžių skaičiavimo žingsnį.

Komutacinių viršįtampių kompiuteriniam modeliavimui yra sukurtos programos, kurių algoritmuose yra panaudotos banginių vyksmų linijose lygtys. Tam, kad galima būtų adekvačiau atspindėti elektromagnetinių vyksmų eigą elektros tiekimo schemose, sudarytose iš įvairaus ilgio linijų atkarpų bei jungiamųjų laidų, tenka priimti galimai trumpesnį diskretizacijos laike žingsnį. Kompiliuotos programos, esant priimtinioms modeliavimo trukmėms, leido sumažinti šį žingsnį iki 1 ns. Kad išgauti pilną viršįtampių kaitos vaizdą, vieno modeliavimo seanse su tokios trukmės žingsniu tenka atlikti iki 10^6 pilnos skaičiavimų procedūros žingsnių. Skaičiavimų algoritme elektros linijų atkarpose srovės ir įtampos buvo atvaizduojamos modalinėse koordinatėse.

Modeliuojant pereinamuosius vyksmus komutacijų metu gautas maksimalių viršįtampių skirstinys parodytas 6 pav.



6 pav. Viršįtampių lygio histograma

Viršįtampių lygis komutuojant reaktorių yra gana aukštas nors jungiama linija gana trumpa. Elektros tinklo neutralė yra izoliuota, o tokiaime tinkle galimas vienfazis įžemėjimas, kurio relinė apsauga neatjungia. Komutuojant reaktorių su įžemėjimu elektros tinkle viršįtampių lygis gali pakilti iki $4 \cdot U_f$. Toks viršįtampių lygis pavojingas komutuojamos reaktoriaus grandinės įrenginių izoliacijai. Viršįtampiams pažeminti reaktoriaus prijunginyje turėtų būti įrengti viršįtampių ribotuvai.

Išvados

1. Taikant eksperimentinių tyrimų ir pereinamųjų vyksmų skaitmeninio modeliavimo metodus nustatyta, kad dėl susidarančių viršįtampių reaktoriaus prijungimo grandinėje viršįtampiai gali pasiekti izoliacijai pavojingas beveik $2,4 \cdot U_f$ įtampos vertes.
2. Tyrimų ir modeliavimo rezultatai parodė, kad pavojingiausi viršįtampiai reaktoriaus grandinėje gali būti, kai komutuojamas reaktoriaus kabelis, esant sistemoje įžemėjimui. Viršįtampių lygis gali pasiekti $4 \cdot U_f$.
3. Atsižvelgiant į tyrimų ir modeliavimo rezultatus, siekiant apsaugoti įrenginius nuo gedimo šunto reaktorių prijungimo grandinėje reikalinga įrengti viršįtampių ribotuvus, kurie leistų užtikrinti tinkamas darbo sąlygas esant įvairiems tinklo režimams (taip pat ir komutavimui esant įžemėjimui).

Literatūra

1. Gudžius, S.; Markevičius, L.; Morkvėnas, A. Recursive method to examine electromagnetic transient processes in cable network. *IV Simpozium, "Metody matematyczne W elektroenergetyce MMwEE'98"*, Zakopane, 1998, p. 235-244.
2. Gudžius, S.; Markevičius, L.; Morkvėnas, A. The research of overvoltages arresters efficiency in high voltage substation. *XI International Conference on Electromagnetic Disturbances: EMD'2001, Overvoltage in Power – Electronic – and Computer Engineering*. Bialystok Technical University, Vilnius Gediminas Technical University, Kaunas University of Technology. Bialystok, 2001, p. 3–6.
3. Gudžius, S.; Markevičius, L. A.; Morkvėnas, A.; Rožanskienė, A. The analysis of the processes of the temporary earth faults in the insulated neutral electrical network. *Proceedings of the XX International Conference on Electromagnetic Disturbances EMD 2010*. Bialystok University of Technology, Kaunas University of Technology, Vilnius Gediminas Technical University. Kaunas: Technologija, 2010, p. 179-182.
4. Schelkunoff, S. A. *The electromagnetic theory of coaxial transmission line and cylindrical shields*. - *Bell Syst. Techn. J. Journ.*, 1934, v.13, pp. 532–579.
5. Saied M. M.; Al-Fuhaid, A. S., Oufi E. A. Application of nonuniform-line theory to the simulation of electromagnetic transients in power systems. *Electrical Power & Energy Systems*, 1998, v. 20, 3, p. 225-233.

INVESTIGATION OF THE LEVEL OF SWITCHING OVERVOLTAGES IN THE DIAGRAM OF SHUNT REACTOR

Saulius Gudžius¹, Alfonsas Morkvėnas¹, Vidmantas Tička¹, Jasiūnas Kęstutis², Žydrūnas Čeponis²

¹Department of Electrical Power Systems,
Kaunas University of Technology

²Technical Faculty of Vilnius College
of Technologies and Design

Abstract: Shunt reactors are used for regulation of voltage and power flow in the transmission network of electrical energy system. Reactors are connected to

10 kV winding of autotransformer. The diagram of reactor operates with isolated neutral. Switching of reactor are performed several times per day. There are no devices limiting the level of overvoltage in the connection diagram of reactor. Faults have happened and the reasons of it were overvoltage. This paper analyzes different situations of transient processes determining the level of max overvoltage. In order to determine the level of overvoltage an experiment is performed and transient process of overvoltage during switching and zero sequence current are recorded. The digital model of the diagram is made in order to simulate transient processes of overvoltage in the connection diagram of reactor.

Keywords: overvoltages, arresters, substation.

ELEKTRONIŠKAI KOMUTUOJAMOS PAVAROS CHARAKTERISTIKŲ IMITACINIAI MODELIAI

Bronius Karaliūnas, Bronė Mitkienė, Antanas Staponas

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius LT-03227,
Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius,
bronius.karaliunas@vgtu.lt, b.mitkiene@vtdko.lt, a.staponas@vtdko.lt*

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjamos pavarų su elektroniškai komutuojamais (EC) varikliais taikymo sritys, jų privalumai ir trūkumai bei valdymo ypatumai. Sudaryti EC pavarų du Matlab/Simulink imitaciniai modeliai, suteikiantys galimybę tirti tokių pavarų dinamines charakteristikas įvairiais darbo režimais. Straipsnyje taip pat aprašyti EC variklių stabdymo režimai. Modeliavimo būdu gautos pavaros dinaminės charakteristikos atspindi statoriaus srovių, apvijose indukuotų elektrovartų, Holo jutiklių, variklio momento bei greičio kitimo kreives. Gavus rezultatus galima palyginti abiejų imitacinių modelių galimybes ir parinkti geriausią ir tiksliausią modeliavimo metodiką. Šio darbo rezultatai padės gamintojams kurti tobulėnes, naudingesnes ir patikimas EC pavaras.

Svarbiausios sąvokos: elektroniškai komutuojamas variklis (EC), elektros pavara, imitaciniai modeliai, modeliavimas, dinaminės charakteristikos, variklių stabdymas.

Įvadas

Nuolatinės srovės varikliai, kuriuose nėra šepečių ir kolektoriaus mazgo, o srovę statoriaus apvijose komutuoja elektroninis įtaisas, vadinami elektroniškai komutuojamais varikliais (EC). Techninėje literatūroje kartais jie dar vadinami brushless motors, commutatorless motors, electronic motors [2].

Pirmą kartą EC varikliai buvo paminėti 1962 m. T. G. Wilsono ir P.H. Trickey straipsnyje „D.C. Machine with Solid State Commutation“ [9]. Deja, tais laikais nebuvo galimybių sukurti galingus, daugiau nei 3,7 kW EC variklius, kuriuos būtų galima pritaikyti pramonėje. Didesnės galios EC varikliai pradėti gaminti tada, kai įvairiose šalyse buvo sukurti galingi nuolatiniai magnetai, puslaidininkiniai elementai ir valdikliai.

EC variklių elektros pavarose kasmet naudojama vis daugiau. Jų geras svorio bei dydžio santykis su galia, puikios paleidimo ir reguliavimo savybės kuria mažiau akustinio bei elektrinio triukšmo nei kolektoriniai varikliai. Todėl pastaruoju metu mokslinėje spaudoje pasirodo straipsnių, kuriuose nagrinėjamos tokių pavarų naujos valdymo sistemos, jų charakteristikos bei panaudojimo galimybės įvairiuose pramoniniuose objektuose [5, 10, 8]. Straipsnyje [4] pateiktas EC variklio charakteristikų tyrimo Matlab/Simulink kompiuterinis modelis, aprašyti jo veikimo blokai ir modeliavimo metodika. Naujas devynių fazių bešepečio DC variklio modelis tiriamas straipsnyje [6]. Čia Matlab/Simulink kompiuteriniu paketu gauti modeliavimo rezultatai rodo, kad tokio variklio pakankamai didelis sukimo momentas su mažomis pulsacijomis. Ištirtą variklį autoriai siūlo naudoti tiksluose ir aukštos kokybės įrenginiuose.

Nors EC pavarų statinės charakteristikos mokslinėje spaudoje yra gana plačiai nagrinėjamos, tačiau jų dinaminės savybės įvairiais darbo ir valdymo režimais dar nėra kaip reikiant ištirtos.

Šio darbo tikslas – sudaryti EC pavarų dinaminį

procesų imitacinius modelius ir gauti bei palyginti dinaminį charakteristikų imitacijos rezultatus.

EC variklių valdymo ypatumai

EC variklių veikimas pagrįstas sukamuoju magnetiniu lauku. Tokiam laukui sukurti variklio statoriuje turi būti mažiausiai trys fazinės apvijos, kurios tarpusavyje jungiamos žvaigžde arba trikampiui. Pastaruoju metu kuriami bei naudojami ir daugiafaziai EC varikliai. Tokiems varikliams valdyti parenkamos įvairios valdymo schemas, užtikrinančios statoriaus apvijose stačiakampę, sinusinę srovių komutaciją arba komutaciją be jutiklių. Elektroninis komutatorius reikiamu momentu paeiliui į statoriaus apvijas perduoda maitinimo įtampą. Rotoriuje panaudoti pakankamai stiprūs nuolatiniai magnetai, kurie sukuria rotoriaus magnetinį srautą ir sukasi statoriaus magnetinio lauko kryptimi.

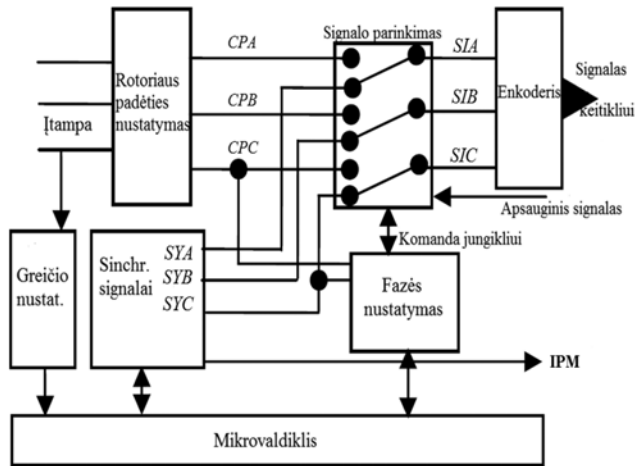
Eksploatuojant EC pavaras, tenka valdyti variklio paleidimo procesą, darbo metu – variklio momentą, greitį, pagreitį, posūkio kampą bei rotoriaus padėtį, dažnai reikia naudoti judančiųjų dalių greito ir tikslaus stabdymo režimus.

Sklandus ir patikimas variklio paleidimas priklauso nuo pasirinkto paleidimo būdo. Moksliniame straipsnyje [1] palyginami keli paleidimo būdai: trijų pakopų, sinchroninis paleidimas pamažu didinant impulsų dažnį ir įtampą, įtampos interpoliacijos metodas.

Naudojant trijų pakopų metodą, iš pradžių variklis paleidžiamas kaip sinchroninis, o pasiekęs stabilų greitį, automatiškai perjungiamas į valdymo sistemą. EC variklio trijų pakopų paleidimo funkcinė schema parodyta 1 pav.

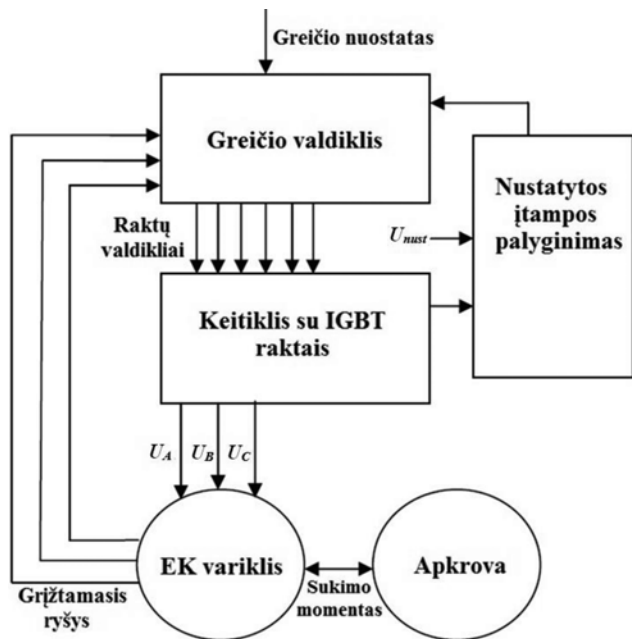
Schemeje sinchronizavimo signalai SYA, SYB, SYC sutampa su atitinkamais rotoriaus padėties signalais CPA, CPB, CPC. Jie nustato rotoriaus sukimosi kryptį ir per enkoderį rezultatas perduodamas trifaziam keiti-

kliui. Paleidimo procesas apima tris pakopas: nustatoma rotoriaus pozicija, pagreitis ir variklio veikimas.



1 pav. EC variklio trijų pakopų paleidimo schema

EC pavaros greičio valdymo sistemą (2 pav.) sudaro greičio valdiklis, įtampos palyginimo blokas, impulsų pločio moduliacijos (IPM) valdiklis, rotoriaus padėties jutikliai, IGBT tranzistorių tiltelis ir variklis [7].



2 pav. EC pavaros greičio valdymo sistema

Greičio valdiklyje faktinis variklio greitis palyginamas su pasirinkta greičio verte, o atsiradusias paklaidas kompensuoja PID reguliatorius.

EC pavarų pagrindiniai stabdymo būdai yra dinaminis, rekuperacinis ir stabdymas priešiniu jungimu, atliekant reversą. Pavaroms, kurioms maitinimą tiekia akumuliatorius, dažniausiai naudojamas rekuperacinis stabdymas. Stabdymo metu variklyje generuojama perteklinė elektros energija grąžinama atgal į akumuliatorių, tuo pačiu metu jis įkraunamas. Šis EC pavarų valdymo būdas taikomas elektrinėse transporto priemonėse [3].

EC variklių pagrindinės lygtys

Pramonėje plačiai naudojami EC varikliai su statoriuje įrengtomis trimis apvijomis. Tokie varikliai dažniausiai jungiami prie trifazio tiltelio, sudaryto iš šešių lauko tranzistorių (field-controlled transistors) ar IGBT modulių. Paėiliui komutuojant tuos tranzistorius ar IGBT modulius, variklio apvijų gauna maitinimo įtampą. Įvertinant apvijų abipusius induktyvumus (mutual inductances), galima užrašyti tokią fazinių įtampų lygčių sistemą:

$$\begin{cases} U_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + M_{ab} \frac{di_a}{dt} + M_{ac} \frac{di_a}{dt} + e_a \\ U_b = R_b i_b + L_b \frac{di_b}{dt} + M_{ba} \frac{di_b}{dt} + M_{bc} \frac{di_b}{dt} + e_b ; (1) \\ U_c = R_c i_c + L_c \frac{di_c}{dt} + M_{ca} \frac{di_c}{dt} + M_{cb} \frac{di_c}{dt} + e_c \end{cases}$$

čia $R_a; R_b; R_c$ – statoriaus apvijų aktyvinės varžos; $L_a; L_b; L_c$ – apvijų induktyvumai; (M_{ab}, \dots, M_{cb}) – apvijų abipusiai induktyvumai; $e_a; e_b; e_c$ – apvijose indukuotos elektros varos.

Lygčių sistema (1) gali būti užrašyta kompaktiška matricine forma:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} L_a & M_{ab} & M_{ac} \\ M_{ba} & L_b & M_{bc} \\ M_{ca} & M_{cb} & L_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} . (2)$$

EC varikliai dažniausiai gaminami su simetriškomis statoriaus apvijomis. Tada visų fazių varžos yra lygios, o apvijų induktyvumai nepriklauso nuo rotoriaus padėties. Tuomet galioja lygtys:

$$\begin{cases} R_a = R_b = R_c = R \\ L_a = L_b = L_c = L \end{cases} . (3)$$

Be to, kai kurie EC variklių gamintojai kataloguose nepateikia apvijų abipusių induktyvumų verčių. Dėl to galima teigti, kad $(M_{ab}, \dots, M_{cb}) = 0$. Įvertinus (3) išraišką, matricinė lygčių forma (2) tampa paprastesnė:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} L & 0 & 0 \\ 0 & L & 0 \\ 0 & 0 & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} . (4)$$

Variklio sukuriamas elektromagnetinis momentas skaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$T_{em} = \frac{1}{\omega} (e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c) ; (5)$$

čia ω – rotoriaus kampinis sukimosi greitis.

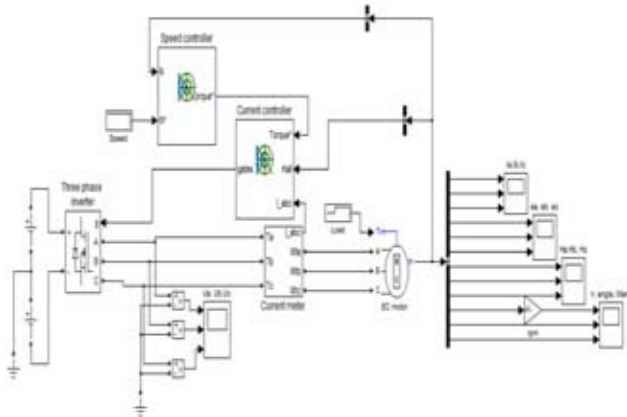
Visi momentai, veikiantys EC pavaroje, matyti judesio lygtyje:

$$T_{em} - T_L - \beta \omega = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} ; (6)$$

čia T_L – pavaros apkrovos momentas; β – variklio vidinės klampiosios trinties momento koeficientas; J_{Σ} – pavaros sunkiųjų dalių suminis inercijos momentas.

EC pavaros imitacinių modelių sudarymas

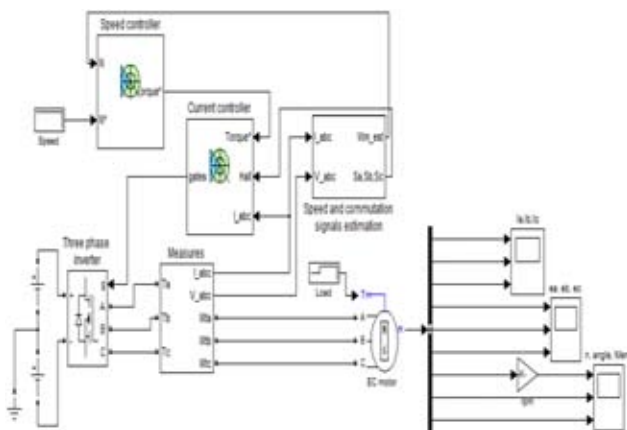
Pagal anksčiau pateiktas matematinės išraiškas buvo sudaromi pavaros charakteristikų imitaciniai modeliai. Tam tikslui buvo panaudotas nuolatinės srovės variklio su nuolatiniais magnetais Matlab/Simulink modelis [7]. Šis modelis pakoreguotas ir pritaikytas EC pavarai modeliuoti, parinkti ir pritaikyti šio modelio pagrindiniai blokai. Tai srovės ir greičio valdikliai, trifazis maitinimo įtampos keitiklis, Holo jutikliai, matavimų grandinės ir pats EC variklis. Pirmasis imitacinis modelis parodytas 3 pav.



3 pav. Pirmasis EC pavaros imitacinis modelis

Srovės valdiklį sudaro srovės regulatorius, Holo jutiklių dekoderis ir keitiklis, kuris keičia sukimo momento signalus srovės signalais. Greičio valdiklyje panaudotas PI tipo regulatorius palaiko reikiamas sukimo momento vertes ir tuos signalus perduoda srovės valdikliui.

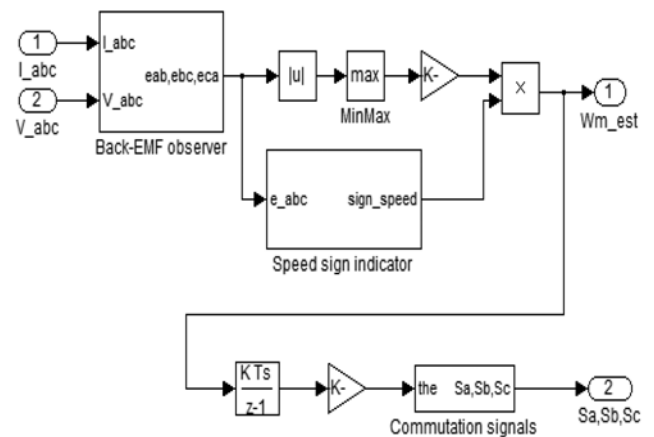
Pakoregavus ir papildžius pirmąjį modelį, buvo gautas antrasis imitacinis modelis, parodytas 4 pav.



4 pav. Antrasis imitacinis modelis

Kaip matyti 4 pav., modelis papildytas greičio ir komutacijos signalų valdymo bloku, todėl nereikia Holo jutiklių. Jame įrašomi pradiniai EC pavaros duomenys: variklio polių porų skaičius, fazės varža ir induktyvumas, nuolatinų magnetų kuriamas srautas ir kiti. Šiuo modeliu imituojamas bejutiklės EC pavaros veikimas.

Detalesnis greičio ir komutacijos signalų valdymo bloko vaizdas pateiktas 5 pav.



5 pav. Greičio ir komutacijos signalų valdymo bloko schema

Modeliavimo rezultatai ir jų analizė

Modeliuojant EC pavaros charakteristikas gautiems imitaciniams modeliams parenkami tokie pavaros kataloginiai duomenys: maitinimo įtampa [V]; statoriaus fazės varža $[\Omega]$ ir jos induktyvumas [H]; sukimo momento pastovioji $\left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A}}\right]$; sukimosi greičio pastovioji $\left[\frac{\text{rad/s}}{\text{V}}\right]$; sukųjų dalių inercijos momentas $[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$; variklio klampiosios trinties koeficientas $\left[\frac{\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}}{\text{rad}}\right]$.

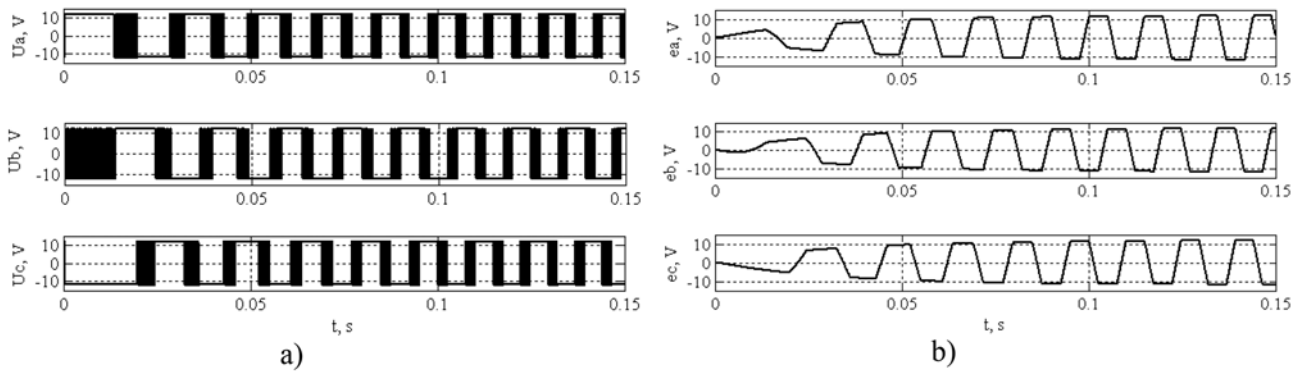
Modeliavimo metu buvo tirti du pavaros darbo režimai: kai pavara veikia be apkrovos tuščiosios eigos režimu ir kai pavara apkrauta nominaliuoju momentu. Toliau pateikiami imitacijos rezultatai, gauti tiriant pirmojo modelio veikimą.

6 pav. pateikti variklio maitinimo įtampų ir fazinių elektrovarų grafikai. Apkrautos pavaros greičio, posūkio kampo ir variklio momento pereinamieji procesai pateikti 7 pav., o fazinių srovių kitimo grafikai parodyti 8 pav. Pirmojo imitacinio modelio Holo jutiklių signalų grafikai pateikti 9 pav.

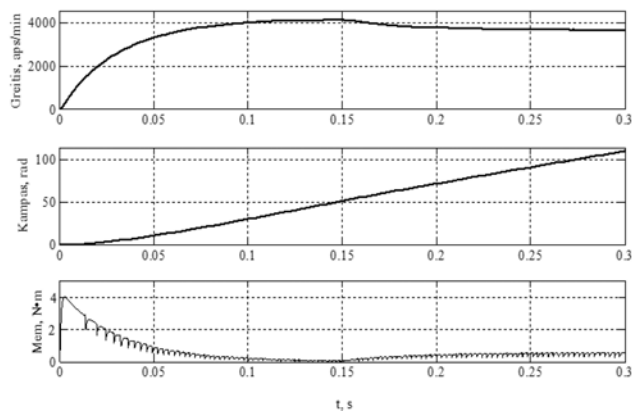
Gauti imitacijos rezultatai rodo, kad, apkrovus EC variklį, elektrovarų amplitudė ir Holo jutiklių signalų dažnis sumažėja.

Toliau buvo tiriamas EC pavaros veikimas pagal antrąjį imitacinį modelį. Kaip jau buvo minėta, šiuo modeliu galima tirti bejutiklės pavaros charakteristikas, nes rotorius padėčiai nustatyti čia nereikalingi Holo jutikliai. Gauti rezultatai rodo, kad bejutiklės pavaros charakteristikų imitacijos grafikai mažai skiriasi nuo pirmojo modeliu gautų grafikų. Didžiausias nesutapimas siekia apie (6–10)%. Be to, modeliavimo rezultatai mažai skiriasi nuo EC variklio kataloginių duomenų. Taigi galima teigti, kad ištirti pavaros abu imitaciniai modeliai veikia sklandžiai ir patikimai.

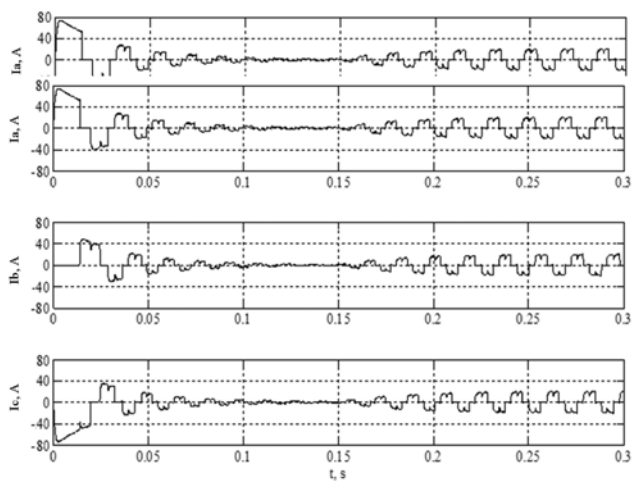
Nors bejutiklių pavarų kaina yra mažesnė, tačiau jas naudojant susiduriama su variklio paleidimo problema. Kol rotorius stovi ar sukasi mažu greičiu, fazėje indu-



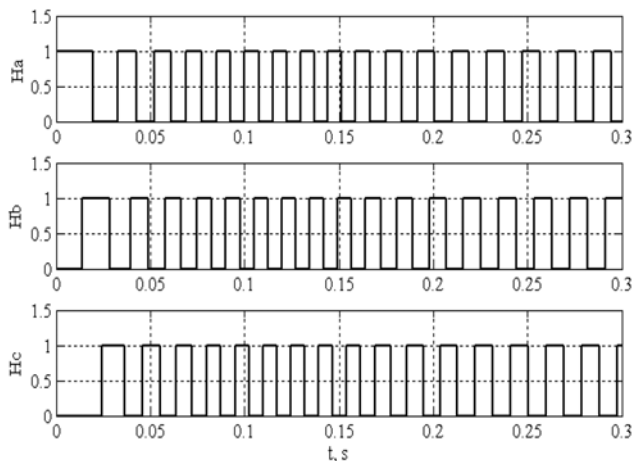
6 pav. EC pavaros maitinimo įtampų a) ir fazinių elektovarų b) grafikai



7 pav. Apkrautos pavaros greičio, posūkio kampo ir variklio momento pereinamieji procesai



8 pav. EC pavaros fazinių srovių kitimo grafikai



9 pav. Pirmojo modelio Holo jutiklių signalų grafikai

kuotos elektrovaros signalas yra silpnas ir negalima tiksliai nustatyti perėjimo per nulį momento. Dėl to variklio paleidimo procesas tampa komplikuoatas ir nestabilus. Šiuo atveju pavarai valdyti rekomenduojama rinktis valdiklius su skaitmeniniu signalų apdorojimo įtaisu.

Išvados

Sudaryti du EC pavaros Matlab/Simulink imitaciniai modeliai suteikia galimybę tirti ir palyginti pavaros dinamines charakteristikas, keičiant įvairius pavaros parametrus ir skirtingais darbo režimais.

Siekiant tinkamai komutuoti statoriaus apvijas ir valdyti EC variklį, būtina informacija apie esamą rotoriaus erdvinę padėtį. Pirmasis imitacinis modelis skirtas EC pavarai, valdomai Holo jutikliais, o antrasis – bejutiklei pavarai, kai rotoriaus padėtis nustatoma pagal fazinės elektrovaros nulinio kirtimo tašką.

Modeliavimo metu buvo gauti ir palyginti abiejų pavarų maitinimo įtampų ir fazinių elektovarų grafikai, pavaros greičio, posūkio kampo ir variklio momento bei fazinių srovių kitimo grafikai ir pirmojo modelio Holo jutiklių signalų formos.

Atlikti tyrimai rodo, kad abiejų modelių imitacijos rezultatai tarpusavyje mažai skiriasi ir beveik sutampa su EC variklių kataloginiais duomenimis. Didžiausias charakteristikų nesutapimas siekia apie (6–10)%. Abu ištirti EC pavaros imitaciniai modeliai veikia sklandžiai ir patikimai.

Pastebėta, kad išmatuoti signalai veikiami trukdžių, todėl kai kuriais atvejais statoriaus apvijų perjungimo impulsai formuojami su paklaida. Tokios paklaidai sumažinti pavaros valdymo algoritmui galima parinkti koreguojančias laiko delsas ir naudoti valdiklius su skaitmeniniu signalų apdorojimu.

Literatūra

1. Anping, Z.; Jian, W. Compare the Starting Methods of the Position – Sensorless BLDC Motor, IEEE Int. Conf. on Computing, Control and Industrial Engineering, vol. 2, 2010, p. 175–177.
2. Gieras, J. F. Advancements in Electric Machines, 1-st Edition, Springer, 2008, p. 291.

3. Jing, G.; Minggao, O.; Jiangui, L.; Doubin, L.; Chuan, F. and Yan, M.. Driving and Braking Control of PM Synchronous Motor based on Low – Resolution Hall Sensor for Battery Electric Vehicle, Chinese Journal of Mechanical Engineering, vol. 26, no. 1, 2013, p. 1–10.
4. Karaliūnas, B., Study on the Characteristics of Electronically Commutated Motor, Electronics and Electrical Engineering, no. 3 (109), 2011, p. 31–34.
5. Moreton, P. Industrial Brushless Servomotors. A Practical Handbook, Newnes, 2000, p. 191.
6. Mousavi, S. M. H.; Mirbagheri, S. M.; Sefid, S. S. S. G.; Sefid, S. E. S. G, Simulation of a New Multiphase BLDC Motor Drive, IEEE Int. Conf. on Power Electronics, Drives and Energy Systems, 2012, p. 1–5.
7. Sun, J., Chai, Y.; Zhu, Z.; Luo, X. BLDC Motor Speed Control System Fault Diagnosis Based on LRGF neural Network and Adaptive Lifting Scheme, Applied Soft Computing, vol. 14, part C, 2014, p. 609–622.
8. Wang, H. Design and Implementation of Brushless DC Motor Drive and Control System, International Workshop on Information and Electronics Engineering, vol. 29, 2012, p. 2219–2224.
9. Wilson, T. G.; Trickey, P. H. D. C. Machine with Solid State Commutation, AIEE paper I, CP62-1372, Oct.7, 1962.
10. Wu, Y.; Deng, Z.; Wang, H.; Ling, X.; Cao, X., Position Sensorless Control Based on Coordinate Transformation for Brushless DC Motor Drives, IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 25, 2010, p. 2365–2371.

SIMULATION MODELS ON CHARACTERISTICS OF ELECTRONICALLY COMMUTATED DRIVES

**Bronius Karaliūnas, Bronė Mitkienė,
Antanas Staponas**

*Vilnius Gediminas Technical University,
Vilnius College of Technology and Design*

Abstract. The article deals with the study on the application of drives with electronically commutated motors (EC), their advantages and disadvantages as well as peculiarities of their control. There have been compiled two Matlab/Simulink simulation models for the EC drives, enabling a rather extensive analysis in terms of the dynamic characteristics of such drives when operated under diverse modes.

The research study on the EC motor braking modes is defined in the article as well. By applying modeling there has been obtained information concerning the dynamic characteristics of the drive, which have been depicted by the curves of a stator currents in the windings, the curves of the induced electromotive forces and Hall sensors, the torque of the motor and the change of the speed. The extracted findings and results have made it possible the comparison of the feasibility potentials regarding both analyzed simulation models and enabled the best option selection, resulting in the correct choice of the most specific methodology to be applied in modeling. The results of the research study shall have to assist and promote manufacturers when designing and producing more upgraded EC drives possessing significantly more sufficient characteristics or distinguished themselves by a higher reliability standard as well as more extensive range of their applications.

Keywords: Electronically commutated motor (EC), electric drive, simulation models, modeling, dynamic characteristics, braking of a motor.

INNOVATION OF PRODUCTION LINE FOR PRODUCING OF NANOFIBERS USING TRIZ

Petr Lepsik, Michal Petru

Technical Univerzity of Liberec, Studentska 2, 461 17 Liberec 1
Czech Republic, petr.lepsik@tul.cz, michal.petru@tul.cz.

Abstract. An increase in the production of production lines for inorganic nanofibres is a very complicated and complex problem that depends on the intensity of the electrostatic field. This complex system may show, under given input and output conditions, variable and nearly chaotic behaviour that may consequently cause fluctuations in the electric field intensity manifested by reduced efficiency of the process. An increase in the intensity of the electrostatic field may be carried out by known methods, for example by increasing the electric potential, changing of the environmental conductivity between the electrodes through changing the relative humidity or by replacing the air with an inert gas. However, the higher total intensity of the electrostatic field may not lead to an increase in process efficiency or productivity. This is due to the fact that the main parameter is involved especially in the spatial intensity distribution of the electrostatic field. Other important parameters having an impact on the optimum process are the distance and the type of electrodes, the chemical structure and properties of the polymer solution, ambient temperature, intensity of vapour removal and others. Through TRIZ tools the influence of the polymer reservoir geometry on the electrostatic field distribution were studied. The structural geometry of the polymer reservoir carries a rotating electrode. The rotation creates a thin layer of the polymer on the surface of the roller, but it also stirs the solution – Nanospider principle. It was found that the geometric design and the relative permittivity of the used construction materials have a significant effect on the final distribution and the maximum electric field intensity at a given electric potential. The resulting intensity of the electric field can be understood as a system that is described by a complexity. This system includes subsystems in the form of input parameters such as electrical potential, the polymer type, humidity and temperature of the environment, duration of spinning, as well as the structural design of the polymer reservoir geometry.

Key words: Innovation, TRIZ, Electrospinning, Nanofibres, Productivity

Introduction

Increasing the productivity of machinery and equipment is necessary for efficient and economical production. While some technologies are already approaching the theoretical maximum productivity, some emerging technologies that are still being implemented must be continuously improved and modified. Such technologies include the Nanospider electrospinning method. The principle is based on spinning from a free level [1,2] with non-spinning technologies. The device is arranged so that the roller is positioned in a reservoir of a polymer solution, whereby the rotating roller attracts the polymer solution to its surface (see figure1).

Due to electrostatic forces, nanofibres are removed from polymer, which are then stored on a grounded or oppositely charged electrode. Compared to the spinning from a needle this technology provides significantly

higher performance, but it is not comparable with other technologies producing nanofibres [3-6]. The need for the development of this technology is the possibility of preparing nanofibres from certain types of polymers which are not spinnable using other technologies. This technology has a wide range of technology and process parameters which have not yet been fully explored and thus offers the possibility to increase productivity by their appropriate setting. This article deals with innovation and design optimization of the technological parameters of equipment, namely a reservoir for the polymer, to which TRIZ methods are applied.

Materials and Methods

The finding and optimization of a suitable solution can often be inefficient, time-consuming and costly. This is because a certain level of inertia is applied leading to the use of proven principles that do not always lead to the optimal solution. One option for achieving a relatively rapid solution is the TRIZ (rus.: Teoriya Resheniya Izobretatelskih Zadach, eng.: Theory of Inventive Problem Solving) [7], which is used to solve various innovative tasks [8-10]. TRIZ is a method that is applicable to solving technical contradictions that arise in typical solutions. The Altshuller table [11] was used during the research. The TRIZ and its tool the Altshuller table was applied during the group workshop. When applying this table it is necessary to start with parameters we want to improve. Then we should find typical solution which leads to improve of chosen

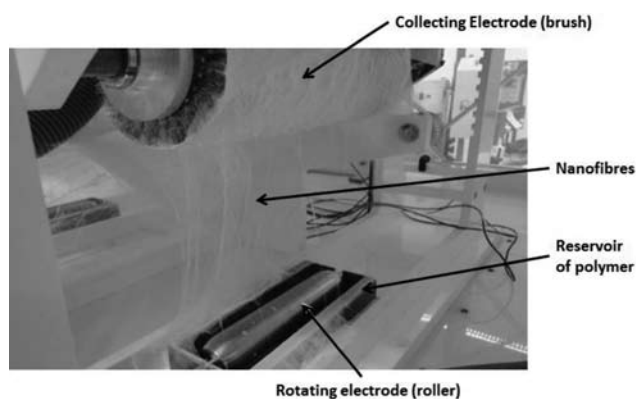


Figure 1. Electrospinning process

parameters and also find the parameters which will get worse when the typical solution will be used.

Process of finding an improved solution using TRIZ

First step is to formulate the problem. The problem is that the quantity of produced nanofibres is not sufficient. Then the problem for solving is: „how to increase the production of nanofibres?“ Second step is formulating of the engineering (or technical) contradiction in the form „If – then – but“ (see table 1).

Table 1. Engineering contradiction in the form „If – then – but“

Engineering contradiction for the nanofibers producing	
IF	one increase the voltage (it is a typical solution leading to increased productivity of electrospinning)
THEN	the production of nanofibres will increase
BUT	the consumption of energy will also increase, the arcing between electrodes temporarily disconnects the high voltage circuit

Third step is to find the typical improving and worsening parameters in Altshuller’s matrix according to the improving and worsening specific parameters. In the table 2, we can see the improving parameter nr. 39 – productivity and worsening parameters nr. 20 (energy spent by a stationary object) and parameter nr. 27 (reliability).

Table 2. Typical improving and worsening parameters

	Specific parameter	Typical parameter (see Altshuller matrix)
Improving parameter	the production of nanofibres will increase	capacity/productivity (parameter 39)
Worsening parameters	consumption of energy	energy spent by a stationary object (parameter 20)
	disconnection of the high voltage circuit	reliability (parameter 27)

Fourth step is identifying of the inventive principles from the cell at the intersection of the improving and

worsening typical parameters in the Altshuller matrix. We can find there principles 1 – Segmentation, 35 – Parameter changes, 10 – Preliminary action, 38 – Strong oxidants.

Principle 1 – Segmentation has been applied for the segmentation of the roller in past. Principle 35 – can be used for innovation of the reservoir of the polymer. From principle 35 it is obvious that this can be done in the following ways. Object parameters may be seen primarily as a change in geometry (shape dimensions, the linear dimensions, bulk parameters), or also a change in the structural material, thereby altering the relative permittivity which affects the resulting distribution and magnitude of the electrostatic field.

Proposal of new design

The geometry of the reservoir was designed in CAD SolidWorks taking into account the production and use of construction material. The actual structural design of the reservoir was also proposed with regard to the dimensions of the spinning electrode and also the same volume of the polymer solution. The individual designs are presented in figure 2.

Verification

The potential distribution and the electric field intensity are very difficult and almost impossible to measure during the electrospinning process using the Nanospider. A certain possibility is to create a simulation in the FEM environment. The FEM model contains: the electrode – polymer solution – reservoir – the external environment – closed box, as was described in [1, 4, 12, 13]. The electric field can be approximately defined as limiting force acting on unit charge.

Verification of designs of the reservoirs was performed first using the finite element method, which facilitates and considerably reduces the cost of prototyping [12-16]. Based on the results from the FEM models, functional prototypes of the reservoirs were

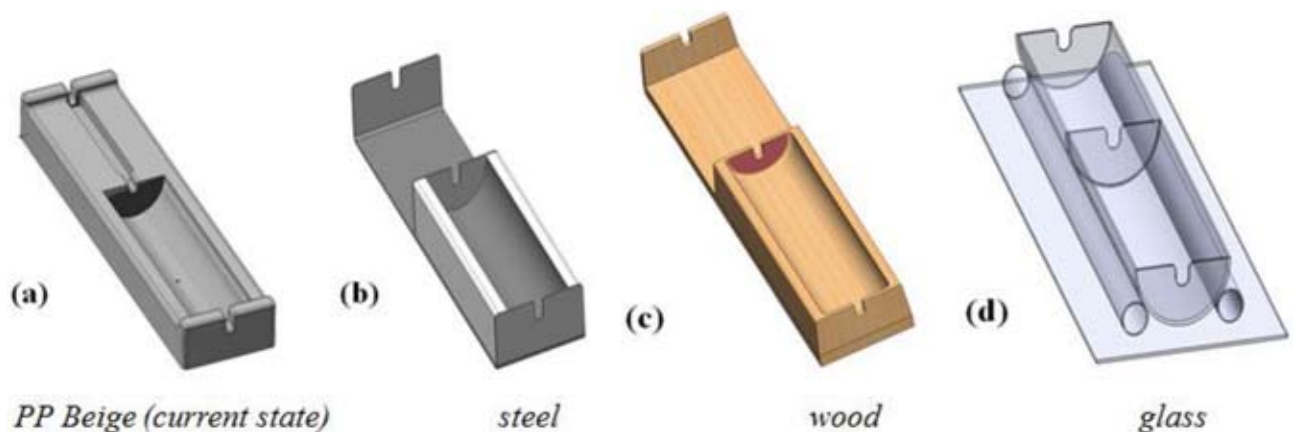


Figure 2. Variations of reservoir for polymer solution

made, which were further verified in practice. Models were created in the FEM program COMSOL Multiphysic. Geometry, properties of individual materials and applied boundary conditions correspond to the real spinning process. The main parameters were the permittivity of the used material and the applied voltage, which had a value of 60 kV on the spinning electrode, and the opposite electrode was grounded. FEM results of intensity for different applied materials are shown in table 3 and figure 3.

Table 3. FEM results of intensity for different applied materials

Type of reservoir	Maximal intensity (statvolt/cm)*
PP	320,22
Steel	296,84
Wood	329,78
Glass	526,23

* 1statvolt=299,793 volt

The results were also verified experimentally. On the basis of structural designs, prototype polymer reservoirs were produced and used in real spinning processes (figure 4). The efficiency of the process was evaluated as the amount of polymer, which was spun for a period of 10 minutes. The results are shown in Table 4.

Table 4. Average mass (g) of produced fibers in different positions of grounded electrode

Type of reservoir	Position I	Position II	Position III	Position IV
PP	1,18±06g	0,72±14g	1,44±01g	1,48±29g
Steel	1,01±11g	0,75±01g	1,59±12g	0,51±06g
Wood	1,35±19g	1,45±05g	0,89±07g	1,47±22g
Glass	1,58±3g	2,08±07g	2,39±12g	1,82±14g

From the results of the experiments it is clear that the relative permittivity of the material and structural

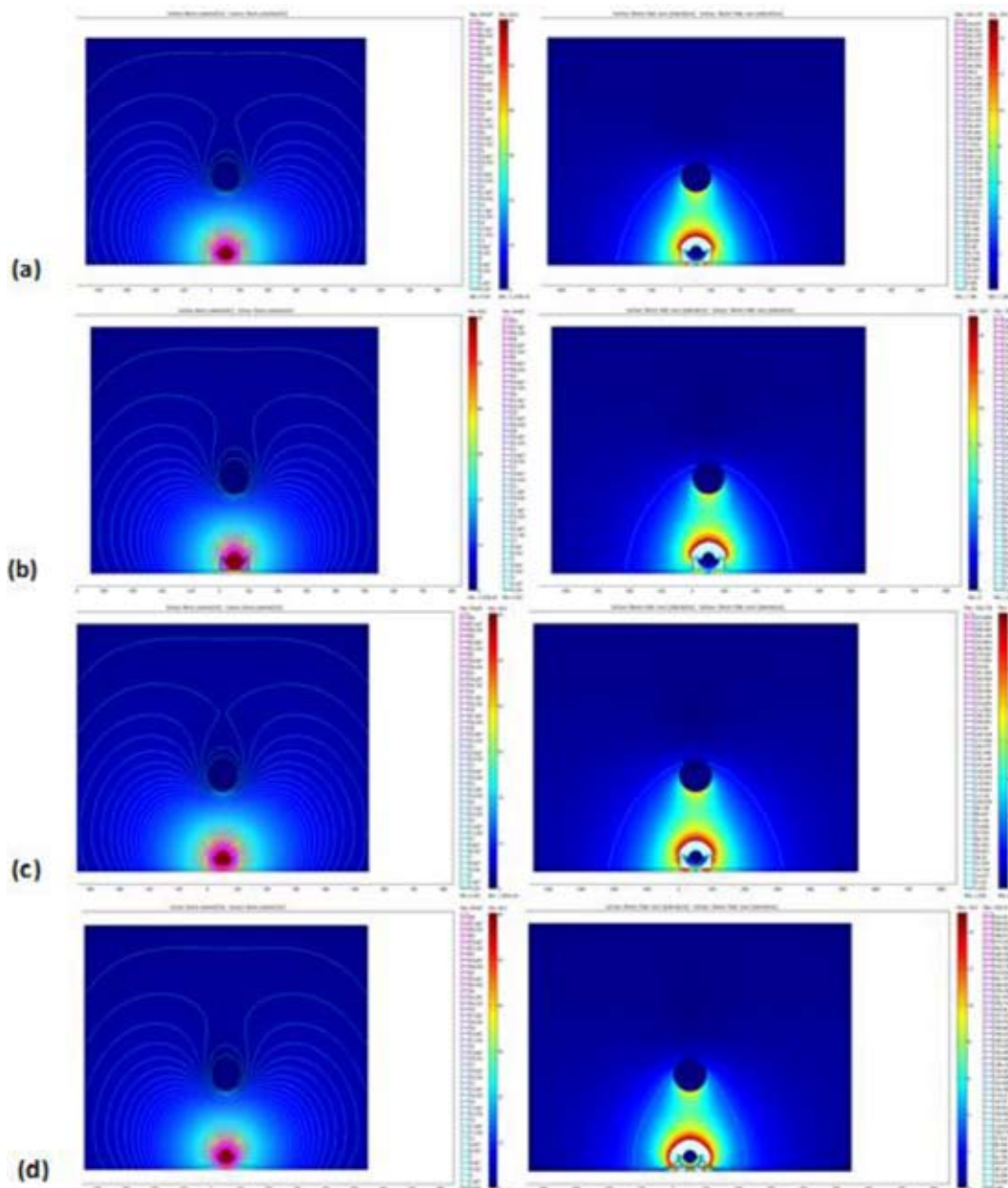


Figure 3. Distribution potential and the intensity of the electrostatic field (a) Reservoir made from polypropylene; (b) Reservoir made from steel; (c) Reservoir made from wood; (d) Reservoir made from glass



Figure 4. Electrospinning: Application of a wooden reservoir (left), and a glass reservoir (right)

design have a significant impact on the productivity of the process. A reservoir made of steel showed low productivity, as did polypropylene, which is normally used for the production of reservoirs, and also a wooden reservoir. On the contrary, the highest productivity was reached by a glass reservoir. The results of the experiments are consistent with the results obtained using the FEM models.

Conclusion

The paper deals with the possibility of influencing the productivity of nanofibres produced by the electrospinning method Nanospider. Innovations in the design were achieved using the TRIZ method. The structural design was verified using a FEM model and then experimentally directly on a line of the company Elmarco. From the results it is clear that the relative permittivity of the material and structural design of the geometry of reservoir have a significant influence on the effective productivity of the manufacturing process. A reservoir made of steel showed low productivity, as did polypropylene, which is normally used for the production of reservoirs, and also a wooden reservoir. On the contrary, the highest productivity was reached by a glass reservoir. It can be said that the intensity of the electrostatic field is critical to the productivity of electrospinning and that the permittivity of the material has a significant influence on the process [17].

Literature

- Petrů M, Novák O, Ševčík L, Lepšík P. Numerical And Experimental Research Of Design Optimization Of Baths For The Production Of Nanofibers By The Electrospinning. *Applied Mechanics and Materials* 2014; 486:157-162.
- Petrů M, Novák O, Ševčík L, Lepšík P. Analysis And Measurement Of The Charge Intensity Of The Selected Electrospinning Electrodes. *Applied Mechanics and Materials* 2014; 486:217-222.
- Wang X, Niu H, Wang X, Lin T. Needleless Electrospinning of Uniform Nanofibers Using Spiral Coil Spinnerets. *Journal of Nanomaterials* (2012); 1-9.
- Yu JH, Fridrikh SV, Rutledge GC. Production of submicrometer diameter fibers by two-fluid electrospinning. *Advanced Materials* 2004; 16(17):1562-1566.
- Hyung KG., Cho S, Kim WD. Stability analysis for multi-jets electrospinning process modified with a cylindrical electrode. *European Polymer Journal* 2006; 42(9): 2031-2038.
- Komarek M, Martinova L. Design And Evaluation Of Melt-Electrospinning Electrodes. *Proceedings of 2nd NANOCON International Conference Olomouc 2010*; 72-77.
- Altshuller, G. *The Innovation Algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Worcester, Massachusetts: Technical Innovation Center, 1999.
- Lepšík, P., Petrů, M., Novák, O. Increasing of Car Seat Safety Using TRIZplus-FOS Method. In. *Proceedings of the 13th World TRIZ Future Conference 2013*, 659-666.
- Lepšík, P.; Petrů, M.; Novák, O. Reduce of Head Injuries During Whiplash Using TRIZ Methodology. In. *Modern Methods of Construction Design, Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer International Publishing, 2014, 471-476.
- Orloff, A. M. *Modern TRIZ: A Practical Course with EASyTRIZ Technology*. Springer International Publishing, 2012.
- Altshuller, G. et al. *Tools of Classical TRIZ*. Farmington Hills, MI: Ideation International Inc, 1999.
- Petrů M, Novak O, Vejrych D, Lepšik P. FEM study of the strain kinematics in the 3D nanofibrous structure prepared by the electrospinning process, *Applied Mathematics* 2013; 4(5a), 80-90.
- Petru M, Novak O, Lepšik P. Increase of the efficiency of the production lines for the spinning of inorganic nanofibers by the electrostatic field intensity optimization. *MM Science Journal* 2012; 4:382-385.
- Dekys M, Broncek J. Measuring Strain of the Lattice Towers, *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina* 2012;14(3):39-42.
- Petru M, Novak O, Herak D, Simanjuntak S. Finite Element Method Model of the Mechanical behaviour of *Jatropha Curcas* L. Seed under Compression Loading. *Biosystems Engineering* 2012; 111(4): 412-421.
- Herak, D.; Kabutey, A.; Petru, M.; Hrabe, P.; Lepšik, P.; Simanjuntak, S. (2014). Relaxation behaviour of *Jatropha curcas* L. bulk seeds under compression loading, *Biosystems Engineering*, Vol. 125, pp. 17-23. ISSN 1537-5110.
- Lepšík, P.; Petrů, M.; Novák, O.; Ševčík, L.: System Solutions for Increasing Nanofibre Production through TRIZ. In. *Journal of the European TRIZ Association INNOVATOR*. Vol. 1, Nr. 1, November 2014, pp 51-56, ISSN 1866-4180

TOROIDINIŲ KS MAGNETINIŲ LAUKŲ APIBENDRINTAS MODELIS

Rimantas Matuliauskas

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

Anotacija. Šiame straipsnyje pateikiamas toroidinės kreipiamosios sistemos (KS) apibendrintas matematinis modelis. KS magnetinio lauko (ML) pasiskirstymo funkcijos randamos pasirinkus potencialo dvigubo sluoksnio (naudojant ritelę) ir potencialo viengubo sluoksnio, įvertinus magnetolaidžio įtaką, teorijas. Pirmajame modeliavimo etape rastas ritelės generuojamo ML potencialas magnetolaidžio paviršiaus taškuose, antrajame etape, įvertinus magnetolaidžio reakciją per fiktyviųjų krūvių pasiskirstymą jo paviršiuje, suformuota dvimatė integralinė lygtis krūviams surasti. Ją transformuosime į seką vienmačių integralinių lygčių, kurios yra žymiai paprasčiau ir tiksliau išsprendžiamos. Tai atliekama apibrėžus integrandus – fiktyviuosius krūvius – Furje eilute bei fundamentalųjį Laplaso lygties sprendinį – Ležandro funkcijomis. Sumuojant abiejų sluoksnių potencialus randamas ML pasiskirstymas bet kuriame erdvės taške.

Pagrindinės sąvokos: kreipiamoji sistema, magnetinis laukas, potencialas, integralinė lygtis, fiktyvus magnetinis krūvis.

Įvadas

Darbe [1] buvo aptarti toroidinės konstrukcijos KS veikimo principai, praktinio pritaikymo sritys bei pasiūlytas tokių įrenginių matematinis modelis, kurio ypatumas – ritelių vijų visiško priglundimo prie magnetolaidžio paviršiaus reikalavimas. Tačiau praktikoje reikia, kad tokio suvaržymo neliktų. Įvairių elektronikos įrenginių generuojamiems magnetiniams laukams nustatyti yra naudojami teorinis ir empirinis metodai. Be didelio darbo imlumo bei KS konstrukcijų optimizavimo galimybių ribojimo taikant empirinį metodą reiktų akcentuoti ir padidinto tikslumo poreikį siekiant, ypač mikroschemų gamyboje, elektronikos gaminių aukščiausios kokybės. Šiuo atveju svarbu minimizuoti elektroninio pluoštelio aberacijas puslaidininkių paviršiaus taškuose, tam pasitelkiami patys moderniausi analitiniai metodai. Straipsnio tikslas – sukurti apibendrintos konstrukcijos toroidinių KS magnetinių laukų pasiskirstymo erdvėje tikslų matematinį modelį.

Teorinė dalis

Siekiant apibrėžti toroidinių KS magnetinių laukų struktūras reikėtų pasinaudoti potencialo teorija. Toroidinės KS konstrukcija susideda iš ritės ir magnetolaidžio šerdies, kurio $\mu \gg 1$, o jo potencialas – nykstantai

mažas dydis. Schemiškai tokios KS išilginis radialinis pjūvis pavaizduotas 1 pav. Dėl magnetolaidžio magnetinių savybių tiesiškumo magnetinis laukas tokios KS gali būti surandamas taikant superpozicijos principą ritės ir magnetolaidžio kuriamiems laukams. Nagrinėsime atvejį, kai ritės vijos yra bet koku atstumu nuo magnetolaidžio paviršiaus taškų (1 pav.).

Tokios konstrukcijos KS magnetinio lauko pasiskirstymui erdvėje surasti reikia keturių skaičiavimo etapų. Pirmajame yra nustatomas ritelių kuriamas potencialas; antrajame – magnetolaidžio fiktyviųjų magnetinių krūvių potencialas; trečiajame – iš integralinės lygties surandami magnetiniai krūviai; ketvirtajame – toroidinės KS magnetinio lauko pasiskirstymas erdvėje.

Pagal analogiją naudojant balno tipo riteles [2] toroidinių ritelių kuriamas magnetinio lauko potencialas erdvės taške \vec{r}_i gali būti rastas išsprendus lygtį:

$$\Phi(\vec{r}_i) = \frac{0.25}{\pi} \oint_S v(\vec{r}) \left[\vec{n}_0 * \nabla \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_i|} \right) \right] dS, \quad (1)$$

čia S – ritės paviršiaus plotas, \vec{n}_0 – normalės į šio paviršiaus taškus vienetinis ortas, $v(\vec{r})$ – magnetinio lauko šaltinio – ritelių ampervijų, $i\omega$ – dvigubo sluoksnio tankio funkcija, kuri reiškia Furje eilute;

$$v(\vec{r}) = \sum_m b_m \sin m\beta, \quad m \in 1,3,5,\dots, \quad (2)$$

$$b_m = \frac{0.25}{\pi} \int_0^{\pi/2} i\omega \sin m\beta d\beta.$$

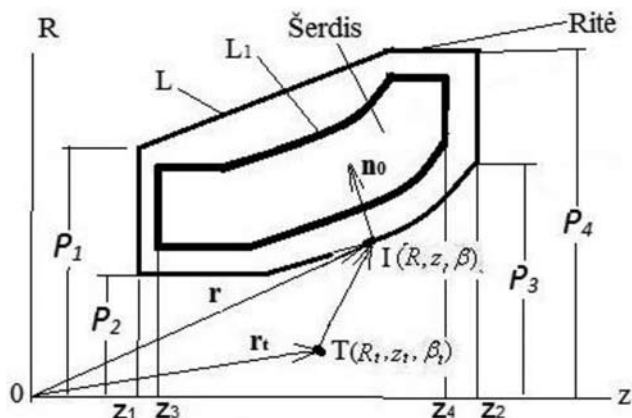
Orto \vec{n}_0 ir atvirkštinės atstumo tarp integravimo ir stebėjimo taškų funkcijos gradiento skaliarinė sandauga yra lygi [2]:

$$\vec{n}_0 * \nabla \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_i|} \right) = -ud^{-3} [p - R \cos(\beta - \beta_i)], \quad (3)$$

čia $d = [R^2 + R_i^2 + \zeta^2 - 2RR_i \cos(\beta - \beta_i)]^{0.5}$,

$$u = [1 + (R^{(1)})^2]^{-0.5}, \quad p = R - R^{(1)}\zeta, \quad \zeta = z - z_i.$$

Ritės $z = z_1, z = z_2$ paviršiaus segmentuose $\vec{n}_0 = \pm \vec{k}$,



1 pav. Toroidinės KS išilginis pjūvis

o šių segmentų taškuose skaliarinė sandauga (3) yra

$$\vec{n}_0 * \nabla \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_i|} \right) = \pm \zeta d^{-3}, \quad (4)$$

o – atvirkštinės trečiojo laipsnio atstumo tarp integravimo ir stebėjimo taškų funkcija, remiantis gautąją d^{-1} reikšme [1], yra lygi:

$$d^{-3} = [R^2 + R_t^2 + \zeta^2 - 2RR_t \cos(\beta - \beta_t)]^{-1.5} = (2RR_t)^{-1.5} (\xi - \cos \nu)^{-1.5}, \quad (5)$$

$$\xi = 1 + \frac{\left\{ (R - R_t)^2 + \zeta^2 \right\}}{(2RR_t)}, \quad \nu = \beta - \beta_t. \quad (6)$$

KS ričių potencialas, kai jos konstrukcija yra apibrėžta lygybėmis (1), gali būti apskaičiuotas bet kuriam erdvės taške pasitelkus dvimatį integralą (1). Tačiau gerokai racionalesnis būdas, ypač turint galvoje magnetolaidžio reakcijos į išorinį magnetinį lauką sudarimą, transformuoti integralą (1) į vienmačių integralų seką pasinaudojant lygybėmis [3]:

$$(\xi - \cos \nu)^{-\mu-0.5} e^{i\mu\pi} \sqrt{0.5\pi} \Gamma(\mu + 0.5) (\xi^2 - 1)^{0.5\mu} = \Theta_{0.5}^{\mu}(\xi) + 2 \sum_n \Theta_{\chi}^{\mu}(\xi) \cos(n\nu), \quad (7)$$

$$\Theta_{\chi}^{\mu}(\xi) = e^{i\mu\pi} 2^{-\chi-1} \sqrt{\pi} \frac{\Gamma(\chi + \mu + 1)}{\Gamma(\mu + 1.5)}$$

$$\xi^{-\chi-\mu-1} (\xi^2 - 1)^{0.5\mu} \times F(0.5\chi + 0.5\mu + 0.5, 0.5\chi + 0.5\mu + 1; \chi + 1.5; \xi^{-2}), \quad (8)$$

čia Θ_{χ}^{μ} – antrosios rūšies Ležandro funkcija, F – hipergeometrinė funkcija, išreikšta per gama Γ funkcijas [4], $\chi = n - 0.5$, n – natūrinis skaičius.

Ritelių (1), į kurias įrašius (7) ir (8) išraiškas ir pasinaudojus trupmeninių Γ funkcijų savybėmis [3], potencialo raiška:

$$\Phi_i(\vec{r}_i) = \frac{R_t^{-1.5}}{4\pi^2} \iint_{S_i} \nu \frac{p - R_t \cos \nu}{\sqrt{R(\xi^2 - 1)}} \left[\Theta_{0.5}^1(\xi) + 2 \sum_n \Theta_{\chi}^1(\xi) \cos(n\nu) \right] d\beta dz, \quad (9)$$

$$\Phi_g(\vec{r}_i) = \frac{R_t^{-1.5}}{4\pi^2} \iint_{S_g} \nu \frac{\zeta}{\sqrt{R(\xi^2 - 1)}} \left[\Theta_{0.5}^1(\xi) + 2 \sum_n \Theta_{\chi}^1(\xi) \cos(n\nu) \right] d\beta dR, \quad (10)$$

čia indeksais i ir g pažymėtos ritelių išilginių vijų ($z_1 < z < z_2$) ir galinių vijų ($z = z_1$, $z = z_2$) ploto segmentai bei jų kuriami potencialai.

Įrašius į gautąsias (9) ir (10) lygtis ritelių dvigubo sluoksnio tankio funkciją (2) ir jas pagal β suintegruvus gaunama:

$$\Phi(r_i) = \sum_m \varphi_m \sin m\beta_i, \quad (11)$$

$$\varphi_m = \frac{0.5}{\sqrt{2R_t}} \left\{ \oint_{z_i} \frac{b_m}{\sqrt{R}} \left[(\mathcal{G}_{m-0.5}^1 + \mathcal{G}_{m+0.5}^1) 0.5 - \frac{p}{R_t} \mathcal{G}_{m-0.5}^1 \right] dz + \frac{z - z_t}{R_t} \oint_{\rho_g} \frac{b_m}{\sqrt{R}} \mathcal{G}_{m-0.5}^1 d\rho \right\}, \quad (12)$$

čia φ_m – ritelių kuriamo potencialo pasirinktame taške harmonikos amplitudė; indeksais i ir g pažymėtos ritelių išilginių vijų ($z_1 < z < z_2$) ir galinių vijų ($z = z_1$, $z = z_2$) kontūrinės linijos segmentai,

$$\mathcal{G}_{m-0.5}^{\mu} = 2^{-\mu} \xi^{-(\mu+0.5)} \sum_n \frac{1 * 3 * 5 * \dots * (2(2n + m + \mu) - 1)}{n! (n + m)! (4\xi^2)^{2n+m}}, \quad (13)$$

Įvertinus Γ ir F funkcijų trupmeninių argumentų savybes [3, 4], ji perteikta (8) išraiška.

Antrajame skaičiavimo etape nustatomas magnetolaidžio fiktyvių magnetinių krūvių potencialas [2]:

$$\Psi(r_i) = \sum_m \psi_m \sin m\beta_i, \quad (14)$$

$$\psi_m = \frac{0.5}{\sqrt{2R_t}} \oint_{L_1} \frac{\sigma_m}{\sqrt{R}} \mathcal{G}_{m-0.5}^0 dl, \quad (15)$$

čia $\mathcal{G}_{m-0.5}^0 = \mathcal{G}_{m-0.5}^{\mu} \Big|_{\mu=0}$.

Trečiajame skaičiavimo etape, sulyginus (12) ir (15) išraiškas, magnetolaidžio paviršiaus taškų aibėje formuojamos vienmatės integralinės lygtys

$$\varphi_m = \frac{0.5}{\sqrt{2R_t}} \oint_{L_1} \frac{\sigma_m}{\sqrt{R}} \mathcal{G}_{m-0.5}^0 dl, \quad (16)$$

kurias išsprendus apibrėžiamos fiktyvių magnetinių krūvių harmonikos σ_m . Visos toroidinės KS magnetinio lauko potencialas bet kuriame erdvės taške surandamas sumuojant (11) ir (14) potencialus.

Ketvirtajame skaičiavimo etape surandamas magnetinio lauko stipris erdvės taške \vec{r}_i :

$$\vec{H} = -grad[\Phi(\vec{r}_i) + \Psi(\vec{r}_i)] = \vec{H}^{rit} + \vec{H}^{mag}. \quad (17)$$

Fiktyvių magnetinių krūvių kuriamo magnetinio lauko stiprio komponentės yra [1]:

$$H_{\beta}^{mag} = -(2R_t)^{-1.5} \sum_m \left[\oint_{L_1} \frac{\sigma_m}{\sqrt{R}} (\mathcal{G}_{m-1.5}^1 - \mathcal{G}_{m+0.5}^1) dl \right] \cos(m\beta_i), \quad (18)$$

$$H_R^{mag} = -(2R_t)^{-1.5} \sum_m \left[\oint_{L_1} \frac{\sigma_m}{\sqrt{R}} \left(\Theta_{m-1.5}^1 - \frac{2R_t}{R} \Theta_{m-0.5}^1 + \Theta_{m+0.5}^1 \right) dl \right] \sin(m\beta_i), \quad (19)$$

$$H_z^{mag} = -\frac{1}{R_t \sqrt{2R_t}} \sum_m \left[\oint_{L_t} \frac{\sigma_m}{\sqrt{R}} \Theta_{m-0.5}^{(1)} dl \right] \sin(m\beta_t). \quad (20)$$

Surasim ritelių kuriamo magnetinio lauko stiprio komponentes. Jų pirminė raiška :

$$\begin{aligned} H_\beta^{rit} &= -\frac{\partial \Phi(\vec{r}_i)}{R_t \partial \beta_t} = \\ &= -\frac{0.25}{\pi R_t} \oint_S v(\vec{r}) \frac{\partial}{\partial \beta_t} \left\{ \left[\vec{n}_0 * \nabla \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_i|} \right) \right] \right\} dS, \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} H_R^{rit} &= -\frac{\partial \Phi(\vec{r}_i)}{\partial R_t} = \\ &= -\frac{0.25}{\pi} \oint_S v(\vec{r}) \frac{\partial}{\partial R_t} \left\{ \left[\vec{n}_0 * \nabla \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_i|} \right) \right] \right\} dS, \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} H_z^{rit} &= -\frac{\partial \Phi(\vec{r}_i)}{\partial z_t} = \\ &= -\frac{0.25}{\pi} \oint_S v(\vec{r}) \frac{\partial}{\partial z_t} \left\{ \left[\vec{n}_0 * \nabla \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_i|} \right) \right] \right\} dS. \end{aligned} \quad (23)$$

Išdiferenciuojus šių komponentių pointegrines funkcijas gaunama :

$$\begin{aligned} H_\beta^{rit} &= -\frac{0.25}{\pi R_t} \oint_S v(\vec{r}) \left[3d^{-5} R R_t (p - R_t \cos \nu) \sin \nu - \right. \\ &\left. - R_t d^{-3} \sin \nu \right] dS, \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} H_R^{rit} &= -\frac{1}{4\pi} \oint_S v(\vec{r}) \left[3d^{-5} (p - R_t \cos \nu) (R_t - \right. \\ &\left. - R \cos \nu) + d^{-3} \cos \nu \right] dS, \end{aligned} \quad (25)$$

$$H_z^{rit} = \frac{1}{4\pi} \oint_S v(\vec{r}) \left[3d^{-5} \zeta (p - R_t \cos \nu) + R^{(1)} d^{-3} \right] dS. \quad (26)$$

Į šias (24)÷(26) išraiškas įrašius ritelių dvigubo sluoksnio tankio funkciją (2), o atvirkštinius 3 ir 5 laipsnių tarp integruojamojo ir stebėjimo taškų atstumus aproksimavus Ležandro polinomais, jas suintegruojus pagal kintamąjį β , gaunama:

$$\begin{aligned} H_\beta^{rit} &= 0.5(2R_t)^{-1.5} \sum_m \left\{ \oint_L \frac{b_m}{R^{1.5}} \left[g(\mathcal{G}_{m-1.5}^2 - \mathcal{G}_{m+0.5}^2) - \right. \right. \\ &\left. \left. 0.5(\mathcal{G}_{m-2.5}^2 - \mathcal{G}_{m+1.5}^2) - \mathcal{G}_{m-1.5}^1 + \mathcal{G}_{m+0.5}^1 \right] dl \right\} \cos(m\beta_t), \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} H_R^{rit} &= 0.5(2R_t)^{-1.5} \sum_m \left\{ \oint_L \frac{b_m}{R^{1.5}} \left[(Rg + R_t)(\mathcal{G}_{m-1.5}^2 + \mathcal{G}_{m+0.5}^2) - \right. \right. \\ &\left. \left. - \frac{R}{2} \left[\mathcal{G}_{m-2.5}^2 + \frac{2}{R} (2p + R\mathcal{G}_{m-0.5}^2) + \mathcal{G}_{m+1.5}^2 \right] - \right. \right. \\ &\left. \left. - R(\mathcal{G}_{m-1.5}^1 + \mathcal{G}_{m+0.5}^1) \right] dl \right\} \sin(m\beta_t), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_R^{rit} &= 0.5(2R_t)^{-1.5} \sum_m \left\{ \oint_L \frac{b_m}{R^{1.5}} \left[(Rg + R_t) \right. \right. \\ &\left. \left. (\mathcal{G}_{m-1.5}^2 + \mathcal{G}_{m+0.5}^2) - \frac{R}{2} \left[\mathcal{G}_{m-2.5}^2 + \frac{2}{R} (2p + R\mathcal{G}_{m-0.5}^2) + \mathcal{G}_{m+1.5}^2 \right] - \right. \right. \\ &\left. \left. - R(\mathcal{G}_{m-1.5}^1 + \mathcal{G}_{m+0.5}^1) \right] dl \right\} \sin(m\beta_t), \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} H_z^{rit} &= 0.5(2R_t)^{-1.5} \sum_m \left\{ \oint_L \frac{b_m}{R^{1.5}} \left[\zeta \left(2g \mathcal{G}_{m-0.5}^2 - \mathcal{G}_{m+0.5}^2 - \right. \right. \right. \\ &\left. \left. - \mathcal{G}_{m-0.5}^2 \right) + 2RR^{(1)} \mathcal{G}_{m-0.5}^1 \right] dl \right\} \sin(m\beta_t), \end{aligned} \quad (29)$$

čia $g = p / R_t$; $dl \rightarrow dz$ kai integravimo ribos yra $z_1 > z > z_2$ (ritelių išilginių vijų segmentai) ir $dl \rightarrow dR$, kai $z = z_1$, $z = z_2$ (ritelių galinių vijų segmentai).

Dekarto koordinačių sistemoje magnetinio lauko stiprio komponentės erdvės taške \vec{r}_i yra:

$$\begin{cases} H_x = -(H_\beta^{mag} + H_\beta^{rit}) \sin \beta_t + (H_R^{mag} + H_R^{rit}) \cos \beta_t, \\ H_y = (H_\beta^{mag} + H_\beta^{rit}) \cos \beta_t + (H_R^{mag} + H_R^{rit}) \sin \beta_t, \\ H_z = H_z^{mag} + H_z^{rit}. \end{cases} \quad (30)$$

Taigi nustatėme analitinę ryšį tarp KS konstrukciją apibrėžiančių parametrų ir magnetinio lauko pasiskirstymo erdvėje. Tai palengvina elektroninių optinių charakteristikų preciziniuose elektronikos įrenginiuose optimizavimą.

Išvados

1. Nustatytas analitinis ryšys tarp toroidinio tipo apibendrintos kreipiamosios sistemos konstrukcijos parametrų ir jos generuojamo magnetinio lauko charakteristikų.
2. Dvimatės integralinės lygties, apibrėžiančios fiktyvių magnetinių krūvių pasiskirstymą magnetolaidžio paviršiuje, transformavimas į vienmatis padidina kreipiamosios sistemos magnetinio lauko skaičiavimo tikslumą.
3. Siekiant magnetinio lauko tikslumo ir didinant harmonikų skaičių nebūtina perskaičiuoti jau surastų lauko harmonikų charakteristikų.

Literatūra

1. Matuliaskas, R. Toroidinių KS magnetinių laukų modeliavimas. In Technologijos ir menas, 2012, Nr. 3, p. 44–46.
2. Matuliaskas, R. Determination Functions of Magnetic Fields Saddle-type DY. In Elektronika ir elektrotechnika, 2008, Nr. 5, p. 37–40.
3. Бейтмен, Г.; Эрдеи, А. Высшие трансцендентные функции. Москва: Наука, 1973.
4. Справочник по специальным функциям. Москва: Наука, 1979.

GENERAL MODEL OF MAGNETIC FIELDS OF TOROIDAL – TYPE DY

Rimantas Matuliauskas

Vilnius College of Technology and Design

Abstract. In this paper is investigated magnetic field (MF) of toroidal – type deflection yokes (DY), which coils are in some distance from magnetic core. Distribution of MF are found during the four stages. On the first stage deflection coils are changed as double layer magnetic dipoles, which density determined by coils ampere-wires distribution. Then according to the potential theory are finding magnetic potential on the surface of the magnetic core. On the second stage modeling magnetic potential from unknown fictitious charges density of the magnetic core. On the third stage are finding these fictitious charges. In the case when magnetic

core is assumed infinite permeability, charge density can be finding from integral Fredholm equation of the first kind. This equation is two dimensions, so it can be converted to series simple integral equations. For this purpose one part of integrand – fictitious charges – are determined with Furje series, other part – fundamental solution of Laplace equation – are determined with Legendre series. On the last stage strength of MF are founded on the specific form, which is suitable to calculate deflection of pencil charge rays.

Such method when MF structure is determined having used series have much advantages. One of them is possibility to control precision of MF distribution. In practice that mean it is calculating some numbers harmonics of MF distribution and in case to raise the precision MF it is adding new harmonics without any recalculating having found.

Keywords: deflection yoke, magnetic field, potential, integral equation, fictitious magnetic charge.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF IMPROVED AUTOMATED, MOBILE CONSTRUCTION PROJECTS MONITORING SYSTEM (MEVMS) BASED ON EARNED VALUE MANAGEMENT AS AN ELEMENT OF BIM IN THE EXECUTION STAGE

Andrzej Foremny, Paweł Kluczek

Warsaw University of Technology, Al. Armii Ludowej 16, Warsaw 00-637, Poland,
a.foremny@il.pw.edu.pl, p.kluczek@il.pw.edu.pl

Abstract. Polish construction market received huge amount of European Union funds during years 2007-2013 and will receive even more during new budget perspective 2014-2020. Case studies of the most important and valuable Polish construction projects especially in the Design and Build formula (e.g. highways, Warsaw Metro) [6] show that it is very difficult to finish projects on time and within planned cost. New high-efficiency mobile tools for cost and schedule monitoring are needed in order to increase profitability of construction projects [9,10,11]. As a response to this requirements the Mobile Earned Value Monitoring System (MEVMS) was developed and implemented in one of the office construction projects in Poland. New tool is an element of BIM [7] and uses mobile computing technologies. Project manager can use mobile devices (smartphones, tablets etc.) to enter cost, schedule and progress data to the EVM monitoring system. The core of the system receives input data and calculates EVM progress indicators e.g. Budget Cost of Work Performed (Earned Value), Actual Cost of Work Performed, Cost Performance Index, Schedule Performance Index, Estimated Cost at Completion and Estimated Time at Completion. Different users have authenticated access to the MEVMS system and can observe project performance reports “online” using mobile devices. The summary of the paper presents effects of the system upgrade (automatic delay/cost overrun reports), implementation, other application possibilities (e.i. keeping record for claim management) and further possibilities of system upgrading (Augmented Reality).

Keywords: Building Information Modeling (BIM), claims, Earned Value Management (EVM), mobile computing, project monitoring.

Introduction

The dynamic development of the construction industry in the beginning of the twenty-first century, manifesting construction of higher, bigger and more complicated structures in connection with the necessity to minimize cost, time and fulfill the conditions of sustainability require the use of new, more efficient tools in construction project management. A high level of complexity of the project, wide scope of works, high level of specialization, frequent and significant changes in the design documentation and technology make it very difficult to efficiently manage construction projects without modern tools for the design, execution and information exchange. Building Information Modeling seems to be a response to the needs of present and future construction projects. Case studies of the largest construction projects carried out in Poland in recent years show that often construction costs and realization time are exceeded. This research aim was redesign and implementation of efficient monitoring system of the construction works progress and cost in the execution phase of construction projects. In this paper the Mobile Earned Value Monitoring System (MEVMS) of construction works was introduced which can be an element of Building Information Modeling. Case study with the system implementation was conducted on the office construction site in Poland.

1. Earned Value Management description

The aim of Earned Value Management is the effective monitoring of the project performance and pro-

gress with regard to time, cost and scope [13,14]. This method is a tool that analyses the project performance factors and forecast project future performance. This method can also be applied to the already finished project in order to show analytical and graphical characteristics of its time and cost performance.

Essential features of EVM are listed below:

- PV (Planned Value) – planned cost according to the financial schedule;
- EV (Earned Value) – project progress measured as a planned cost of work performed until the date of inspection;
- AC (Actual Cost) – real, actual cost of work performed;
- BAC (Budget At Completion) – total planned cost of the project.

PV, AC, and EV are function of time and can be presented in the form of figures on a graph. PV figure is created in the planning phase of the project, while the AC and EV figures are determined on the basis of data collected during the monitoring of the project. [15]

Data from graph figures AC, PV and EV is the basis for the calculation of further indicators. They can be divided into two groups: indicators that are used to monitor project actual progress and indicators that are used to forecast further costs and progress basing on results already achieved.

1.1. EVM monitoring indicators:

Cost Variance

$$CV = EV - AC \quad (1)$$

Schedule Variance

$$SV = EV - PV \quad (2)$$

Cost Variance by percentage

$$CV\% = 100 \cdot \frac{EV - AC}{EV} \quad (3)$$

Schedule Variance by percentage

$$SV\% = 100 \cdot \frac{EV - PV}{PV} \quad (4)$$

Cost Performance Index

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (5)$$

Schedule Performance Index

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (6)$$

1.2. EVM forecast indicators:

Estimated Cost at Completion

There are optimistic and pessimistic indicators, which depending on the assumed relationship between planned and actual costs have different forms.

If the project cost is lower than planned ($CPI > 1$):

$$EAC_{OPT} = \frac{BAC}{CPI} \quad (7)$$

$$EAC_{PES} = AC + BAC - EV \quad (8)$$

If the project cost is higher than planned ($CPI < 1$):

$$EAC_{PES} = \frac{BAC}{CPI} \quad (9)$$

$$EAC_{OPT} = AC + BAC - EV \quad (10)$$

Estimated Time at Completion

$$ETTC = ATE + \frac{OD - (ATE \cdot SPI)}{SPI} \quad (11)$$

where:

ATE – time from the beginning of the project until date of inspection

OD – project planned time of realization

2. Mobile EVM monitoring system description

According to the actual Code of Construction Law in Poland there are 4 participants of construction process: Client, Client's Inspector, Design Team and Site Supervisor. For the Client it is very important to receive accurate and reliable information concerning work schedule and cost as quickly as possible. From the Contractor point of view it is not so important and so-

metimes even undesirable when these information are unfavorable. In conclusion the mobile EVM monitoring system was designed that could be used by Client's Inspector to increase quality and speed of monitoring schedule and cost on a construction site.

Mobile EVM monitoring system framework is presented on figure 1. All the system modules can be divided to 3 key groups:

- system input (green color) – data collection, initial analysis and transfer to the system core;
- system core (red color) – a platform receiving and processing data from the system input;
- system output (yellow color) – data transfer to the Client.

The participants of this structure are: Client, General Contractor (including subcontractors), Design Team and Client's Inspector. Client commissions execution of works that are conducted by General Contractor and the Design Team. In order to supervise the works in terms of schedule, cost and quality Client employs Inspector. EVM mobile monitoring system can be a valuable tool for Client's Inspector.

First part of the system implementation is developing the system core – a platform where the data can be stored, processed and accessed remotely (using mobile cloud computing). The decision should be made which parts of the construction process will be monitored by the system. Design documentation including time schedules, cost plans and drawings should be carefully analyzed and entered to the calculation sheets of the core. It is more convenient to perform this stage with the use of desktop computers or notebooks rather than small mobile devices. Complete system core should have all planned data entered – Budget Cost of Work Scheduled for the whole time of realization. Also cells, formulas and charts of EVM factors for future data entry should be prepared at this stage.

When the construction starts system input is used for real-time data collection from a construction site. Each time the inspection is made Budget Cost of Work Performed data should be entered with the use of mobile devices (smartphones, tablets, notebooks etc.). Mobile devices must have access to the system core via internet. Data entry can be done daily, weekly or monthly depending on the type and scope of monitored works. Data concerning Actual Cost of Work Performed can be put rather after billing period is finished – then regular and additional cost can be assigned to particular works. System core should have built-in error detection that signals obvious data errors for example entering finish time earlier than start time. The system core engine automatically processes data that is entered during inspection. As an effect EVM indicators are calculated and EVM graphs are created in the system core.

System output allows Client to have a real-time access to the mobile EVM monitoring system. Access to the cloud platform with system core is granted through

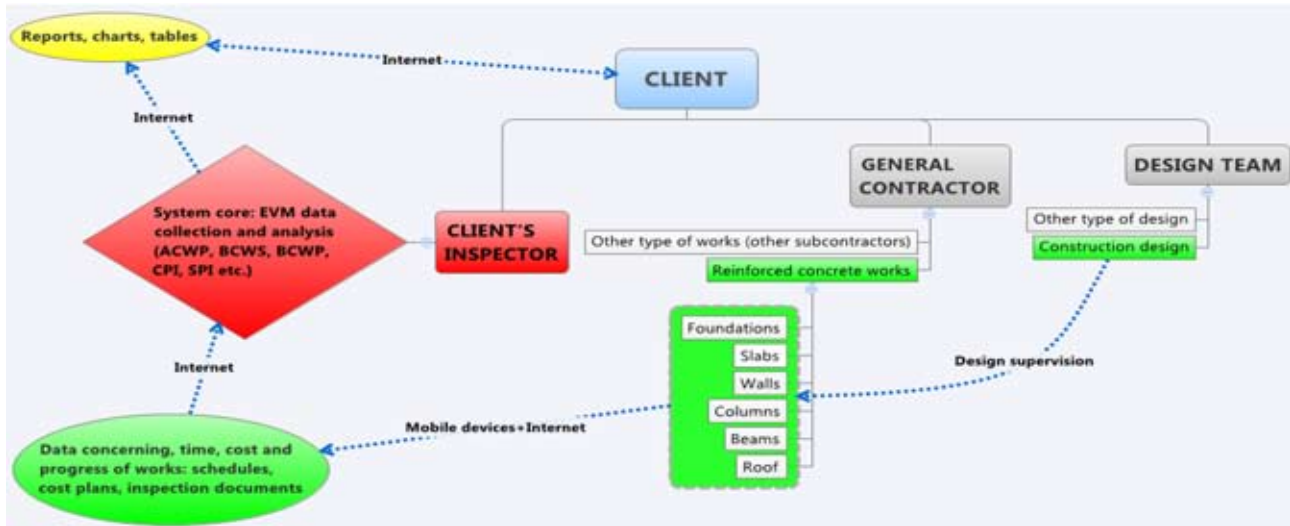


Figure 1. EVM mobile monitoring system framework.

personal login and password. With the use of mobile devices with internet connection Client can see an up-to-date schedule and cost monitoring of the ongoing project. Client could also receive electronic reports of monitoring and alerts when EVM indicators have critical values or significant changes.

The initial version of the mobile EVM system did not have the possibility of automatic reporting of cost/time overrun. New research was conducted and mobile EVM system was upgraded. The innovative solution

also uses the method of earned value. Improving the mobile EVM system included the programming of several macros written in Visual Basic. As a result, during the mobile data entry of the progress of works, user can click a button, resulting in an automatic checking of the sheet in terms of delays/cost overrun. Cells representing works in which the work delays are greater than 20% of baseplan are automatically highlighted in red. At the end of data input at the sheet user is prompted to a button that activates automatic e-mail report

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ELEMENT	TOTAL	15-Jan-14	31-Jan-14	15-Feb-14	28-Feb-14	15-Mar-14	31-Mar-14	15-Apr-14	30-Apr-14
2	Foundations	727 919 zł	727 919 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
3		59%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4	Level -2	116 091 zł	87 068 zł	17 414 zł	11 609 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
5		0%	75%	90%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
6	Slab -1 suppl.	147 509 zł	36 877 zł	36 877 zł	66 379 zł	7 375 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
7		0%	25%	50%	95%	100%	0%	0%	0%	0%
8	Level -1	127 700 zł	0 zł	0 zł	63 850 zł	51 080 zł	12 770 zł	0 zł	0 zł	0 zł
9		0%	0%	0%	50%	90%	100%	0%	0%	0%
10	Slab level 0	698 584 zł	0 zł	0 zł	139 717 zł	384 221 zł	139 717 zł	34 929 zł	0 zł	0 zł
11		0%	0%	0%	20%	75%	95%	100%	0%	0%
12	Level 0	160 592 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	96 355 zł	64 237 zł	0 zł	0 zł
13		0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	0%	0%
14	Slab level +1	560 265 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	112 053 zł	308 146 zł	140 066 zł	0 zł
15		0%	0%	0%	0%	0%	20%	75%	100%	0%
16	Level +1	136 600 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	95 620 zł	40 980 zł	0 zł
17		0%	0%	0%	0%	0%	0%	70%	100%	0%
18	Slab level +2	560 265 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	560 265 zł	0 zł
19		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%
20	Level +2	136 600 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	109 280 zł	27 320 zł
21		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	80%	100%
22	Slab level +3	560 265 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	140 066 zł	336 159 zł
23		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	85%
24	Level +3	136 600 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	68 300 zł
25		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
26	Slab level +4	560 265 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
27		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
28	Level +4	135 826 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
29		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30	Slab level +5	560 265 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
31		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
32	PERIOD SUM		851 864 zł	54 291 zł	281 555 zł	442 677 zł	360 895 zł	502 932 zł	990 657 zł	431 779 zł
33	EV		851 864 zł	906 155 zł	1 187 709 zł	1 630 386 zł	1 991 281 zł	2 494 212 zł	3 484 870 zł	3 916 648 zł

Figure 2. Mobile EVM monitoring system core table showing Earned Value (EV).

delivery to the investor or any other participant in the construction process. Email contains a short message about delays and attachment sheet, which shows which works are delayed. The system works on desktop computers and mobile devices with Windows. The innovative solution has been implemented and tested in the company and can be offered as a product.

3. Case study

Mobile EVM monitoring system was implemented on a construction of an office building in Warsaw. The building will have 2 underground and 5 overground levels, dimensions in plan 73x33m and the height 20m. Main construction elements will be reinforced concrete

and the foundation on diaphragm walls with foundation slab. The monitoring included structural elements (slabs, walls, columns, beams) and has been started on 1st January 2014. The system core was placed on 2 different cloud platforms – Google Drive for smartphone Samsung S3 Mini and Microsoft OneDrive for Nokia Lumia 625. The results of the first 4 months were presented in this paper. One of the system core tables is presented in figure 2 as an example. MEVMS mobile data entry was presented on Figure 4.

MEVMS analysis showed that EV was higher than PV during almost whole time of the monitoring only without the period from 16th March to 3rd April 2014 (Figure 3). It showed that during most time the project was ahead of schedule (max. SPI=1,33). AC was equal to EV because there were no cost overruns (CV=0;

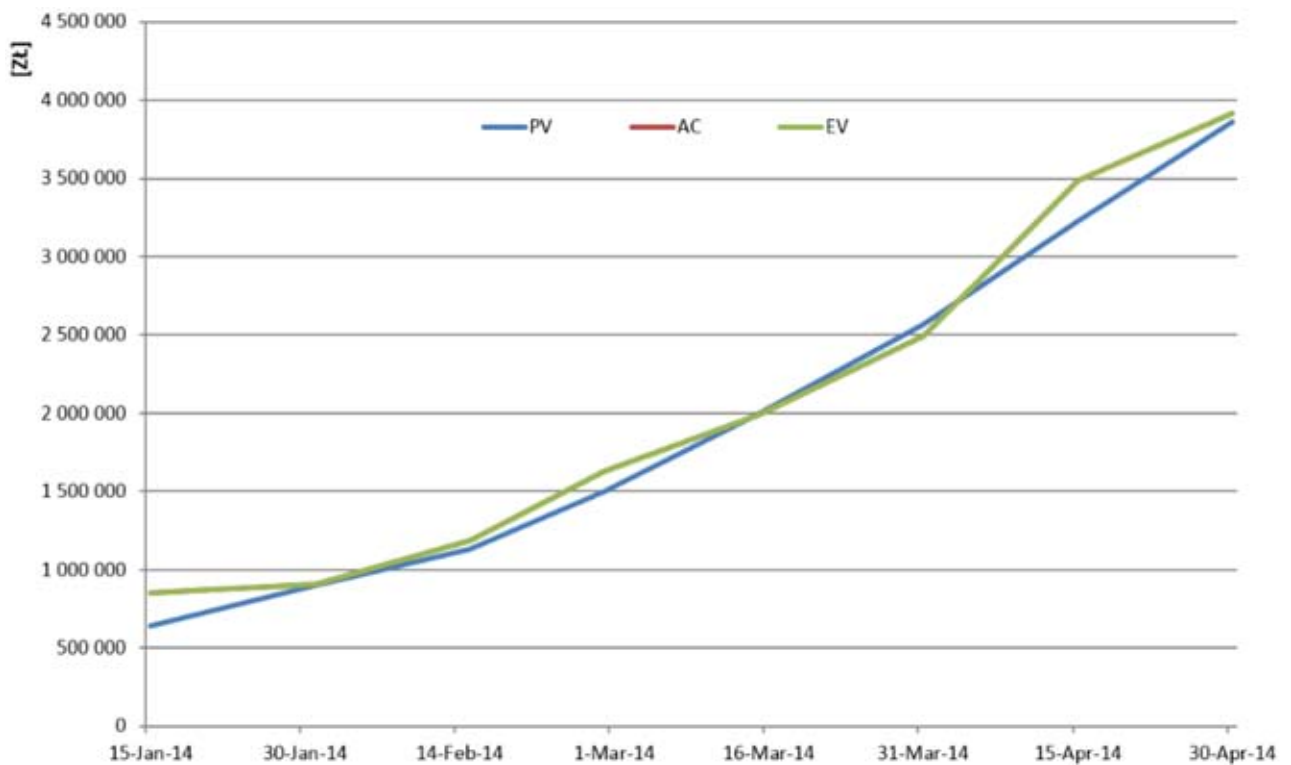


Figure 3. Mobile Earned Value Monitoring System (MEVMS) core. PV, AC and EV indicators change in time.



Figure 4. Smartphone application of Mobile Earned Value Monitoring System (MEVMS) on a construction site. Nokia Lumia 625 (left), Samsung S3 Mini (right).



Figure 5. Bad quality of reinforced concrete elements.

 Figure 6 is a screenshot of a Microsoft Visual Basic for Applications (VBA) macro editor window. The window title is "Microsoft Visual Basic for Applications - EMatex - Microsoft Excel". The menu bar includes File, Edit, View, Insert, Format, Debug, Run, Tools, Add-Ins, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and editing. The left sidebar shows a project tree for "Project - VBAProject" with a folder "VBAPProject (EMatex)" containing several modules (Modul1 through Modul4) and a "Templatoryst" folder. The main editor area shows the code for a subprocedure named "validateEV()". The code is written in VBA and includes comments in Polish. It defines ranges for columns and rows, loops through them, and checks for specific conditions, such as whether a cell is empty or contains a value less than 0. If a condition is met, it sets the cell's interior color to RGB(255, 0, 0) (red) and sends an email notification. The code ends with "End Sub".


```

Sub validateEV()
    'mienna ustalajaca czy wyslal email z potwierdzeniem
    Dim RangeOf As Integer
    'mienna do przejścia po kolumnach
    Dim kolumna As Integer
    'mienna do przejścia po wierszach
    Dim wiersz As Integer
    'definiujemy zakres sprawdzanych wierszy
    For wiersz = 3 To 31
        'definiujemy zakres sprawdzanych kolumn
        For kolumna = 2 To 12
            'warunek sprawdzający czy aktualny rekord nie jest pusty
            If Cells(wiersz, kolumna) <> "" Then
                'algorytm wyliczenia błędów
                '1. warunek podstawowy arkusze muszą mieć identyczną strukturę
                '2. jeżeli suma promiennych rekordów jest mniejsza niż 0 zakomunikuj wystąpienie odchylenia od założen
                'deklaracja warunku
                If (Cells(wiersz, kolumna).Value - Worksheets("FV").Cells(wiersz, kolumna).Value) < 0 Then
                    'zmień kolor kolumny której wartość nie mieści się w zakresie odchylenia
                    Cells(wiersz, kolumna).Interior.Color = RGB(255, 0, 0)
                    'ustaw mienna definiująca czy wysłać email
                    RangeOf = 1
                Else
                    'zmieniamy kolor rekordu na domyślny
                    Cells(wiersz, kolumna).Interior.Color = RGB(242, 242, 242)
                End If
            End If
            'zwiększenie indeksu do przeszukiwania kolumn
            Next kolumna
            'zwiększenie indeksu o 1 aby przeszukiwać wartości do weryfikacji
            wiersz = wiersz + 1
        'zwiększenie indeksu do przeszukiwania wierszy
        Next wiersz
        'warunek sprawdzający czy wysłać email
        If RangeOf = 1 Then
            'wywołanie funkcji wysyłającej wiadomość email
            Call Makrol
        End If
    End Sub
  
```

Figure 6. Macro Validate EV

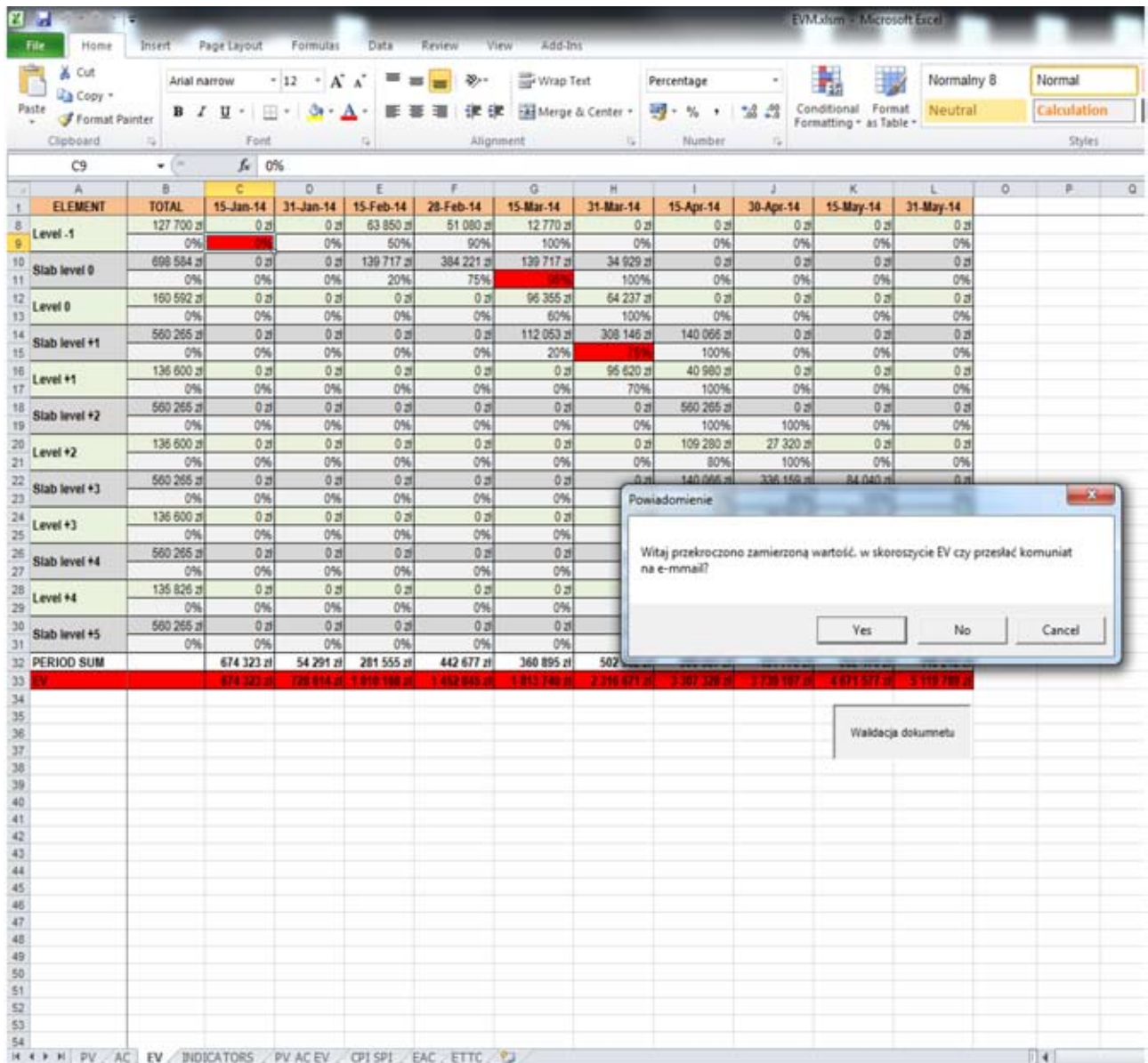


Figure 7. Testing of automatic delay reports (MEVMS upgrade)

CPI=1,00; EAC=const.). Unfortunately there were signs of rush observed during inspections and their negative influence to the quality of the elements (Figure 5): concrete cracks, not proper concrete cover and reinforcement arrangement.

Summary

The paper presents innovative way of Earned Value Management application to the construction project. Upgraded Mobile Earned Value Monitoring System seems to be a valuable tool for Clients to execute real-time control of time and cost performance. However in the next step the system should be upgraded. Data entry using standard smartphone spreadsheets can be sometimes inconvenient on a construction site. In conclusion the professional mobile application with voice commands should be developed that imports time and cost data from BIM model. Also photos and

voice commands from the inspections could be added and Augmented Reality application could be considered. Further works on upgrading Mobile Earned Value Monitoring System will be performed on Civil Engineering Faculty at Warsaw University of Technology.

References

1. Aziz Z., Anumba C.J., Ruikar D., Carrillo P., Bouchlaghem D., (2006). Intelligent wireless web-services for construction — a review of the enabling technologies, *Automation in Construction* 15 (2006) 113–123;
2. Abduh M., Skibniewski M.J. (2000). Web-based project management for construction: search for utility assessment tools, Invited Keynote Paper, Proceedings of INCITE 2000, Hong Kong Polytechnic University, 17–19 January;
3. Abduh M., Skibniewski M.J., (2002). Utility assessment of Electronic Networking Technologies for Design-Build projects. *Automation in Construction* 12 (2002) 167–183;

4. Benjaoran V. (2009). A cost control system development: a collaborative approach for small and medium-sized contractors, *International Journal of Project Management* 27 (3) (2009) 270–277;
5. Changyoon K., Taeil P., Hyunsu L., Hyoungkwan K. (2013). On-site construction management using mobile computing technology. *Automation in Construction* 35 (2013) 415–423;
6. Foremny A. (2013). Zastosowanie Metody Wartości Wypracowanej (EVM) do analizy finansowo-czasowej przedsięwzięcia inwestycyjnego o charakterze budowlanym, *Materiały Budowlane*, 12/2013, s. 56-59;
7. Foremny A. (2013). Wykorzystanie BIM w fazie wykonawczej przedsięwzięć budowlanych, *Materiały Budowlane*, 12/2013, s. 82-85;
8. Jui-Sheng Chou, Hung-Ming Chen, Chuan-Chien Hou, Chun-Wei Lin. (2010). Visualized EVM system for assessing project performance. *Automation in Construction* 19 (2010) 596–607;
9. Kim C., Park T., Lim H., Kim H. (2013). On-site construction management using mobile computing technology. *Automation in Construction* 35 (2013) 415–423;
10. Kim E., Wells Jr. W.G., Duffey M.R., (2003). A model for effective implementation of earned value management methodology, *International Journal of Project Management* 21 (2003) 375–382.
11. Lee N., Rojas E.M. (2014). Activity Gazer: A multi-dimensional visual representation of project performance. *Automation in Construction* 44 (2014) 25–32;
12. McConnell D., (1985). Earned value technique for performance measurement, *ASCE J. Manag. Eng.* 1 (2) (1985) 79–94;
13. PMI (2012). A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Fifth Edition, USA, 2012;
14. Połoński M. Materiały pomocnicze z metody Earned Value Management (EVM);
15. Webb A. (2008). Wartość wypracowana w praktyce. Proed, 2008;

MECHANICAL-STABILIZED EARTH AND GABION WALLS AS A PART OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE (EXPERIENCE OF THE PROJECTION AND CONSTRUCTION)

A. A. Zaytsev

*Moscow State University of Railway Engineering, Moscow,
Obraztsov str.9, stroenie 9, zempol@rambler.ru*

Annotation. The development stages of the subgrade reinforcing technology with using of the mechanical-stabilized earth and gabion walls are presented. At this row is the construction site, Yugo-Zapadnaya Railway, Ukraine, Khmelnytsky area; earth walls on Gorkovskaya Railway; mechanical-stabilized embankment to Andreyevsky Bridge in Moscow; mechanical-stabilized embankment at the line Moscow – Sheremet'evo Airport. During this construction sites the principles of the projection modeling and monitoring where improved. Thus it was defined that the creation of the required consolidation of the backfill in the reinforced ground structure allows improving the interaction terms between the reinforcement material and the backfill soil. Reinforcement increases the angle of the inclination of a structure to the vertical one by means of the reinforcing material, the arised efforts in it, as well as the realization of forces resisting the pulling out of the reinforcing material and the soil shear along the reinforcing materials. For example, for the geosynthetic materials the empirical dependence were determined for the some material types. The obtained dependences can be used for calculations of stability in general and for the calculations of the stability of reinforced soil walls. The results of the reseaches where used in several editioon norms and standards for application on OJSC Russian Railways.

Keywords: subgrade, monitoring, mechanical-stabilized earth walls, gabion walls, hexagonal-metal net, geosynthetics, pull-out testing

Introduction

The exploitation length of railways is more than 86000 km in Russian Federation. 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 % [1]. The perspective polygons for heave haul train operation are Moscow – Smolensk (Big Moscow Railway Ring), Kuzbass – North-West, Kurgan – Volgograd – the Azov Sea and the Black Sea basins. 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. 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 routs this is 9000 tons and for oil routs – 8000 tons.

In the last decade, the length of the subgrade (embankments, cuttings, etc) with defects and deformations that had a negative affect on the transportation process estimated 6–8 % of all railways operating in Russia. Meanwhile, the largest decrease in deformation (5.9 %) had been achieved by 2008 with the implementation of special programme aimed at strengthening (reinforcing) the subgrade.

One of the examples of the significant deformation on the traditionally structured subgrade (without strengthening by supporting structures) is the wash-out of the embankment slope with the height of 16 m due to the earthquake in September 2004 on the Kaliningrad railway [2].

The passing trains affect on the appearance of the response in the subgrade in the form of dynamic stresses in the ground and vibrations. The power of this impact is reduced through the distribution of energy

deep into the soil body towards the bed. Currently developing methods of vibration diagnostics allow to assess the state of the subgrade facility according to the indications of dynamic parameters. There has always been and is now a task to keep the subgrade in a safe condition. It especially concerns the heavy-traffic lines and the lines reconstructed for high-speed trains to provide their safe operation. In these cases reinforced ground structures become one of the effective methods of strengthening and stabilization of the subgrade [1].

1. Reinforced ground structures. The first experience

The Department of Track and Track Facilities of the Institute of Railway Track, Construction and Structures at Moscow State University of Railway Engineering (MIIT) has been carrying out the assessment of the construction adaptability of reinforced ground structures since 1988. A lot of engineers has paid attention to the problems connected with different aspects in the design and stability of reinforced ground structures.

A special attention in the research of such a kind is paid to the embankments, as to 70% of failures of the subgrade occurs just at the deforming and potentially dangerous embankments. Different reinforced ground structures are applied to strengthen them: reinforced ground walls, reinforced counter dams, gabion structures, anchor structures, tightening parts, bored piles and others.

At MIIT the physical modelling with the help of the geotechnical centrifugal modelling unit was used to test the effectiveness of some methods of strengthening of the embankments from 1989 to 1996. The physical modelling was conducted for the embankment –

prototypes with the height from 7 up to 11 meters without strengthening and with reinforcing of the embankments with the reinforced ground walls, reinforced non-woven materials and metallic nets, reinforced berms, and structures reinforced with anchors. Based on the research, technical solutions were worked out for strengthening of the embankments in operation, including those ones which are in the most difficult conditions – the areas with pipe culverts.

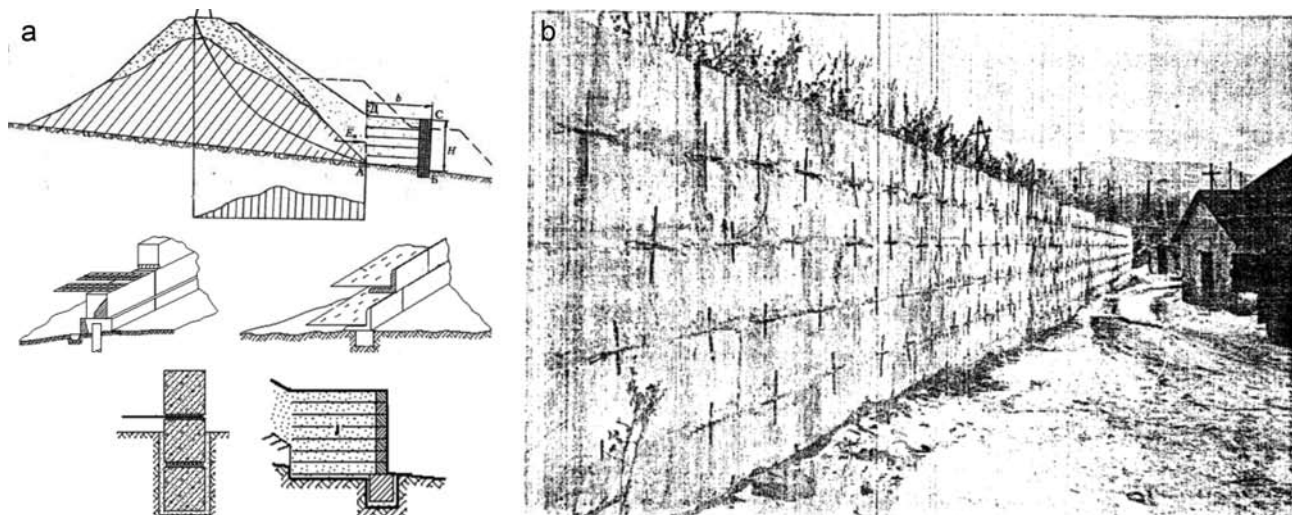
The second impulse in modelling on the updated centrifugal unit occurred in 2005-2010 thanks to the programme of physical modelling of subgrade facilities on the railways involving the Department of Track and track facilities of MIIT, FCC MostGeoCenter, NPO GeoMostProekt, together they studied more than 40 models for the subgrade facilities.

To support the application of reinforced ground structures, the research with the usage of physical modelling on the centrifugal unit was started in MIIT together with the Siberian branch of SibTSNIIS (Novosibirsk) in 1989. The results of this research were compared to the results of numerical modelling of the performance of reinforced ground structures regarding subgrade

strengthening of the railways in operation – Picture 1a. As a result, several guidelines on structure design have been worked out that are aimed at subgrade strengthening with reinforced ground structures (picture 1a).

In 1988 the first fulfilled facility of subgrade strengthening became reinforced ground wall on the South-West railway (Ukraine) – Picture 1b. Being worked out in MIIT by Vinogradov V. [3], the pioneer project for strengthening the embankment took into consideration the construction of a reinforced ground wall consisting of a vertical reinforced concrete wall of blocks with the thickness of 0.3 m, to which reinforcing elements were attached on a horizontal plane with layered filling of drainage soil. Reinforced concrete blocks were used as facing elements with the dimensions 2,36×0,58×0,30 meters, which were installed on the strip foundation. The metal mesh 100×100×4×4 mm was used as reinforcing elements covered with molten bitumen BN-3. The length of the wall was 70 m, its width 4.0 m, the height of the wall is 4.0 m, the length of nets – 4.5 m. The consumption of the mesh: 2 meshes with the width of 0.5 m to every facing block.

In the early 90s several facilities involving the construction of reinforced ground structures were built on the



Picture 1 The pioneers technical decisions with mechanical-stabilized earth walls a) The analysis 'scheme and the main elements и основные элементы б) The experience construction site, Yugo-Zapadnaya Railway, Ukraine, Khmel'nitsky area (Vinogradov V.V.1994).



Picture 2 The mechanical-stabilized earth walls on Gorkovskaya Railway a) with gabions on top б) with concrete blocks (photo Vinogradov V.V.)

Gorky railway. The facilities presented reinforced ground structures in the zone of pipe culverts – Picture 2.

This work was done in the form of reports on physical and numerical modelling, working out of designs and technologies, the selection of materials available at the market and construction of testing facilities. It also found its way into a number of the documents allowing to carry out the design of structures with strengthening the subgrade.

2. Reinforced soil structures, the development of the technology.

Since the early 2000s the design and construction of reinforced soil structures has increased significantly and the problems being solved have become more complicated. There was a transition to the use of various geosynthetic materials as reinforcing elements.

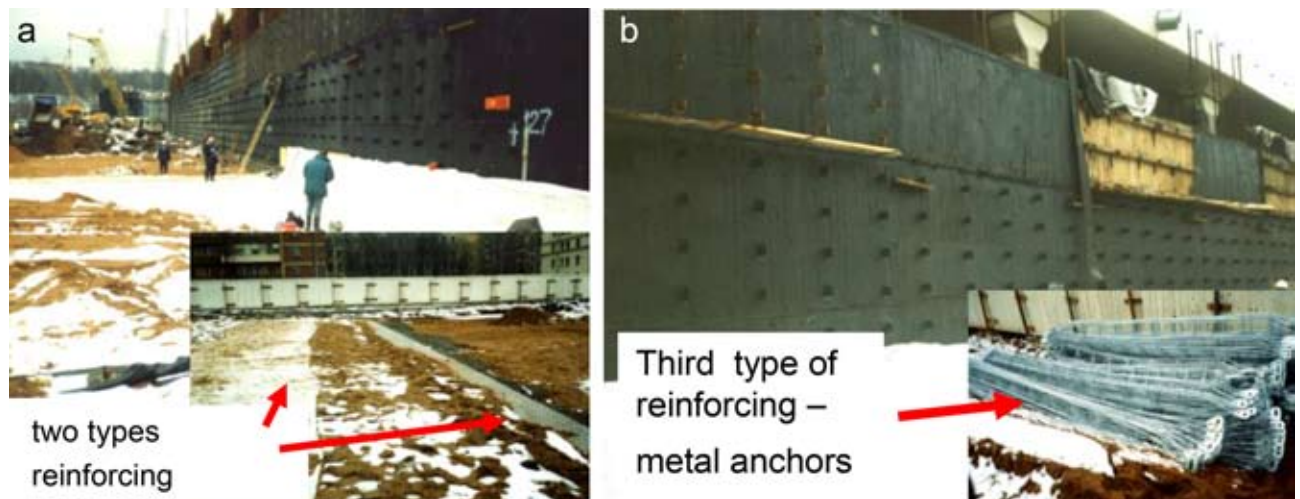
One of such facilities was the reinforced approach embankment to Andreevsky bridge in Moscow. The construction of this facility occurred in 2001 and was connected with the transfer of Andreyevsky Bridge in Moscow. The engineering task on reinforcing of the constructing approach embankment was being solved. On picture 3 shows the two views of the reinforced embankment, where: the left side of the embankment has a slope of the conventional foundation, the right side is limited by a narrow reinforced concrete wall because

of the obstacle in the form of the overpass road. The monitoring of this construction was organized by Professor Ashpiz E.S. group. As elements of reinforcement (Picture 3) were used: geogrid Secugrid 400/60 (tensile strength) and geotextile Stabilenka 200/45 for the reinforcement of the approach embankment; metal anchors attached to the “narrow” reinforced concrete wall.

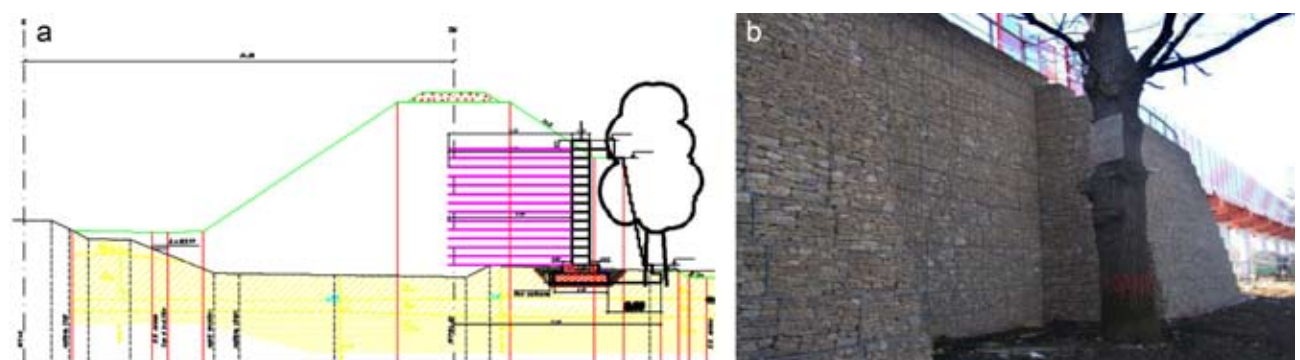
The next facility on our list is a projects carried out within the framework of the construction of a new line to deliver of the passengers to the Sheremetyevo airport in Moscow. The construction of the line towards the airport took place in 2007–2008 (the length of the line is 9 km, the section of Sheremetyevskaya – airport).

The need to adjust the group cross-section of the embankment, namely the right side of the approach embankment to the elevated road was caused by the restrictions in the profile development of the embankment because of the existing motorway and the necessity to preserve the historic trees — oaks. Picture 4 shows the implementation of the project, including the dimensions of the vacated space in the place of the construction of a supporting wall.

Due to the significant volumes of the required draining soil for the construction of the facility, the delivery was carried out from several quarries with different parameters of the materials and with accordingly different requirements to the bulk density for the achievement of the required coefficient of consolidation. The range of soil dampness was determined to provide a better den-



Picture 3 Mechanical-stabilized embankment to Andreyevsky Bridge in Moscow



Picture 4 Mechanical-stabilized embankment at the line Moscow – Sheremet'vo Airport

sity of soil while constructing the embankment in terms of the delivery from the quarries (7–14 %).

The supporting wall with the height of 6–7 meters and with the use of reinforcement elements in the form of a flat geogrid, with the length of 8 meters and with the facing wall of gabions. The construction of the supporting wall was carried out simultaneously with the construction of the embankment, i.e. the soil filling of the same category was used – the sand. The trucks delivered the material and the embankment was being erected, meanwhile, a specialized organization was constructing the reinforced ground wall with the same tempo. The main (maximum) manpower effort rested on hand application of the stones in the gabions of the facing wall, the moulding of the reinforcing elements (the two-axial geogrid) and the consolidation of the layers of the reinforced ground wall had the less manpower effort. The flexibility in the conceptual design of the structure allowed to design and implement in the construction of a special “pocket” for the oak (a hole in the reinforced ground wall).

During the assessment of the soil consolidation of the approach embankment and the reinforced embankment several methods of testing the consolidation were used, including a method of selecting the cutting rings, static penetration and dynamic sounding. It was noticed that the consolidation of embankments in the slope part (up to 1.5 m towards the edge) was complicated according to the safety conditions of the location of a vibrating roller. The solution to the problem of the slope consolidation was found in terms of the technological increase in the size of the embankment (widening at 1.5 m) and further (after the consolidation) cutting of the excesses from the embankment slope with a dragline.

The problem of the mass design of reinforced ground structures has led to the necessity the develop group technical solutions. The conventional reinforced embankments as a part of the infrastructure of motorways during the construction of transport facilities in Sochi 2010–2012 are the embankments with the cross reinforcement and concrete facing blocks. Due to the lack of gravel – sandy mixtures the contractors switched to the use of rubble for backfilling in the wall structure in some facilities. Accordingly control methods of soil consolidation of the backfill should conform to the materials used.

Assessment of the backfill consolidation was carried out with two methods for the cross-comparison of the results: 1) the assessment method of the consolidation of the backfill layer according to the leveling data of testing marks in the form of round metallic liners; 2) the assessment method of the sonic modulus with the use of German and Austrian appliances, a dynamic densimeter D-51, the appliance PDU MG4 “Udar”.

During the laboratory tests, the main physical properties of soil were determined basing on the existing standards: the description of soil; the particle-size

composition, the heterogeneity factor, the soil dampness; the parameters of standard consolidation (the maximum density of dry soil and the optimum soil dampness); the filtration coefficient.

Because of the complexity of construction, particularly in the spring when the soil was waterlogged, the experts had to keep a works log to assess the quality of soil consolidation, to draw up statements of soil consolidation (the total time of staying at the facilities in 2012 was more than 80 person-days).

Within the framework of the operational control, the assessment of the used geosynthetic materials was done for the compliance with the used geogrids in the construction facility with typical characteristics (tensile strength) for new (not subjected to mechanical stress when laying in the erecting structure) mono-oriented geogrids. This involves the operational evaluation of the short-term strength of geosynthetic materials on the basis of tests to determine the short-term tensile strength. These tests allow to ensure the quality of materials and their conformity with the design parameters at the stage of laying the materials into the structure.

Conclusions

The some examples of the technology development in field of reinforced soil structures are presented. At this row is the construction site, Yugo-Zapadnaya Railway, Ukraine, Khmelnytsky area; earth walls on Gorkovskaya Railway; mechanical-stabilized embankment to Andreyevsky Bridge in Moscow; mechanical-stabilized embankment at the line Moscow – Sheremet'evo Airport. As it is known that the creation of the required consolidation of the backfill in the reinforced ground structure allows to improve the interaction terms between the reinforcement material and the backfill soil. Reinforcement increases the angle of the inclination of a structure to the vertical one by means of the reinforcing material, the arised efforts in it, as well as the realization of forces resisting the pulling out of the reinforcing material and the soil shear along the reinforcing materials.

On the site where the supporting walls were being constructed, simple shear tests were carried out with the use of a vibrating compactor to imitate the shear of a reinforcing element with a layer locating above the consolidated soil and a dynamometer. The shear tests showed the increase of the resistance force to pulling out of the geogrid and the increase of the embedment length, but they did not allow to determine the value of the parameter under the controlled conditions, i.e. this task requires the laboratory tests.

At the same time the data on the tested materials of the backfill is too generalized to such divisions as: ash, clay and sand. To do the calculations we require a wider range of data. The test method serves to create a vertical pressure in the appliance and a horizontal pressure to pulling out of the material in the appliance worked

out in MIIT. The vertical pressure is passed through a vertical plate with three values of the vertical load and the horizontal load enforcing the pullout is respectively measured. The design of the appliance and the testing methodology were worked out in “subgrade group” in MIIT in 2011-2012 [4]. The test procedure was developed on the basis of analysis of regulations including the German standard and ASTM D6706-01. 2001. Standard test method for measuring geosynthetic pullout resistance in soil. Three kinds of soil description were used in the tests (medium sand, gravel sand and gravel-sand mixture) and three samples of geomaterials (two types of geogrids: uniaxial and biaxial and geofabric). The summarized results of experimental tests showed that the coefficient of the interaction between the geosynthetic material and soil tends to grow with the increase in the number of grains in the drainage soil (from the sand of medium size to the gravel sand and gravel-sand mixture). Basing on test results of geosynthetic materials on the pullout, the empirical dependence were determined for the tested material types. The obtained dependences can be used for calculations of stability in general and for calculations of the stability of reinforced ground walls.

Acknowledgments

Acknowledgments to pioneers and leaders in science of subgrade reinforcing with MSE walls and geosynthetics, professors T.G. Yakovleva, V.V. Vinogradov and E.S.Ashpiz. I have a pleasure to write that significant role in the practical realization of the projects in Russia devoted to strengthening of the subgrade with reinforced ground constructions (mechanical-stabilized earth walls) belongs to Mr.M.G.Sokovikh and to Mr.S.A.Somoylov.

Literature

1. Zaytsev A.A. Heavy train traffic conditions and peculiarities within railway infrastructure // *Technology And Art*, 2015 (6), ISSN 2029-400X Vilnius College Of Technologies And Design, Vilnius, 2015, P.14-19
2. Zaytsev A.A., Sokovikh M.Gr., Kuznetsov A.V. Embankment deformations and stabilization of the railway subgrade after Kalingrad earthquake in Baltic area // *Abstracts of the International Symposium on Earthquake Induced Landslides and Disaster Mitigation at the 3rd Anniversary of the Wenchuan Earthquake*, May 12-15 2011, Chengdu, China, P.21.
3. Vinogradov V.V. The Prediction and safety supplying of the railway embankments / *Doctoral thesis*, Moscow, MIIT, 1991.- 398 p.p. (in Russian).
4. Vinogradov V.V., Zaytsev A.A., Frolovsky Y.K., Kostousov A.N. Behavior of the mechanical stabilized walls and their elements in the conditions of the improving of the existing track infrastructure // *Proceedings of the 5th Geosynthetic Congress*, Valencia, Spain, 16-17 September, Book of Proceedings: Volume 1. *Topic Transport*, 2012, P. 214-218.

6. Vinogradov V.V., Yakovleva T.G., Frolovsky Y.K. & A.A.Zaytsev Centrifugal modeling of the railway embankments with reinforcement by the various reinforced earth constructions / *Proceedings of the International Conference on Physical Modelling in Geotechnics / ICPMG'02*, St.John's / Newfoundland, Canada, 10-12 July, 2002. P.987– 991
5. 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

АРМОГРУНТОВЫЕ СТЕНЫ И СТЕНЫ ИЗ ГАБИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАК ЧАСТЬ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТА (ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА)

А. А. Зайцев

Московский государственный университет путей сообщения

Развитие железнодорожного транспорта в значительной степени зависит от путевой инфраструктуры, т.е. от возможности эксплуатации конструкции пути в различных режимах поездных нагрузок. Одним из условий эффективно функционирования установленных полигонов обращения тяжеловесных поездов является восприятие и передача на грунтовое основание вибродинамических параметров возникающих при повышении значительном повышении осевых нагрузок на современном и перспективном подвижном составе при условии обеспечения эксплуатационной надежности земляного полотна.

В статье рассматривается опыт проектирования, моделирования и строительного мониторинга конструкций (преимущественно стен) из армированного грунта и габрионных конструкций. Применение данных конструкций позволяет значительно улучшить состояние земляного полотна для эксплуатируемых железных дорог и при новом строительстве.

В ряду реализованных строительством объектов армогрунтовые конструкции на Юго-Западной железной дороге (Украина), армогрунтовые конструкции на Горьковской железной дороге, армогрунтовая подходная насыпь к Андреевскому мосту в Москве, армогрунтовая насыпь на подходе к эстакаде по проекту организации движения авиапассажиров к аэропорту Шереметьево.

В результате исследований сформулированы принципы проектирования и расчета армогрунтовых сооружений, нашедшие внедрение в ряде нормативных документов, а также определены сферы применения армогрунтовых конструкций, даны рекомендации по критериям взаимодействия грунта засыпки и некоторых типов армирующих материалов.

MONITORING OF RAILWAY INFRASTRUCTURE WITH THE USE OF MULTIFUNCTIONAL DIAGNOSTIC TRAINS

E. S. Ashpiz¹, I. K. Mikhalkin², O. B. Simakov², E. D. Zagitov³

¹ *Moscow State University of Railway Engineering*

² *INFOTRANS*

³ *Center ISSO JSCo «Russian Railways»*

Abstract. Multifunctional diagnostic train “ERA” and the multifunctional diagnostic laboratories based on locomotives provides effective solution for complex diagnostics of the railway infrastructure of Russian Railways OJSC. These units are designed for automated monitoring and measurement of condition of technical objects which belong to railway infrastructure. Maximum automation of all processes of measurement, processing and analysis of diagnostic information is the key factor to obtaining valid and objective data. Information-analytical system of complex diagnostics and monitoring of railway infrastructure – is a necessary tool for its rational maintenance, repair planning and its quality control. The analytical system “EXPERT” provides a reliable information base for further engineering and economic analysis of infrastructure condition and repair planning taking into account categories of tracks, traffic volume, speed limits, and actual infrastructure condition.

Keywords: multifunctional diagnostic train, railway infrastructure, monitoring, information-analytical system, repair planning.

Introduction

Now the most actual tasks of the Russian Railways is detecting of parameters of availability, durability, safety and useful life of railway infrastructure and forecasting of its state development using these parameters. To the main tasks belongs reducing of maintenance costs too. Hence, it is necessary to develop the absolutely new comprehensive systems for diagnostic and monitoring of infrastructure objects and to use high-precision systems for infrastructure modelling. These units should simultaneously provide the full list of parameters of technical infrastructure objects using computer-aided procedures. Besides, automation of the diagnostic procedure is a key point since it allows to get the reliable information regarding the real state of the infrastructure.

In Russia such tools are the multifunctional automated diagnostic train based on two coach-modules for monitoring of conditions of technical objects of the railway infrastructure – “ERA” developed by the company INFOTRANS (Samara, Russia) and the multifunctional diagnostic laboratories based on locomotives (fig.1). These units are designed for automated monitoring and measurement of condition of technical objects which belong to railway infrastructure, overhead catenary, automation systems, telemetry and communication systems. They can perform functions of certification, scheduled and unscheduled control of technical facilities of the infrastructure.



Figure 1: Multifunctional diagnostic train “ERA”

During the control used the scheme of railroad track, which is located in the passport database (fig. 2).

These diagnostic units can provide more than 120 different parameters of the technical objects of the railway infrastructure during a single inspection, with reference to railway and geodesic coordinates (GLO-NASS/GPS). These units provide approximately 140 parameters of evaluation of the inspection results and data analysis functions as well (fig. 3–5).

High-level of reliability of inspection results is ensured by the fact that all phases of measurement, inspection, and analysis exclude a human factor. Many parameters were previously measured manually, and their definition was limited by the capabilities of the measurement tools and methods then applied. As these measurements are complicated, the provided data was local and sporadic, and of low reliability as well, which is not sufficient for maintenance planning.

The capabilities of the units go beyond existing regulatory requirements that were developed based on previously available capabilities of measurement and evaluation. The new train has made it possible to see the state of canting, slope of running surface, rail wear not only at separate track points but throughout the railway network as a whole. Capabilities for monitoring of the conditions of ballast section and roadbed have been significantly improved.

The new capabilities have defined requirements for a comprehensive presenting of infrastructure monitoring data and have greatly inspired development of standard technical documentation related to both separate parameters (including the new ones) and integral assessment of the condition of railway infrastructure as a whole.

Currently developed methods for parameter evaluation are aimed at automated acquisition of parameters of infrastructure objects with a high level of detail for the track and the capacity of up-to-date computer units regarding analysis and evaluation of these parameters.

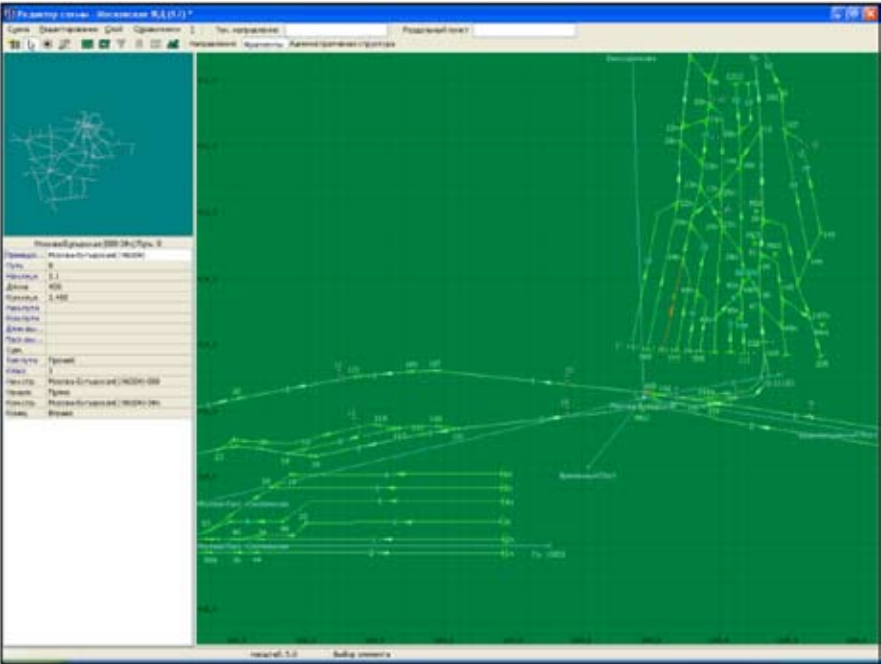


Figure 2: Scheme of railroad track

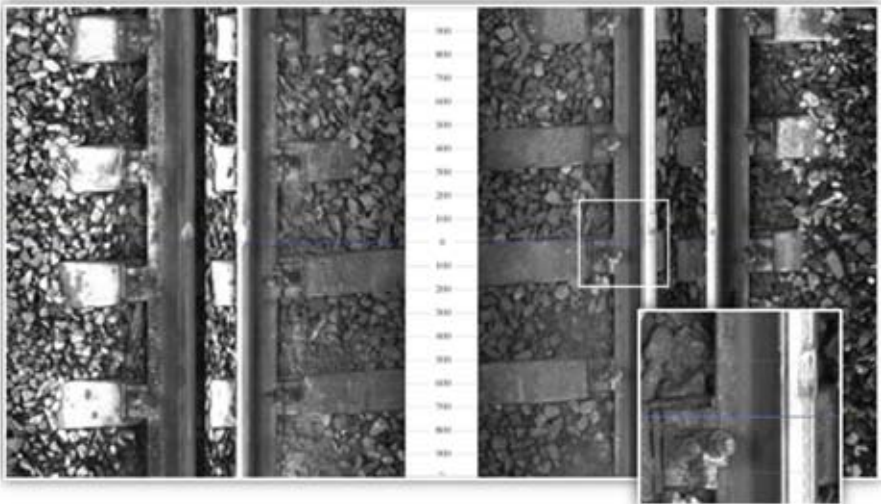


Figure 3: The video control of a railway track condition

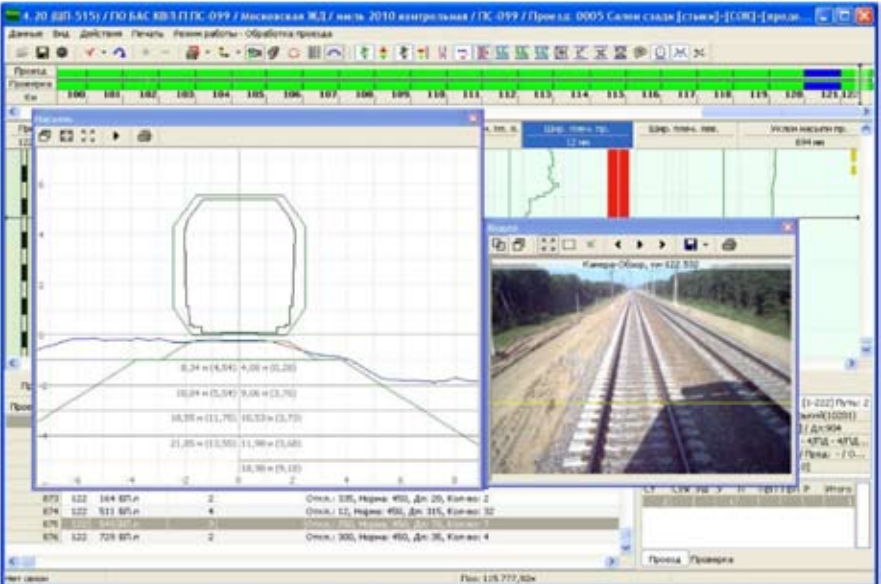


Figure 4: The control of ballast section condition and road level condition

It is particularly important to note these multifunctional diagnostic units with such high level of functionality are operated by a minimal crew size. This is insured by means of high-level automation of all procedures for measuring, processing and analysis of the provided data. It also allows to minimize the impact of the “human factor” on the diagnostic results. Deviations are immediately transmitted to the ground services by a radio channel using remote data transmission subsystem.

Implementation of the modern multifunctional diagnostic units allows to reduce the diagnostics costs significantly. Reducing of the costs for maintenance and scheduled technical support (repair) of a single train “ERA” allows to save more than 2.5 million euro per year in comparison with the equivalent costs of the single-purpose diagnostic units. Besides, use of the comprehensive information provided by diagnostic trains allows to reduce tangible and financial costs on maintenance of infrastructure thanks to timely planning and consistent executing of repair works, as well as the immediate costs on diagnostics alone thanks to optimization of its completeness and frequency.

Now the multifunctional diagnostic units are an important part on the informational and technological profile of the infrastructure departments of the RZD.

The information and analytical system “EXPERT”

However, diagnostic units are only providers of safe and reliable information about the infrastructure state. Multifunctional diagnostic units have significantly increased incoming diagnostic data flow. Complexity of its processing and analysis has increased exponentially. It is nearly impossible to cover all the variety of the incoming data without tools, which will aggregate, visualize and prepare this data for making of management decisions. An information and analytical system “EXPERT” for complex diagnostics and monitoring of railway infrastructure is developed for this purpose (fig.6-7). This system is implemented into railway network of RZD JSC.

This system provides a reliable information base for further engineering and economic analysis of infrastructure condition and repair planning taking into account categories of tracks, traffic volume, speed limits, and actual infrastructure condition.

The main task to be originally solved by the EXPERT system is the technical support of the required transportation process at the planned risk level with the specified support system.

The key functions of the EXPERT system are:

- maintenance of certification and reference data;
- collection and conditioning of data received from automated diagnostic tools;
- quality control and determination of data validity;
- integration, synchronization and storage of data re-

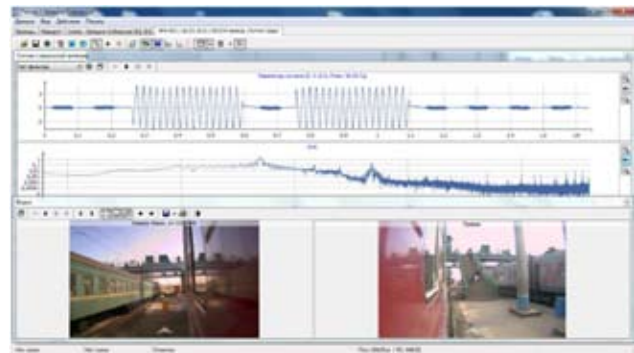


Figure 5: The control of railway automatics



Figure 6: “EXPERT” System



Figure 7: The system of complex diagnostic of railway infrastructure “EXPERT”

- ceived from automated diagnostic units including complex analysis indicators;
- ensuring of modelling of interaction of the infrastructure objects with rolling stock and forecasting of infrastructure condition;
- analysis of completeness of diagnostic studies and diagnostic units’ management planning;
- operational monitoring of infrastructure condition and interaction with departments of current maintenance of infrastructure according to the hazardous situations identified and prevented;

- information support of URRAN-RAMS methodology, situation centre of Russian Railways JSC, interaction with other systems.

The basic information task of the EXPERT system is synchronization and integration of diagnostic data. All fresh data are synchronized to high precision with the coordinate of available data. Data integration involves creation of data generations (time slices) with the frequency specified. Each generation consists of the most reliable data that precisely show an object state at the moment of generation creation.

This integrated data is a basis for external applications and information support of the method for complex management of Reliability, Risk, Life Cycle Cost of the railway network of Russia (URRAN-RAMS). This method is aimed at optimization of infrastructure maintenance costs and it is based on its actual condition, development, and set tasks. External applications especially implement the alternative methods of assessment. They can calculate and forecast complex indicators of infrastructure condition, perform engineering economic analysis, repair planning, etc.

In fact, the diagnostic system, the core of which is EXPERT, provides three-level security:

- divergence control regarding principally parameters of the hazardous single objects of infrastructure using diagnostic units during the run;
- divergence control of complex indicators detected by the EXPERT system;
- timely and targeted planning of repairs to ensure transportation with the required specifications and minimum expenses.

The created EXPERT system for complex diagnostics of railway infrastructure is being continuously advanced and will eventually cover all stages of the infrastructure life cycle, and it will be a convenient and reliable tool for efficient management. Currently the applications of the EXPERT system are developed. Using the adjusted, synchronized and maximally reliable data of the system the applications detect unstable sections of the roadbed, determine and forecast a pre-failure situation of the track geometry and assembled rails and sleepers, carry out comprehensive evaluation of the state of long-welded rails, plan repairs of railway track, based on its actual state. The picture shows the dynamics of the development of the track state on a defined track section. This picture (fig.8) shows clearly how the state of the track has changed after repair. The next picture (fig.9) shows a map of



Figure 8: The dynamics of the development of the track state on a defined track section

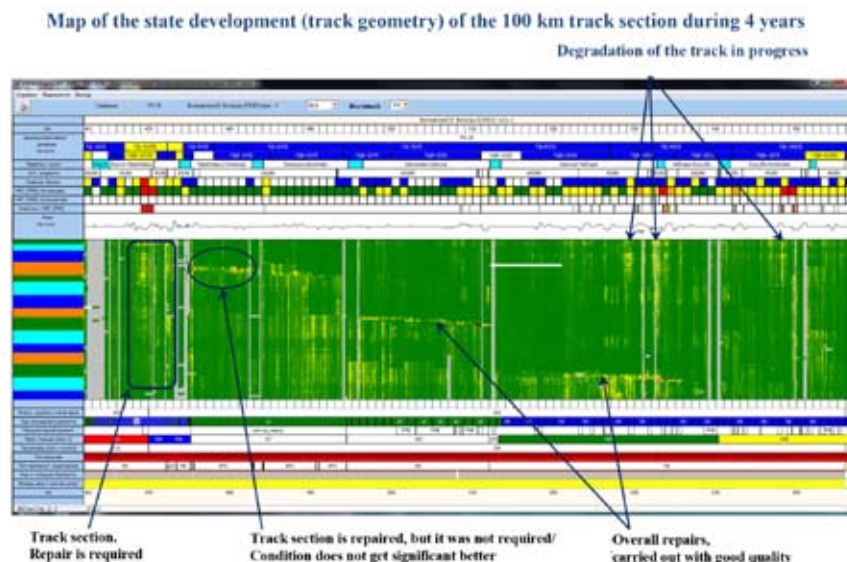


Figure 9: The map of the development of the track geometry state

the development of the state of 100 km track section geometry for four years. This map allows the scheduling of repairs, it clearly shows the state of the track before and after repair, it allows evaluating of the repair quality.

The tasks to define a pre-failure situation of track circuits, roadbed, and overhead catenary are in the process of development. Successful execution of these tasks ensures reasonable maintenance and targeted planning of repairs. It allows reducing of the costs for railway infrastructure maintenance significantly while providing unconditional train safety control at the required level of risks.

Conclusions

The created EXPERT system (which is used with multifunctional diagnostic trains) for complex diagnostics of railway infrastructure is being continuously advanced and will eventually cover all stages of the infrastructure life cycle, and it will be a convenient and reliable tool for efficient management.

Currently the applications of the EXPERT system are developed. Using the adjusted, synchronized and maximally reliable data of the system the applications detect unstable sections of the roadbed, determine and forecast a pre-failure situation of the track geometry and assembled rails and sleepers, carry out comprehensive evaluation of the state of long-welded rails, plan repairs of railway track, based on its actual state.

The tasks to define a pre-failure situation of track circuits, roadbed, and overhead catenary are in the process of development. Successful execution of these tasks ensures reasonable maintenance and targeted planning of repairs. It enables the significant reduction of the costs for railway infrastructure maintenance while providing unconditional train safety control at the required level of risks.

Literature

1. Ashpiz E. S. The development of the monitoring track system // Track and track facilities, N4, 2015, P. 30–32 (in Russian)
2. Ashpiz E. S. The monitoring of the track infrastructure on the Russian railways with using of the multifunctional diagnostic trains // Report on the COMPRAIL conference, 2014

3. Mikhalkin I. K., Simakov O. B. “INFOTRANS-VELARO Rus”. Diagnostics of the future”, newspaper “Eurasia news”, August, 10, 2015 (in Russian)
4. Mikhalkin I. K., Simakov O. B. “EXPERT” works for railways of Russia”, newspaper “Eurasia news”, September, 24, 2014 (in Russian)
5. Mikhalkin I.K., Simakov O.B., Technologies of “ERA” // Railway transport, N11, 2011, , P. 51–54 (in Russian)

MONITORING OF RAILWAY INFRASTRUCTURE WITH THE USE OF MULTIFUNCTIONAL DIAGNOSTIC TRAINS

**E. S. Ashpiz¹, I. K. Mikhalkin², O. B. Simakov²,
E. D. Zagitov³**

¹ *Moscow State University of Railway Engineering*

² *INFOTRANS*

³ *Center ISSO JSCo «Russian Railways»*

В статье представлены подходы и решения актуальной задачи определения параметров жизненного цикла железнодорожного пути и существующих возможностей по его продлению, которые основаны на разработке и внедрении современных диагностических комплексов.

Апробация решений данной задачи осуществляется с использованием диагностического комплекса ЭРА, а также многофункциональных диагностических средств устанавливаемых на локомотивах (разработаны компанией Инфотранс, Самара). Диагностические комплексы сконструированы для автоматического мониторинга и измерений условий определенного набора технических объектов, которые относятся к инфраструктуре железных дорог.

Аналитическая система “ЭКСПЕРТ” предназначена для объединения и обработки данных получаемых от диагностических комплексов. С применением данной системы проводится инженерный и экономический анализ состояния элементов путейой инфраструктуры, а также планирование ремонтных работ, т. е. обслуживание инфраструктуры пути по его фактическому состоянию.

MATHEMATICAL MODELS AND ALGORITHMS OF RADIO WAVE PROPAGATION IN CELLULAR NETWORKS OF MOBILE COMMUNICATION

V. I. Popov, V. A. Skudnov, A. S. Vasiljev

Riga Technical University, Riga, Latvia

popovs@latnet.lv; vladimir.skudnov@sotus.net; aleksejs.vasiljevs@ldz.lv

Abstract. The issue of ensuring uniform radio coverage of service areas and the associated reliability of mobile radio systems in the 3G and 4G standards requires a lot of attention upon designing cellular mobile networks. One of the main tasks at the first stage of the designing is the mathematical modeling of radio wave propagation under the influence of environment.

This work provides classification of mathematical models of radio wave propagation in cellular mobile communication systems, the algorithm of calculating radio signal strength at the receiving point depending on the distance between the mobile and the base stations as well as factors and conditions affecting radio wave propagation are specified.

Keywords: cellular networks of mobile communication, radio wave propagation, mathematical models and algorithms

Introduction

Currently problems of radio wave propagation (RWP) in cellular networks of mobile communications (CNMC) are dealt with in many works. In them different methods of classification of mathematical models of RWP in the decimeter and centimeter wave band applied to CNMC are considered.

Depending on environmental influences, both deterministic and statistical models can be used for modeling RWP; often semi-deterministic, semi-empirical and empirical models are applied.

Deterministic mathematical models are based on the use of the physical laws of RWP. The calculation is based on a single-ray, double-ray or multi-beam models of RWP. They take account of influencing factors of obstacles in the path of radio wave propagation and local conditions in the radio channel (fig. 1): attenuation in free space, reflection from objects, diffraction due to obstacles, absorption, refraction and cross-polarization of electromagnetic waves (EMW).

Semi-empirical and empirical models are based on path loss formulas, including a number of empirical

correction factors picked up by experiments. Accuracy of calculated results in such case depends on the preciseness of the correction factor values and restrictions having significance within the chosen frequency range and for the specific environmental conditions only.

It is important to point out, that results of experimental research for the real environmental conditions are often used to determine path loss of EMW propagating along the terrain. Mathematical models of RWP in heterogeneous environment, for example, have their own laws of attenuation for different surroundings and allow calculating median values of the received power depending on the distance to the receiver (considering ITU-R, CEPT recommendations). Combined methods represent a blend of deterministic and statistical models. RWP models, based on these methods, may be applied for more accurate measurements in specific situations.

Nowadays majority of CNMC operators are using mobile network development and monitoring software products that are based on models listed above. Sadly, imperfections of digitized maps, approximation and averaging of path loss values lead to relatively large calculation and planning errors. Improvements in model simulation accuracy have been made possible lately by introducing geographic information systems (GIS) (fig. 2) which use high-precision maps and geographical databases.

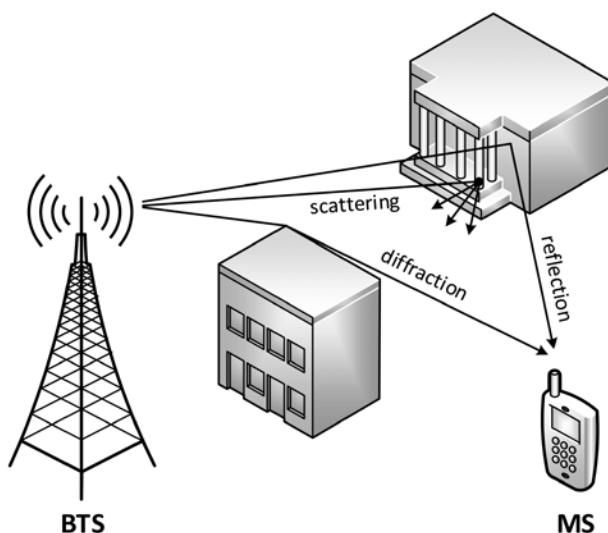


Figure 1. Impact of Obstacles on Radio Wave Propagation

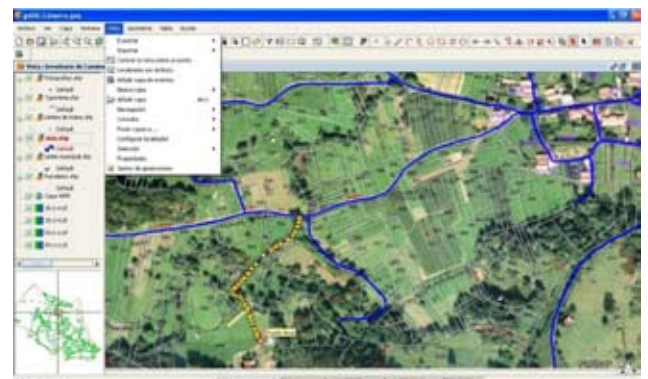


Figure 2. Example of the Geographic Information System—Open Source GIS gvSIG [5]

1. Classification of RWP Models in CNMC

Let's consider the mathematical models of radio wave propagation in CNMC assuming standard conditions and propagation regimes are in place. Most characteristic regimes of wave propagation between base transceiver station (BTS) and mobile station (MS) in the real world conditions are generalized in table 1.1 and serve as a basis for further mathematical model classification.

The following abbreviations are used in the table:

- R – reflection,
- EMW – electromagnetic wave,
- LOS – line-of-sight,
- NLOS – non-line-of-sight;
- D/EMW – diffraction of electromagnetic wave,
- A/EMW – attenuation of electromagnetic wave.

This paper, as it follows from the table 1.1, examines 11 loss mathematical models, which represent the approximation of the received signal strength in relationship to the distance between BTS and MS, taking into account environmental conditions, transmitter and receiver antennas parameters. The determining of received signal strength for an array of distances allows

finding the maximum radius of BTS cell coverage area R_{max} (fig. 1.1) for a downlink transmission when P_r is equal to the MS receiver sensitivity $P_{r min}$, which is one of the main tasks in mobile cellular network area coverage planning.

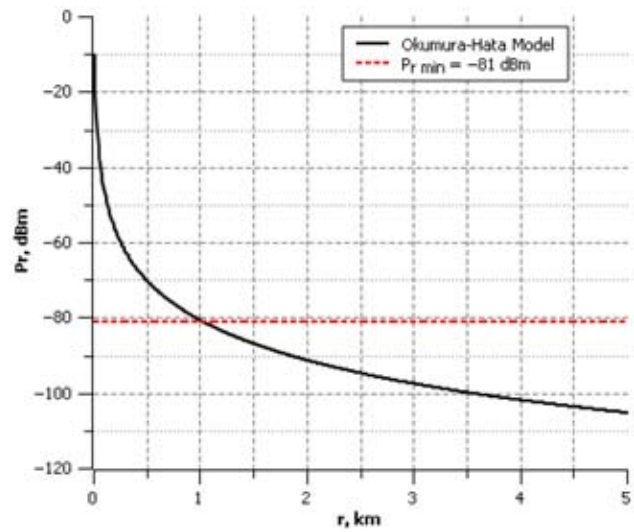

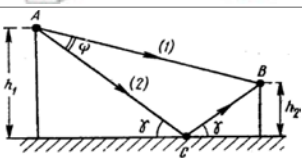
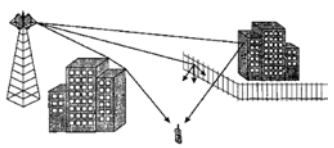


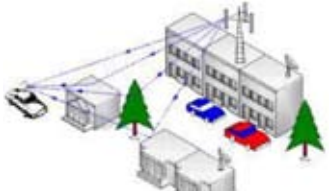


Figure 1.1. Finding Cell Tower Maximum Coverage Radius Using Okumura-Hata Model ($P_{r min} = -81$ dBm, $R_{max} = 1.021$ km) [2]

Table 1.1. Distinctive RWP Regimes in CNMC

No.	Conditions	RWP model, regime, cell type
1		Free space LOS macrocell
2		Two-ray model LOS+R/EMW macrocell
3		Multiple ray model Log-distance path loss model LOS+NLOS+D/EMW+ΣR _i /EMW _i macrocell, microcell
4		Multiple ray model for urban conditions Lee model LOS+NLOS+ΣR _i /EMW _i macrocell
5		Multiple ray model for urban conditions Okumura model LOS+NLOS+ΣR _i /EMW _i microcell
6		Multiple ray model for urban conditions Okumura-Hata model LOS+NLOS+ΣR _i /EMW _i microcell, picocell





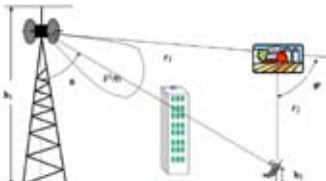
No.	Conditions	RWP model, regime, cell type
7		Multiple ray model for urban conditions COST 231-Hata model LOS+NLOS+ΣR _i /EMW _i microcell, picocell
8		Multiple ray model for urban conditions Walfish-Ikegami model LOS+NLOS+ΣD _i /EMW _i macrocell, microcell, picocell
9		Multiple ray model for urban conditions Hata-Davidson model LOS+NLOS+ΣR _i /EMW _i microcell, picocell
10		Radio wave propagation through the forest Semi-deterministic model LOS ₁ +A/LOS _F +Lateral/EMW+LOS ₂ microcell, picocell
11		Radio wave propagation in free space with the reflection from the forest Deterministic model NLOS+ΣR _i /EMW _i microcell, picocell

Table 2.1. RWP Mathematical Models

No.	Model	Formulas								
1	Line-of-sight LOS	$P_{rLOS} = P_t + 10 \lg G_t + 10 \lg G_r - 20 \lg(4\pi) + 20 \lg \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right) - 20 \lg \left(\frac{r \cdot 10^3}{r_0} \right) < 0$ <p>where P_{rLOS} – received signal strength in free space (LOS) environment, dBm;</p>								
2	Two-ray model LOS ₁ +R _i /EMW	$P_r = P_{rLOS} + 10 \lg \psi, \text{ dBm}$ $\psi \approx 1 + R^2 + 2R \cdot \cos \left(\varphi + 4\pi \cdot \frac{h_t \cdot h_r}{\lambda \cdot r \cdot 10^3} \right),$ $0.8r > r > 18 \frac{h_t h_r}{\lambda},$ $P_r \approx P_t + 10 \lg G_t + 10 \lg G_r + 20 \lg \left(\frac{h_t}{h_0} \right) + 20 \lg \left(\frac{h_r}{h_0} \right) - 40 \lg \left(\frac{r \cdot 10^3}{r_0} \right), \text{ dBm}$ <p>where ψ – value determined as a function of the terrain parameters; R – coefficient of reflection, $R \leq 1$; φ – reflection angle, usually $\varphi = 3.142$ rad;</p>								
3	Log-distance path loss model LOS+NLOS+D/ EMW+ΣR _i /EMW _i	$P_r = P_{rLOS} - 10 \cdot n \cdot \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) - (\pm X_g), \text{ dBm}$ <p>where n – attenuation exponent (table 2.2); X_g – random value for normal (Gaussian) distribution with a zero mean, representing signal attenuation condition, which was caused by its fading (in case of no fading $X_g = 0$);</p> <p>Table 2.2.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Environment</th> <th>Attenuation exponent n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Free space (LOS)</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Suburban area (LOS/NLOS)</td> <td>2.7–3.5</td> </tr> <tr> <td>Urban area (NLOS)</td> <td>3–5</td> </tr> </tbody> </table>	Environment	Attenuation exponent n	Free space (LOS)	2	Suburban area (LOS/NLOS)	2.7–3.5	Urban area (NLOS)	3–5
Environment	Attenuation exponent n									
Free space (LOS)	2									
Suburban area (LOS/NLOS)	2.7–3.5									
Urban area (NLOS)	3–5									

No.	Model	Formulas																								
4	Lee model $LOS+\Sigma R_i/EMW_i$	$P_r = P_{r0} - 10\gamma \cdot \lg\left(\frac{r}{r_{n0}}\right) - 10n \cdot \lg\left(\frac{f}{f_{n0}}\right) + 10\lg(\alpha_0), \text{ dBm}$ $\alpha_0 = \left(\frac{h_t}{h_{tn0}}\right)^2 \cdot \left(\frac{h_r}{h_{rn0}}\right)^v \cdot \left(\frac{P_{tmW} \cdot 10^3}{P_{tn0}}\right) \cdot \frac{G_t \cdot G_r}{4}, \text{ dBm}$ $v = \begin{cases} 2, & \text{if } h_r > 10 \text{ m} \\ 1, & \text{if } h_r < 3 \text{ m} \end{cases}$ <p>where P_r – median power level at the receiving point for point-to-point RWP, dBm; α_0 – adjustment factor, dB; P_{tmW} – BTS transmitter power, mW; P_{r0} – power at the r_{n0} point (table 2.3), dBm; γ – path loss correction due to distance (table 2.3); n – frequency correction factor, recommended values are given in table 2.4, $2 \leq n \leq 3$; v – MS antenna height correction factor; f_{n0} – nominal frequency, $f_{n0} = 900$ MHz; P_{tn0} – nominal BTS transmitter power, $P_{tn0} = 10$ W; h_{tn0} – nominal BTS antenna height, $h_{tn0} = 30.48$ m; h_{rn0} – nominal MS antenna height, $h_{rn0} = 3$ m; r_{n0} – nominal distance between BTS and MS, $r_{n0} = 1.6$ km;</p> <p>Table 2.3.</p> <table border="1" data-bbox="592 723 1169 875"> <thead> <tr> <th>Environment</th> <th>P_{r0}, dBm</th> <th>β</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Free space</td> <td>-45</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Rural area</td> <td>-49</td> <td>4.35</td> </tr> <tr> <td>Suburban area</td> <td>-61.7</td> <td>3.84</td> </tr> <tr> <td>Urban area</td> <td>-70</td> <td>3.68</td> </tr> <tr> <td>Metropolitan center</td> <td>-84</td> <td>3.05</td> </tr> </tbody> </table> <p>Table 2.4.</p> <table border="1" data-bbox="592 927 1169 1003"> <thead> <tr> <th>Environment, Frequency f</th> <th>n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Open, rural, suburban area $f < 450$ MHz</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Urban, metropolitan area $f > 450$ MHz</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Environment	P_{r0} , dBm	β	Free space	-45	2	Rural area	-49	4.35	Suburban area	-61.7	3.84	Urban area	-70	3.68	Metropolitan center	-84	3.05	Environment, Frequency f	n	Open, rural, suburban area $f < 450$ MHz	2	Urban, metropolitan area $f > 450$ MHz	3
Environment	P_{r0} , dBm	β																								
Free space	-45	2																								
Rural area	-49	4.35																								
Suburban area	-61.7	3.84																								
Urban area	-70	3.68																								
Metropolitan center	-84	3.05																								
Environment, Frequency f	n																									
Open, rural, suburban area $f < 450$ MHz	2																									
Urban, metropolitan area $f > 450$ MHz	3																									
5	Okumura model $LOS+\Sigma R_i/EMW_i$	<p>Limitations: frequency range $f = 150\text{--}1920$ MHz; BTS antenna height $h_t = 30\text{--}1000$ m; MS antenna height $h_r = 1\text{--}10$ m; distance between BTS and MS $r = 1\text{--}100$ km;</p> $L_{rt} = L_{rt\text{ LOS}} - A_{mu}(f, r) + H(h_t) + H(h_r) + G_{area}, \text{ dB}$ $P_r = P_{r\text{ LOS}} - A_{mu}(f, r) + H(h_t) + H(h_r) + G_{area}, \text{ dBm}$ $H(h_t) = 20 \lg\left(\frac{h_t}{h_{tn0}}\right), \text{ dB}$ $H(h_r) = \begin{cases} 10 \lg\left(\frac{h_r}{h_{rn0}}\right), & \text{если } h_r \leq 3 \text{ M} \\ 20 \lg\left(\frac{h_r}{h_{rn0}}\right), & \text{если } 3 < h_r < 10 \text{ M} \end{cases}, \text{ dB}$ <p>where L_{rt} – path attenuation, dB; $A_{mu}(f, r)$ – median attenuation relative to free space (determined from the chart 2.1), dB; $G(h_t)$ – BTS antenna gain factor, dB; $G(h_r)$ – MS antenna gain factor, dB; h_{tn0} – nominal BTS antenna height, $h_{tn0} = 200$ m; h_{rn0} – nominal MS antenna height, $h_{rn0} = 3$ m; G_{area} – gain correction factor depending on the environment (fig. 2.2), dB;</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="395 1626 853 2074"> </div> <div data-bbox="874 1626 1300 2074"> </div> </div> <p>Figure 2.1. Attenuation Factor for Urban Areas, Figure 2.2. Gain Correction Factor</p>																								

No.	Model	Formulas																
6	Okumura-Hata model $LOS+\Sigma R_i/EMW_i$	<p>Limitations: frequency range $f = 150-1500$ MHz; BTS antenna height $h_t = 30-200$ m; MS antenna height $h_r = 1-10$ m; distance between BTS and MS $r = 1-20$ km;</p> $P_{r\ Hata} = P_t - 69.55 - 26.16 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - \left(44.9 - 6.55 \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right)\right) \lg\left(\frac{r}{r_0}\right) + 13.82 \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right) + a(f, h_r) + K(f)$ <p>where $a(f, h_r)$ – correction factor for MS antenna height (table 2.5), dB; K – correction factor that depends upon the environment (table 2.6), dB;</p> <p>Table 2.5.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Environment</th> <th>$\alpha(f, h_r)$, dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Open, suburban, urban area</td> <td>$\left(1.1 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.7\right) \cdot h_r - \left(1.56 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.8\right)$</td> </tr> <tr> <td>Metropolitan area, $f < 300$ MHz</td> <td>$8.29 \left[\lg\left(1.54 \frac{h_r}{h_{r0}}\right)\right]^2 - 1.1$</td> </tr> <tr> <td>Metropolitan area, $f \geq 300$ MHz</td> <td>$3.2 \left[\lg\left(11.75 \frac{h_r}{h_{r0}}\right)\right]^2 - 4.97$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Table 2.6.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Environment</th> <th>$K(f)$, dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Open area</td> <td>$4.78 \left[\lg\left(\frac{f}{f_0}\right)\right]^2 - 18.33 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) + 40.94$</td> </tr> <tr> <td>Suburban area</td> <td>$2 \left[\lg\left(\frac{f}{28}\right)\right]^2 + 5.4$</td> </tr> <tr> <td>Urban, metropolitan area</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Environment	$\alpha(f, h_r)$, dB	Open, suburban, urban area	$\left(1.1 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.7\right) \cdot h_r - \left(1.56 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.8\right)$	Metropolitan area, $f < 300$ MHz	$8.29 \left[\lg\left(1.54 \frac{h_r}{h_{r0}}\right)\right]^2 - 1.1$	Metropolitan area, $f \geq 300$ MHz	$3.2 \left[\lg\left(11.75 \frac{h_r}{h_{r0}}\right)\right]^2 - 4.97$	Environment	$K(f)$, dB	Open area	$4.78 \left[\lg\left(\frac{f}{f_0}\right)\right]^2 - 18.33 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) + 40.94$	Suburban area	$2 \left[\lg\left(\frac{f}{28}\right)\right]^2 + 5.4$	Urban, metropolitan area	0
Environment	$\alpha(f, h_r)$, dB																	
Open, suburban, urban area	$\left(1.1 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.7\right) \cdot h_r - \left(1.56 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.8\right)$																	
Metropolitan area, $f < 300$ MHz	$8.29 \left[\lg\left(1.54 \frac{h_r}{h_{r0}}\right)\right]^2 - 1.1$																	
Metropolitan area, $f \geq 300$ MHz	$3.2 \left[\lg\left(11.75 \frac{h_r}{h_{r0}}\right)\right]^2 - 4.97$																	
Environment	$K(f)$, dB																	
Open area	$4.78 \left[\lg\left(\frac{f}{f_0}\right)\right]^2 - 18.33 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) + 40.94$																	
Suburban area	$2 \left[\lg\left(\frac{f}{28}\right)\right]^2 + 5.4$																	
Urban, metropolitan area	0																	
7	COST 231-Hata model $LOS+\Sigma R_i/EMW_i$	<p>Limitations: frequency range $f = 150-2000$ MHz; BTS antenna height $h_t = 30-200$ m; MS antenna height $h_r = 1-10$ m; distance between BTS and MS $r = 1-20$ km;</p> $P_r = P_t - A - B \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) + 13.82 \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right) + a(f, h_r) - \left[44.9 - 6.55 \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right)\right] \lg\left(\frac{r}{r_0}\right) - C, \text{ dBm}$ $\alpha(f, h_r) = \left(1.1 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.7\right) \cdot h_r - \left(1.56 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - 0.8\right), \text{ dB}$ <p>where A – attenuation component (table 2.7), dB; B – frequency correction factor (table 2.7); $a(f, h_r)$ – correction factor for MS antenna height, dB; C – attenuation correction factor, depends on the environment (table 2.8), dB;</p> <p>Table 2.7.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Frequency range f, MHz</th> <th>A, dB</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$150 \leq f < 1500$</td> <td>69.55</td> <td>26.16</td> </tr> <tr> <td>$1500 \leq f \leq 2000$</td> <td>46.33</td> <td>33.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>Table 2.8.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Environment</th> <th>C, dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Open, suburban, urban area</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Metropolitan area</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Frequency range f , MHz	A, dB	B	$150 \leq f < 1500$	69.55	26.16	$1500 \leq f \leq 2000$	46.33	33.9	Environment	C, dB	Open, suburban, urban area	0	Metropolitan area	3	
Frequency range f , MHz	A, dB	B																
$150 \leq f < 1500$	69.55	26.16																
$1500 \leq f \leq 2000$	46.33	33.9																
Environment	C, dB																	
Open, suburban, urban area	0																	
Metropolitan area	3																	

No.	Model	Formulas
-----	-------	----------

Limitations: frequency range $f = 800-2000$ MHz; BTS antenna height $h_t = 4-50$ m; MS antenna height $h_r = 1-3$ m; distance between BTS and MS $r = 0.02-5$ km;

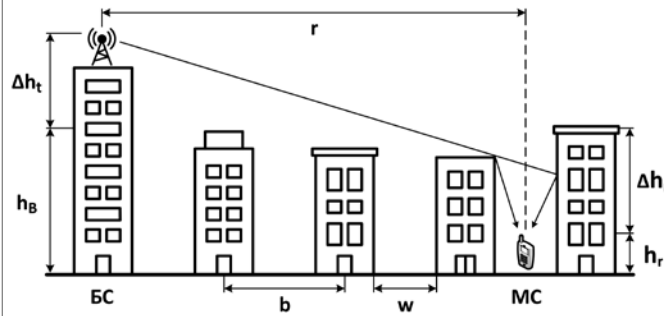


Figure 2.3. Definition of the Urban Parameters

$$L_{rt} = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{m ds}, & \text{if } L_{rts} + L_{m ds} \leq 0 \text{ dB} \\ L_0, & \text{if } L_{rts} + L_{m ds} > 0 \text{ dB} \end{cases} < 0, \text{ dB}$$

$$L_{LOS} = -42.6 - 26 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) - 20 \lg \left(\frac{f}{f_0} \right), \text{ dB}$$

$$L_0 = -32.45 - 20 \lg \left(\frac{f}{f_0} \right) - 20 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right), \text{ dB}$$

$$L_{rts} = 16.9 + 10 \lg \left(\frac{w}{w_0} \right) - 10 \lg \left(\frac{f}{f_0} \right) - 20 \lg \left(\frac{\Delta h_r}{h_0} \right) - L_{ori}, \text{ dB}$$

$$L_{m ds} = -L_{b sh} - k_a - k_d \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) - k_f \lg \left(\frac{f}{f_0} \right) + 9 \lg \left(\frac{b}{b_0} \right), \text{ dB}$$

$$P_{r LOS} = P_r + L_{LOS} = P_t - 42.6 - 26 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right) - 20 \lg \left(\frac{f}{f_0} \right), \text{ dBm}$$

$$P_{r NLOS} = P_t + L_{rt}, \text{ dBm}$$

Walfisch-Ikegami model
LOS/NLOS+ ΣD/
EMW_i

8

where $P_{r LOS}$ – received signal strength in line-of-sight (LOS) environment, dBm; $P_{r NLOS}$ – received signal strength in non-line-of-sight environment, dBm; L_{rt} – path loss, dB; L_{LOS} – path loss for free space (LOS) environment, dB; L_s – free space loss, dB; L_{rts} – diffraction and scatter loss, dB; $L_{m ds}$ – multiscreen diffraction loss, dB; L_{ori} – orientation loss (table 2.9), dB; $L_{b sh}$ – shadowing gain due to BTS antenna location (table 2.10), dB; b – average building separation, m; w – average street width, usually $w = 0.5b$ m; h_B – average building height, m; Δh_t – BTS antenna height above the rooftops, $\Delta h_t = h_t - h_B$, m; Δh_r – distance between MS antenna and rooftops, $\Delta h_r = h_r - h_B$, m; φ – road orientation with respect to the direct radio path, usually $\varphi = 90^\circ$ (worst case); k_a – correction factor (table 2.10), dB; k_d – distance factor (table 2.10); k_f – frequency factor (table 2.11).

Table 2.9.

Street orientation angle $\varphi, ^\circ$	$L_{ori}, \text{ dB}$
$0 \leq \varphi < 35$	$-10 + 0.354 \varphi$
$35 \leq \varphi < 55$	$2.5 + 0.075(\varphi - 35)$
$55 \leq \varphi < 90$	$4 - 0.114(\varphi - 55)$

Table 2.10.

Height Δh_t , m; distance r , km	$L_{b sh}, \text{ dB}$	k_a	k_d
$\Delta h_t > 0$	$-18 \lg(1 + \Delta h_t)$	54	18
$\Delta h_t \leq 0, r \geq 0.5$	0	$54 - 0.8 \cdot \Delta h_t$	$18 - 15 \frac{\Delta h_t}{h_B}$
$\Delta h_t \leq 0, r < 0.5$		$54 - 0.8 \cdot \Delta h_t \cdot 2r$	

Table 2.11.

Environment	k_f
Suburban, urban area	$-4 + 0.7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right)$
Metropolitan area	$-4 + 1.5 \left(\frac{f}{925} - 1 \right)$

No.	Model	Formulas															
9	Hata-Davidson model $LOS+\Sigma R_i/EMW_i$	<p>Limitations: frequency range $f = 150-1500$ MHz; BTS antenna height $h_t = 30-2500$ m; MS antenna height $h_r = 1-10$ m; distance between BTS and MS $r = 1-300$ km;</p> $P_r = P_{r\ Hata} - A(h_t, r) + S_1(r) + S_2(h_t, r) + S_3(f) + S_4(f, r), \text{ dBm}$ $P_{r\ Hata} = P_t - 69.55 - 26.16 \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) - \left(44.9 - 6.55 \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right)\right) \lg\left(\frac{r}{r_0}\right) + 13.82 \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right) + a(f, h_r) + K(f), \text{ dBm}$ $S_2(h_t, r) = \begin{cases} 0.00784 \cdot \left \lg\left(\frac{9.98}{r}\right) \right \cdot (h_t - 300) & \text{if } h_t \geq 300 \text{ m} \\ 0 & \text{if } h_t < 300 \text{ m} \end{cases}$ $S_3(f) = \frac{f}{250 \lg\left(\frac{1500}{f}\right)}$ <p>where $P_{r\ HATA}$ – received signal strength for Okumura-Hata model, dBm; $A(h_t, r)$, $S_1(r)$ – distance correction factor (table 2.12), dB; $S_2(h_t, r)$ – BTS antenna height correction factor, dB; $S_3(f)$ – frequency correction factor, dB; $S_4(f, r)$ – frequency and distance correction factor (table 2.13), dB.</p> <p>Table 2.12.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distance r, km</th> <th>$A(h_t, r)$, dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$r < 20$</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$20 \leq r < 300$</td> <td>$0.62137 \cdot (r - 20) \cdot \left[0.5 + 0.15 \lg\left(\frac{h_t}{121.92}\right) \right]$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Table 2.13.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distance r, km</th> <th>$S_1(r)$, dB</th> <th>$S_4(f, r)$, dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$r < 64.38$</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$64.38 \leq r < 300$</td> <td>$0.174 \cdot (r - 64.38)$</td> <td>$0.112 \lg\left(\frac{1500}{f}\right) \cdot (r - 64.38)$</td> </tr> </tbody> </table>	Distance r, km	$A(h_t, r)$, dB	$r < 20$	0	$20 \leq r < 300$	$0.62137 \cdot (r - 20) \cdot \left[0.5 + 0.15 \lg\left(\frac{h_t}{121.92}\right) \right]$	Distance r, km	$S_1(r)$, dB	$S_4(f, r)$, dB	$r < 64.38$	0	0	$64.38 \leq r < 300$	$0.174 \cdot (r - 64.38)$	$0.112 \lg\left(\frac{1500}{f}\right) \cdot (r - 64.38)$
Distance r, km	$A(h_t, r)$, dB																
$r < 20$	0																
$20 \leq r < 300$	$0.62137 \cdot (r - 20) \cdot \left[0.5 + 0.15 \lg\left(\frac{h_t}{121.92}\right) \right]$																
Distance r, km	$S_1(r)$, dB	$S_4(f, r)$, dB															
$r < 64.38$	0	0															
$64.38 \leq r < 300$	$0.174 \cdot (r - 64.38)$	$0.112 \lg\left(\frac{1500}{f}\right) \cdot (r - 64.38)$															
10	RWP through the forest [1, 17] $LOS_i+A/LOS_f+Lateral/EMW+LOS_2$	$P_r \approx P_t \cdot LOS - \alpha_{mF} \cdot r + 10 \lg[\zeta(r)]$ <p>where α_{mF} – path attenuation factor (table 2.14), dB/m; $\zeta(r)$ – correction factor (table 2.14);</p> <p>Table 2.14.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Operational frequency f, MHz</th> <th>α_{mF}, dB/m</th> <th>$\zeta(r)$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>900</td> <td>0.185</td> <td rowspan="2">$10^{0.1}$</td> </tr> <tr> <td>1800</td> <td>0.36</td> </tr> </tbody> </table>	Operational frequency f, MHz	α_{mF} , dB/m	$\zeta(r)$	900	0.185	$10^{0.1}$	1800	0.36							
Operational frequency f, MHz	α_{mF} , dB/m	$\zeta(r)$															
900	0.185	$10^{0.1}$															
1800	0.36																
11	RWP in free space with the reflection from the forest [17] $NLOS+\Sigma R_i/EMW_i$	$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \lambda^2}{(4\pi)^2} \int_{V_F} \frac{F_t(\theta)^2 \cdot \sigma(\varphi)}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot V_0} dV, \text{ W}$ <p>where $F_t(\theta)$ – BTS antenna radiation pattern, $F_t(\theta) = 1$ for omnidirectional antennas; V_F – volume of the forest, m^3; V_0 – norming volume, $V_0 = 1 \text{ m}^3$; φ – angle between the direction of the main wave and its reflection from the forest, °; $\sigma(\varphi)$ – effective scattering area of a volume unit, m^2; r_1 – distance between BTS and forest, km; r_2 – distance between forest and MS, km;</p>															

2. RWP Models in CNMC

Mathematical models, which determine the power of harmonic electromagnetic wave (EMW) aired by BTS antenna and received by MS, are shown in the table 2.1 with the following set of parameters:

- P_t – BTS transmitter power, dBm;

- f – operational frequency, MHz;
- λ – operational wavelength, m;
- G_t, G_r – BTS, MS antenna gain;
- h_t, h_r – BTS, MS antenna height, m;
- r – distance between BTS transmitter and MS receiver, km;
- f_0 – norming frequency, $f_0 = 1$ MHz;

- λ_0 – norming wavelength, $\lambda_0 = 1$ m;
- h_0 – norming height, $h_0 = 1$ m;
- r_0 – norming distance between BTS and MS, $r_0 = 1$ km.

3. RWP Calculation Algorithm

RWP numerical calculation algorithm, based on the examined mathematical models, is shown in figure 3.1. The values of received signal strength for every model are found by using formulas from table 2.1 with appropriate standard BTS and MS parameters.

As it follows from the right part of the flowchart (fig. 3.1), maximum radius of BTS radio coverage area R_{max} depends on the values of MS receiver sensitivity $P_{r\ min}$ and received signal strength $P_r(r)$ for corresponding RWP model.

Example of the R_{max} numerical calculation using the proposed algorithm (fig. 3.1)

To estimate the influence of environment on the received signal strength (for downlink transmission), calculations of proposed algorithm were made using Mathcad engineering software. Comparison of the results, visible in figure 3.2, are true for the following parameters:

- BTS transmitter power: $P_t = 50$ W (47 dBm);
- Operational frequency: $f = 900$ MHz ($\lambda = 0.33$ m);
- BTS, MS antenna gain: $G_t = 10$, $G_r = 1$.

Environmental conditions, specific for every mathematical model (table 2.1), were also taken into account.

Received signal strength is heavily dependent on wave propagation conditions, and it changes drastically with an increase in distance between BTS and MS (as it is shown in graph 3.2). For example, when distance $r = 3$ km, signal strength $P_r = -44$ dBm for the LOS model, but in dense urban area conditions (Walfisch-Ikegami model) – $P_r = -95$ dBm. The stability of the radio communication link depends on the MS receiver sensitivity level ($P_{r\ min}$). If $P_{r\ min} = -93$ dBm and the real path loss is equal to the calculated one (using Walfisch-Ikegami model), then signal from BTS couldn't be received by MS at 3 km distance already.

Experimentally gathered RWP data for Philadelphia, New York and Tokyo are shown in graph 3.3 to compare the real signal attenuation slopes with the calculated results (fig. 3.2).

As it can be seen in figure 3.3, Lee model is most suitable for environmental conditions in Philadelphia, while COST 231-Hata model gives the best results for Tokyo.

Maximum cell coverage radiuses of calculated path loss models for two different MS receiver sensitivity

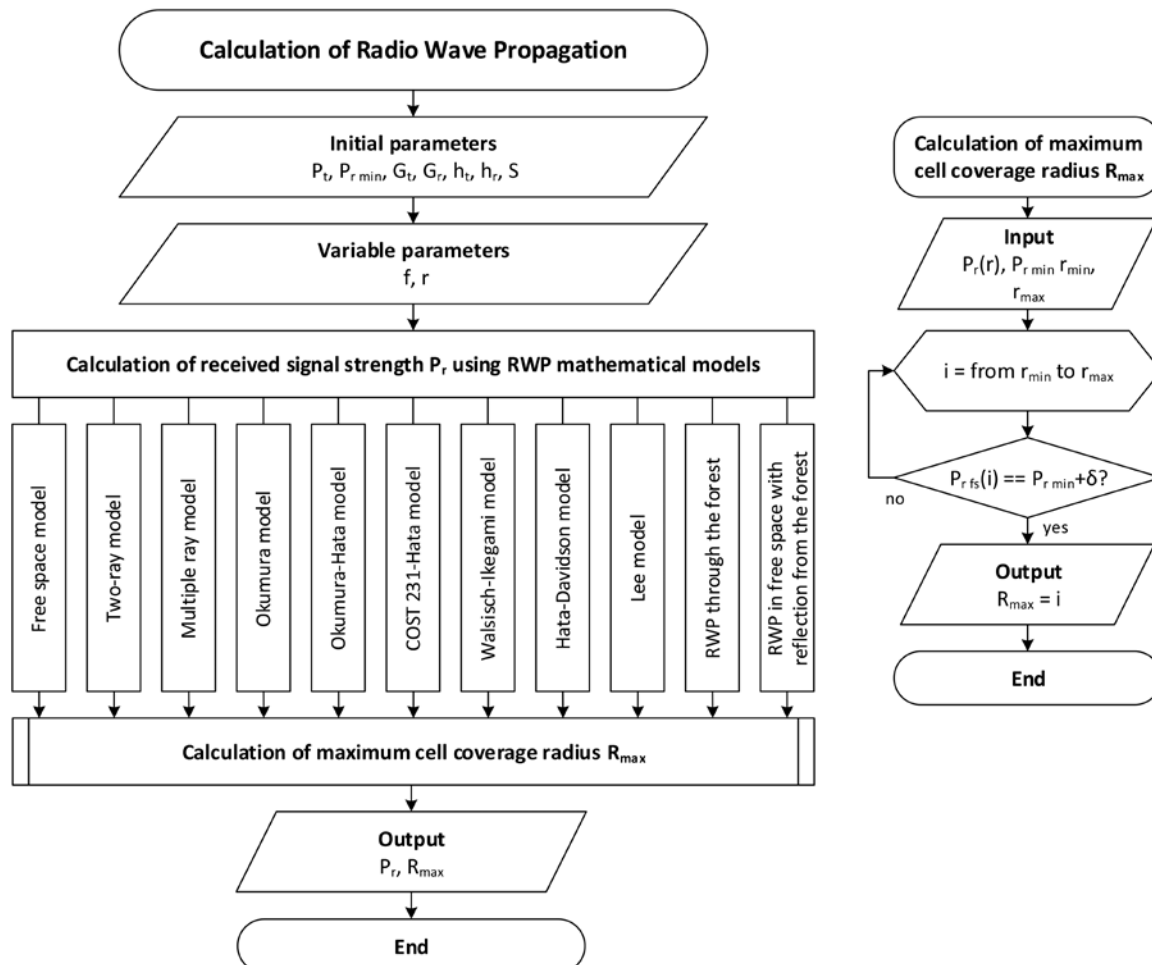


Figure 3.1. Algorithm for RWP Calculation Using Mathematical Models and Standard BTS and MS parameters

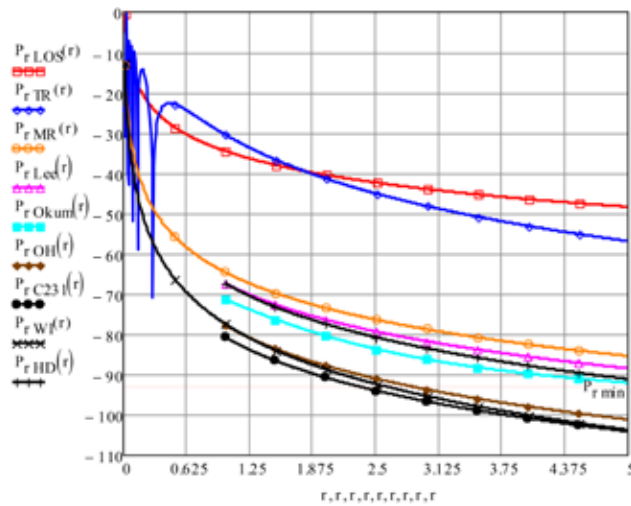


Figure 3.2. Comparison of the Received Signal Strength for 9 RWP models

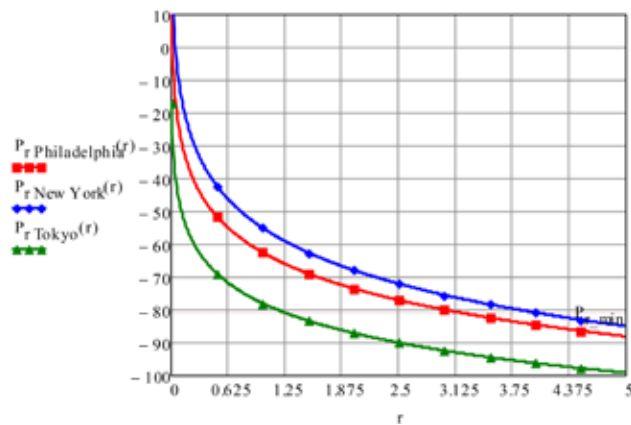


Figure 3.3. Received Signal Strength Relation to the Distance between BTS and MS (r , km) for Selected Urban Areas [11]

Table 3.1. Maximum Cell Coverage Radius R_{max} for Given MS Receiver Sensitivity P_{rmin}

RWP model	R_{max} , km $P_{rmin} = -81$ dBm	R_{max} , km $P_{rmin} = -100$ dBm
Free space model	210.253	1873.883
Two-ray model	19.911	59.452
Multiple ray model	3.536	15.202
Lee model	2.818	11.827
Okumura model	2.077	9.141
Okumura-Hata model	1.255	4.584
COST 231-Hata model	1.026	3.748
Walfsch-Ikegami model	1.253	3.962
Hata-Davidson model	2.526	8.837

settings ($P_{rmin} = [-81; -100]$ dBm) are visible in the table 3.1.

Conclusions

1. This work discusses relatively simple RWP models for CNMC, which, using provided algorithm along with appropriate software (such as Mathcad), allows determining maximum coverage area of BTS cells, based on environment characteristics.

2. Every mathematical model is presented as a function of the received signal strength $P_r(P_p, G_p, G_r, f, h_p, h_r, r)$. Unlike in most of the models recommended by ITU-R и CEPT, formulas in table 2.1 comply with the strict mathematical laws. Expressions with common logarithms are reduced to dimensionless forms by introduction of the norming parameters. For instance, received path loss formula for the COST 231-Hata model in the book [7] looks like this:

$$L_{COST\ 231} = 46.3 + 33.9 \cdot \lg(f) - 13.82 \cdot \lg(h_t) - a(h_r) + [44.9 - 6.55 \cdot \lg(h_t)] \cdot \lg(r) + C, \quad (4.1)$$

That path loss $L_{tr} = 10 \cdot \lg(P_t / P_r) > 0$ doesn't match the actual reduction in the signal level when distance between BTS and MS increases, and expression (4.1), in overall, is mathematically incorrect, because quantities with dimensions are used as an logarithm arguments. This work proposes the following formula (4.2):

$$P_{r\ COST\ 231} = P_t - 46.3 - 33.9 \cdot \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) + 13.82 \cdot \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right) + a(f, h_r) - [44.9 - 6.55 \cdot \lg\left(\frac{h_t}{h_0}\right)] \cdot \lg\left(\frac{r}{r_0}\right) - C$$

which corresponds to the path loss $L_{tr} = 10 \cdot \lg(P_t / P_r) < 0$ and shows the real attenuation of the radio signal.

3. Path loss in Philadelphia, as shown in the graph 4.1 where experimental (fig. 3.3) and calculated (fig. 3.2) data are compared, can be expressed using Lee model, whereas COST 231-Hata model is a match to the measured path attenuation in Tokyo. Visible errors are possible due to the choice of parameters (BTS and MS antenna height, antenna gain, urban parameters, etc.).

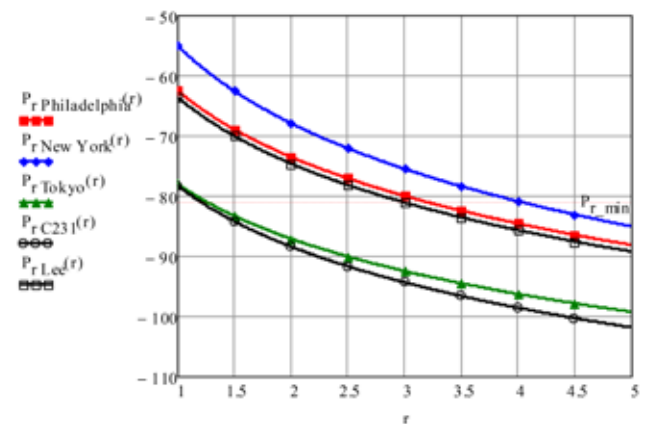


Figure 4.1. Comparison of the Experimental and Calculated Values of Received Signal Strength in Selected Cities

4. As a first approximation, calculations of the median received power $P_r(r)$ (for downlink regime) can be made using estimated engineering formula (4.3):

$$P_r = P_{rLOS} - 10 \cdot n \cdot \lg\left(\frac{r}{r_0}\right), \quad (4.3)$$

where r_0 – norming distance, $r_0 = 1$ km;
 n – attenuation exponent which depends on the environment (table 4.1).

Table 4.1.

Environment	Attenuation exponent n
Free space (LOS)	2
Suburban area (LOS/NLOS)	2.7–3.5
Urban area (NLOS)	3–5

For example, if the received power in LOS environment $P_{rLOS} = -60$ dBm at the distance $r = 1$ km from the BTS, and $P_r = -75$ dBm when the distance is $r = 3$ km, then the slope of experimentally acquired data for RWP in New York (fig. 3.3) can be roughly expressed using formula 4.3 with the coefficient $n = (-75 + 60) / (-10 \cdot 0.48) = 3.125$.

5. The developed algorithm (fig. 3.1), which was implemented using Mathcad software, allows not only calculating maximum coverage area of BTS cell towers, but also performing network clustering and designing the coverage map afterwards [1, 2, 13].

References

1. Popovs V., GSM standarta šūnu mobilo sakaru sistēmas: Projektēšanas problēmas. Rīga: RTU Izdevniecība, 2003, 362 lpp.
2. Попов В. И., Основы сотовой связи стандарта GSM. Москва: Эко-Трендз, 2005, 296 с.
3. Blaunstein N., Radio Propagation in Cellular Networks. London, United Kingdom: Artech House, 2000, 384 p.
4. COST Action 231, "Digital Mobile Radio Towards Future Generations Systems," European Commission, Technical Report EUR 18957, 1999, 474 p.
5. gvSIG Association, Portal gvSIG, 2006-2016 [cited=February 20, 2016]. Available at: <http://www.gvsig.com/>
6. Lee W. C. Y., Mobile Communications Design Fundamentals, 2nd ed. New York, USA: Wiley, 1993, 398 p.
7. Parsons J. D., The Mobile Radio Propagation Channel, 2nd ed. New York, USA: Wiley, 2000, 436 p.
8. Popovs V., Tehniskā elektrodinamika, 4. daļa: Radioviļņu izplatīšanas, Lekcijas. Rīga: RTU DzTI, 2003–2005, 74 lpp.
9. Popovs V., Skudnovs V., Vasiljevs A., "Antenna systems of base transceiver stations in cellular mobile networks. Modern state and perspective of development," in Proceedings of the 56. International Scientific conference of the Riga Technical University, 2015.
10. Попов В. И., Скуднов В. А., Васильев А. С., "Антенны базовых станций в сотовых сетях мобильной связи. Современное состояние и перспективы развития," Евразийский

- Союз Ученых (ЕСУ), №11 (20), часть 3, 2015, с. 138–150.
11. Singh Y., "Comparison of Okumura, Hata and COST-231 Models on the Basis of Path Loss and Signal Strength," International Journal of Computer Applications, vol.59 (no.11), Dec. 2012.
 12. Siwiak K., Bahreini Y., Radio wave Propagation and Antennas for Personal Communications, 3rd ed. London, United Kingdom: Artech House, 2007, 494 p.
 13. Весоловский К., Системы подвижной радиосвязи. Москва: Горячая линия–Телеком, 2006, 536 с.
 14. Шабунин С. Н., Лесная Л. Л., Распространение радиоволн в мобильной связи. Методические указания по курсу "Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства в системах мобильной связи". Екатеринбург: УГТУ, 2000, 38 с.
 15. Alim M. A., Rahman M. M., Hossain M. M., Al-Nahid A., "Analysis of Large-Scale Propagation Models for Mobile Communications in Urban Area," International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), vol.7 (no.1), 2010.
 16. Утц В. А., "Исследование потерь при распространении радиосигнала сотовой связи," Вестник Балтийского государственного университета им. И. Канта, №5, 2011, с. 44 – 49.
 17. Попов В. И., Распространение радиоволн в лесах. Москва: Горячая линия–Телеком, 2015, 392 с.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В СОТОВЫХ СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

В.И.Попов, В.А.Скуднов, А.С.Васильев

*Рижский технический университет,
г.Рига, Латвия*

Аннотация. Проблема обеспечения равномерного радиопокрытия зон обслуживания и связанной с этим высокой надежности систем мобильной радиосвязи в стандартах 3G и 4G требует большого внимания при проектировании сотовых сетей мобильной связи. Основной задачей на первом этапе проектирования является математическое моделирование распространения радиоволн в условиях влияния окружающей среды.

В работе представлена классификация математических моделей распространения радиоволн в системах сотовой мобильной связи, приводится алгоритм расчета мощности радиосигнала в точке приема в зависимости от расстояния между мобильной и базовой станциями, указаны факторы и условия среды, влияющие на распространение радиоволн.

Ключевые слова: сотовые сети, мобильная связь, распространение радиоволн, математические модели и алгоритмы.

UNIFICATION OF THE CANT AND MAXIMUM VALUES FOR CANT DEFICIENCY

O. Patlasov, E. Patlasov

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan
patlasov@ipo.diit.edu.ua

Abstract. The article provides the analysis of the TSI requirement to technical specification of interoperability related to cant in curve. Based on the identified discrepancies it proposes to adopt uniform criteria for the established of maximum cant and cant deficiency for gauge 1435, 1520, 1600 and 1668 mm.

Keywords: Interoperability Directives, Technical Specifications for Interoperability (TSI), cant, cant deficiency, acceleration, conventional and high-speed rail network.

Introduction

In order to enable citizens of the Union, economic operators and regional and local authorities to benefit to the full from the advantages deriving from establishing an area without internal frontiers, it is advisable, in particular, to improve the interlinking and interoperability of national high-speed train networks, as well as access thereto.

Whereas the commercial operation of high-speed trains requires excellent compatibility between the characteristics of the infrastructure and those of the rolling stock; whereas performance levels, safety, quality of service and cost depend upon such compatibility as does, in particular, the interoperability of the European high-speed rail system.

Considering the Member States are responsible for ensuring compliance with the safety, health and consumer protection rules applying to the railway networks in general during the design, construction, placing in service and operation of those railways; whereas, together with the local authorities, they also have responsibilities in respect of rights in land, regional planning and environmental protection; whereas that is also especially pertinent with regard to high-speed train networks.

Over the years, this situation has created very close links between the national railway industries and the national railways, to the detriment of the genuine opening-up of contracts; whereas, in order to enhance their competitiveness at world level those industries require an open, competitive European market;

It is therefore appropriate to define essential requirements for the whole of the Community which will apply to the trans-European high-speed train system;

So for this purpose were prepared different technical specifications for interoperability (TSIs).

Technical specifications for interoperability mean the specifications by which each subsystem or part of subsystem is covered in order to meet the essential requirements and to ensure the interoperability of the European Community's high speed and conventional rail systems. The development of TSIs is one of the basic tasks of the Agency. The Agency performs the revision of existing TSIs, keeps them up to date, and supports the sector in their application by issuing ap-

plication guides and by dissemination and training actions. When necessary, ERA may also draft new TSIs, based on a mandate from the Commission. Links to all TSIs including their accompanying documents and previous versions are to be found on the right hand side of this page. An overview of the chronology of all TSIs (including the repealed ones) with respective links is given in the chronology table. For drafting and revising TSIs, the Interoperability Unit works in close collaboration with experts from European Representative Bodies of the Railway sector (RBs), the Intergovernmental Organization for International Carriage by Rail (OTIF) and National Safety Authorities (NSAs).

For solution of the interoperability high-speed rail system in 1996 year have been adopted directive (Directive of the Council on the interoperability of the trans-European high-speed rail system) [1]. This directive has supposed creating the technical specification of the interoperability for various sub-system and including for the infrastructure of railway transport. In 2001 year, directive (Directive of the European Parliament and of the council on the interoperability of the trans-European conventional rail system) have been adopted by European Parliament. It was devoted to interoperability of the conventional railway communication, that have been supposed creating technical specification of the interoperability for various sub-system and including for infrastructure of conventional railway transport. On the basis of directive[1] in 2002 year the first TSIs for the infrastructure subsystem of the trans-European high-speed rail system (Commission Decision concerning the technical specification for interoperability relating to the infrastructure subsystem of the trans-European high-speed rail system) [4] have been adopted, but in 2008 year their new edition [5]. First and second edition almost have not touched on the railway with gauge of 1520mm.

For the development of the TSI infrastructure for the conventional railway lines took significantly more time. It was necessary to analyze the possibility of linking requirements to lines with track gauges 1435, 1520 and 1668 mm. For that have been created joint working group with representatives from European Railway Agency (ERA) and Organization For Co-Operation Between Railways (OSJD).

Despite of that in 2008 year new TSI of the interoperability have been adopted, that was incorporated high-speed and conventional railway system using results of analyze have been prepared by group of ERA-OSJD. Only in 2011 year TSI for the conventional infrastructure railway lines have been adopted.

Results of using already a generalized Directive have been showed, that it is needed in continuous improvement. For now, it contains six alterations. Last alteration has been adopted in 2014 year.

In 2014 year, technical specifications for interoperability relating to the ‘infrastructure’ subsystem of the rail system in the European Union [8] instead of two TSIs of the infrastructure high-speed and conventional speed of railway communication have been adopted.

Interoperability implies uniform criteria for Railways with different track gauges. And despite the fact that the development of TSI standard infrastructure [7] and generalized TSI [8] have been used the analysis conducted by the working group of ERA-OSJD [9], not all problems of interoperability for lines with different track gauges have been resolved. One such problem is the maximum elevation of the outside rail – cant (h_{max}).

According to such uniform criteria, should be set to h_{max} and cant deficiency h for railway with different track gauges.

1. The elevation of the outer rail

According to the technical specifications for interoperability relating to the ‘infrastructure’ subsystem of the rail system in the European Union [8]

“4.2.4.2. Cant

(1) The design cant for lines shall be limited as defined in Table 7.

Table 7. Design cant [mm]

	Freight and mixed traffic	Passenger traffic
Ballasted track	160	180
Non ballasted track	170	180

- (2) The design cant on tracks adjacent to station platforms where trains are intended to stop in normal service shall not exceed 110 mm.
- (3) New lines with mixed or freight traffic on curves with a radius less than 305 m and a cant transition steeper than 1 mm/m, the cant shall be restricted to the limit given by the following formula

$$D \leq (R - 50)/1,5$$

where: D is the cant in mm and R is the radius in m.

- (4) Instead of points (1) to (3), for the 1 520 mm track gauge system the design cant shall not exceed 150 mm.
- (5) Instead of point (1), for the 1 668 mm track gauge system, the design cant shall not exceed 180 mm.

- (6) Instead of point (2), for the 1 668 mm track gauge system, the design cant on tracks adjacent to station platforms where trains are intended to stop in normal service shall not exceed 125 mm.
- (7) Instead of point (3), for the 1 668 mm track gauge system, for new lines with mixed or freight traffic on curves with a radius less than 250 m, the cant shall be restricted to the limit given by the following formula:

$$D \leq 0,9 * (R - 50)$$

where D is the cant in mm and R is the radius in m.

- (8) Instead of point (1), for the 1 600 mm track gauge system the design cant shall not exceed 185 mm.”

As you know [10–17], when driving on curved sections of railway track occurs centrifugal force I (1).

$$I = ma = m \frac{V^2}{R} \tag{1}$$

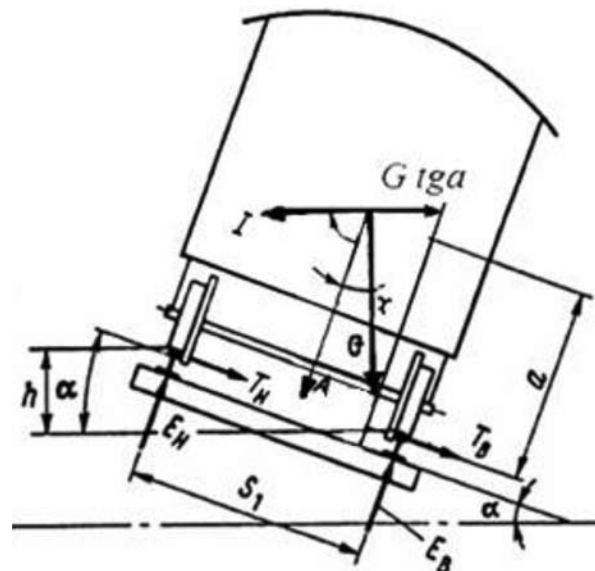


Figure 1. Schema for cant definition

Cant is made for reducing centrifugal force in curves section of railway[10–17].

When the cant the centrifugal force is reduced by the horizontal component of the weight of the crew is determined by the formula

$$T = mg \frac{h}{S_0} \tag{2}$$

where g – the acceleration of gravity; h – cant; S_0 – the distance between axes of rails (in the calculations usually take $S_0=1.6$ m for gauge 1520 mm and 1.5 m for gauge 1435 mm).

Thus the cant as “dampens” the value of the centrifugal force and the centripetal acceleration respectively. When there is insufficient cant for the rolling stock (and therefore passengers) will operate the so-called outstanding acceleration α

$$\alpha = \frac{V^2}{R} - g \frac{h}{S_0} \tag{3}$$

Maximum outstanding acceleration, which affects the passenger, should not depend on gauge. It follows that the cant

$$h = \frac{\left(\frac{V^2}{R} - \alpha \right) S_0}{g} \quad (4)$$

Therefore, at the same speed, the radius and the outstanding acceleration of the cant in direct proportion depends on the width of the gauge.

However, according to mentioned above extract from TSI, if such dependence is maintained for lines with track gauges 1435 mm and 1668, it is not saved for lines with a width of 1520 mm. And even at greater to width of gauge (1520 compared to 1435 mm) in TSI maximum cant for lines with a width of 1520 ($h_{\max} = 150$ mm) is smaller than for lines with track gauges 1435 mm ($h_{\max} = 170$ mm). Based in this, the maximum cant for lines should be increased.

2. Cant deficiency

To ensure equal vertical impact on both rails need to rise fully “extinguished” centripetal acceleration ($\alpha = 0$). However, for some trains, moving at maximum speed, set the cant does not fully compensate for the centrifugal acceleration. Therefore, you receive outstanding acceleration which is caused by cant deficiency for maximum speed. In TSI, the cant deficiency is regulated by clause 4.2.4.3

“4.2.4.3. Cant deficiency

(1) The maximum values for cant deficiency are set out in Table 8.

Table 8. Maximum cant deficiency [mm]

Design speed [km/h]	$v \leq 160$	$160 < v \leq 300$	$v > 300$
For operation of rolling stock conforming to the Locomotives and Passenger TSI	153		100
For operation of rolling stock conforming to the Freight Wagons TSI	130	–	–

(2) It is permissible for trains specifically designed to travel with higher cant deficiency (for example multiple units with axle loads lower than set out in table 2; vehicles with special equipment for the negotiation of curves) to run with higher cant deficiency values, subject to a demonstration that this can be achieved safely.

(3) Instead of point (1), for all types of rolling stock of the 1 520 mm track gauge system the cant deficiency shall not exceed 115 mm. This is valid for speeds up to 200 km/h.

(4) Instead of point (1), for the 1 668 mm track gauge system, the maximum values for cant deficiency are set out in Table 9.

Table 9. Maximum cant deficiency for the 1 668 mm track gauge system [mm]

Design speed [km/h]	$v \leq 160$	$160 < v \leq 300$	$v > 300$
For operation of rolling stock conforming to the Locomotives and Passenger TSI	175		115
For operation of rolling stock conforming to the Freight Wagons TSI	150	–	–

The cant deficiency and outstanding acceleration are directly proportional and their ratio depends on the width of the gauge (see formulas 3, 4). On the Railways of the EU countries decided to operate with the Cant deficiency, and on Railways with gauge of 1520 mm – outstanding acceleration.

If recalculate is regulated by the TSI values of the cant deficiency to 1435 and 1668 mm in the amount of outstanding acceleration, you’ll get exactly the same values (see tab. 1). However, for lines with a width of 1,520 mm taken only one value of the lack of elevation of 115 mm, which corresponds to outstanding acceleration. Given that the maximum permitted outstanding acceleration 0.7 m/s² is accepted in the middle of the last century, and experience high-speed movement on the Railways of the EU, for lines with 1520 mm gauge can be set to the same value outstanding acceleration, as for lines 1435 and 1668 mm – 0,65, 0,85 and 1,0 m/s², and the corresponding The cant deficiency – 106, 139 and 164 mm. for Example, on the Railways of Ukraine [16] in certain cases allowed Unliquidated acceleration 1.0 m/s².

Table 1. Cant deficiency [mm]

S	1435	1520	1668
α [m/s ²]	Δh [mm]		
0,3	46	49	53
0,40	61	65	70
0,50	77	82	88
0,65	92	98	106
0,70	100	106	115
0,80	107	115	123
0,85	123	131	141
0,90	130	139	150
0,95	138	147	158
1,00	153	164	175

On lines with gauge of 1520 mm is drawn rolling stock for the transport of goods, which has certain features. When exposed to such a rolling of the outstanding acceleration of $\pm 0,3$ m/s², loaded slide, and therefore difficult to turn the truck under the car. Therefore, on Railways with gauge of 1520 mm, it is necessary to note that for freight wagons $\alpha_{\text{min}} = 0,3$ m/s² and therefore Δh is equal 50 mm.

Thus paragraph (3) from p. 4.2.4.3 of the technical specifications for interoperability relating to the ‘infrastructure’ subsystem of the rail system in the European Union, should be stated in the following edition: «(3) Instead of point (1), for the 1 520 mm track gauge system, the maximum values for cant deficiency are set out in Table 8*.

Table 8*. Maximum cant deficiency for the 1 520 mm track gauge system [mm]

Design speed [km/h]	$v \leq 160$	$160 < v \leq 300$	$v > 300$
For operation of rolling stock conforming to the Locomotives and Passenger TSI	163		106
For operation of rolling stock conforming to the Freight Wagons TSI	50	–	–

...»

Conclusions

The result of requirement analyze for maximum cant and cant deficiency adopted in the TSI and the above calculation based on the application of uniform criteria. Maximum cant is recommended to increase for gauge 1520 mm and to set cant deficiency for gauge 1520 mm corresponding to the outstanding values of accelerations adopted to lines 1435 and 1668 mm.

According to maximum cant and cant deficiency in TSI analysis and calculations made in article with usage of TSI uniform criteria, the recommendations are to increase the maximum cant for gauge 1520 mm and to set cant deficiency for gauge 1520 mm corresponding to the outstanding values of accelerations adopted to lines 1435 and 1668 mm.

References

1. Directive 96/48/EC of 23 July 1996 of the Council on the interoperability of the trans-European high speed rail system / OJ L 235, 17.9.1996, p. 6
2. Directive 2001/16/EC of the European Parliament and of the council of 19 March 2001 on the interoperability of the trans-European conventional rail system / OJ L 110, 20.4.2001, p. 1
3. Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community / OJ L 191, 18.7.2008, p. 1.
4. Commission Directive 2014/106/EU of 5 December 2014 amending Annexes V and VI to Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council on the interoperability of the rail system within the Community / OJ L 355, 12.12.2014, p. 42
5. Commission Decision 2002/732/EC of 30 May 2002 concerning the technical specification for interoperability relating to the infrastructure subsystem of the trans-European high-speed rail system / OJ L 245, 12.9.2002, p. 143.
6. Commission Decision 2008/217/EC of 20 December 2007 concerning a TSI relating to the infrastructure sub-system of the trans-European high-speed rail system / OJ L 77, 19.3.2008, p. 1
7. Commission Decision 2011/275/EU of 26 April 2011 concerning a TSI relating to the infrastructure sub-system of the trans-European conventional rail system / OJ L 126, 14.5.2011, p. 53.
8. Commission Regulation (EU) No 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the 'infrastructure' subsystem of the rail system in the European Union / OJ L 356, 12.12.2014, p. 1
9. Analysis of the basic parameters for maintaining the technical and operational compatibility of the 1 520 mm and 1 435 mm gauge rail systems at the commonwealth of independent states (CIS)-European union (EU) border subsystem: infrastructure. Permanent way and track facilities [interactive]. European Railway Agency [viewed on March 4, 2016]. Access via Internet <www.era.europa.eu / Document-Register/Documents/Analysis%201520%20INF-Rev2010-03-08-Final-EN.pdf
10. Matthews H., *Bahnbau*. Stuttgart: Teubner, 1998. ISBN 3-519-30113-X
11. Шахуняц Г., *Железнодорожный путь. Ученик для ВУЗов ж. д. транспорта*. – 3-е изд., переработанное и дополненное. М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
12. Даніленко Е., *Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом : підручник для вищих навчальних закладів : в 2-х т.* – Київ: Інпрес, 2010. ISBN 978-966-96856-4-3.
13. Виноградов В., и др. *Расчеты и проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. трансп.* Москва: Маршрут, 2003, 486 с. ISBN 5-89035-112-5.
14. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути. ЦП-492/МПС РФ. Москва: Транспорт 2000, 223с. ISBN 5-277-02210-4.
15. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0269, [Текст] Затв. наказом Укрзалізниці від 01.03.2012 №072-Ц, Київ: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с. ISBN 978-966-8618-22-2.
16. Курган М., та ін. *Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії ЦП/0236*, Київ: – 2011. – 56 с.
17. Geležinkelio kelio priežiūros taisyklės : K/111 : patvirtinta SPAB «Lietuvos geležinkeliai» generalinio direktoriaus 2000 02 17 d. įsakymu Nr. 47 : [galioja nuo 2000 07 01] / Specialios paskirties akcinė bendrovė «Lietuvos geležinkeliai» ; [parengė Vilniaus Gedimino technikos universiteto Lietuvos mokslininkų sąjungos skyrius «Technika» (darbo vadovas K. Sakalauskas) ir Specialios paskirties akcinės bendrovės «Lietuvos geležinkeliai» (LG) Infrastruktūros valdybos Kelių skyrius (A. Povilanskas)]. – Vilnius, 2000. – 213 p., [2] sulankst. brėž. lap.: brėž.. – ISBN 9986-537-592.

UNIFICATION OF THE CANT AND MAXIMUM VALUES FOR CANT DEFICIENCY

О. Патласов, Е. Патласов

*Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени
академика В. Лазаряна*

В статье рассмотрены требования ТСИ относительно возвышения наружного рельса в кривой. Предложено принять единые критерии для установления максимального возвышения и недостатка возвышения для железнодорожных линий с шириной колеи 1435, 1520, 1600 и 1668 мм.

IMPROVING OPERATION AND MAINTENANCE OF LOCOMOTIVES OF UKRAINIAN RAILWAYS

B. E. Bodnar, A. B. Ochkasov, D. V. Bobyr

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryana St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine. Department "Locomotives", abochkasov@gmail.com

The results of research according to operation system improvement and locomotive technical equipment of Ukrainian railways are represented in the article. The scientific work is carried out by "Technical maintenance and diagnostics of locomotives" laboratory of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after acad. V.Lazaryan. The methods and hardware and software system of train handling rational modes selection are developed for exploitation system improvement. The theoretical basis of implementation necessity of technical diagnostics equipment in locomotive unit is outlined in the article. The method for determining the limits of diagnostic parameters change is suggested. The method can be used in the preliminary stage of locomotives maintenance development system, the locomotives are equipped with on-board diagnostics systems. The examples of diagnostic systems for locomotives node points and their work results are enumerated.

Keywords: locomotive, parameter charts, train handling mode, maintenance system, diagnostic devices, failure prediction

Introduction

The challenge of reducing maintenance costs is relevant to any transportation company operating the rolling stock. In the locomotive industry the major portion of maintenance costs accounts for the costs associated with the expenditures for energy supply, as well as maintenance and repair of locomotives.

Consumption of energy resources in the complex is determined by the entire railway system. To a large extent the overall consumption of energy for traction is affected by the work of railway traffic services and technical services (of locomotive facilities and electrification, carriage facilities, track). By providing the necessary technical condition of rolling stock, track and power supply devices, these services significantly affect the ratio of the total and useful expended energy. Thus, minimization of power consumption for a predetermined amount of traffic is achieved virtually by all main railway services directly involved in the transportation process.

Main material

Employees of the department «Locomotives» of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan conduct the research aimed at the development of rational train handling modes. The developed methods, models and algorithms allowed designing the hardware-software complex for calculation of rational modes for handling the freight train by DC electric locomotive and for readout of parameter charts. The complex provides an opportunity to accumulate and process the performed trips, to calculate quickly individual parameter charts, consumption-optimized for the train motion, taking into account the compliance with schedule, to perform traction-optimization calculations for specific operating conditions, to set the electricity consumption rate for the traction for different sections, train weights,

running time, permanent and temporary speed restrictions. The software was developed allowing to save additional 4–12% of energy for traction [1, 2].

The algorithm for solving the problem of selecting the rational train handling mode in the hardware-software complex is based on the methods of discrete dynamic programming and vector optimization by the criteria for minimum energy consumption $\sum_{i=1}^n A_i(t_i)$ and minimum running time $\sum_{i=1}^n t_i$ (1).

$$\left[\begin{array}{l} \sum_{i=1}^n A_i(t_i) \\ \sum_{i=1}^n t_i \end{array} \right] \rightarrow \min \quad (1)$$

The block diagram of hardware of the complex is shown in Figure 1. During the complex operation prior to the trip the recommended motion path is determined; it is displayed as shown in Figure 2.

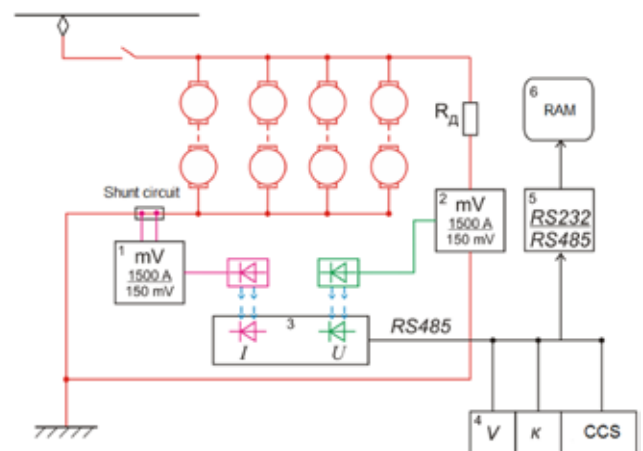


Figure 1. Block diagram of hardware of the complex. 1, 2 – LEM sensors for current and voltage of electric locomotive respectively; 3 – photodetector of current and voltage values; 4 – sensors for speed, control notches and continuous cab signalling (CCS) readings; 5 – interface converter; 6 – computing device

During the trip, along with the estimated path, the complex displays and saves in the database the record-

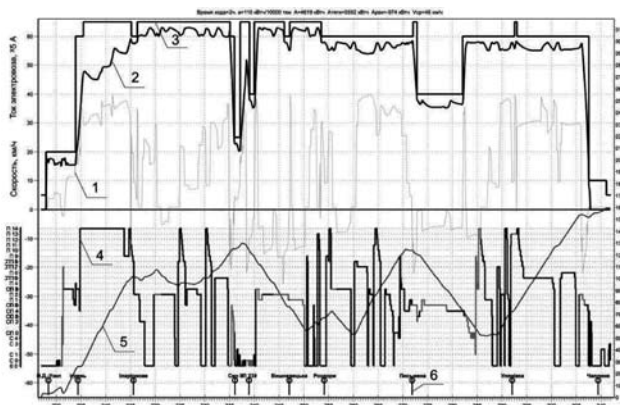


Figure 2. Recommended parameters of rational motion path. 1, 2 – electric locomotive current and recommended rational control speed respectively; 3 – speed limit; 4 – control notches; 5 – integrated track profile; 6 – axes of stations

Скорость, км/ч	Speed, km/h
Ток электроваза	Locomotive current

ed values of speed, electric locomotive and traction motor current, traction motor switching circuit and attenuation field, actual catenary voltage, as well as provides visual and voice prompts for electric locomotive handling mode.

Currently, work is underway to establish the similar system for calculating the rational modes of freight train handling by mainline locomotives. The performed calculations of parameter charts for freight trains yielded the expected fuel saving of about 5% compared with the test running results [3].

One of the methods to reduce the operating costs of transport companies is the improvement of locomotive fleet maintenance system. Employees of the department «Locomotives» and those of the research laboratory «Technical maintenance and diagnostics of locomotives» perform studies aimed at developing methods and means of determining the actual technical condition of locomotives and their units, as well as planning the repair period and scope [4–7].

Nowadays, the repair and maintenance of locomotives of Ukrainian railways are carried out according to a fixed schedule, and the need and the type of regular repair are usually determined by the locomotive mileage. This approach does not consider the actual state of the locomotive units and the real need in repair of this type, which leads to considerable additional costs. In addition, the lack of information as to the scope and the list of repair works for the specific locomotive makes it difficult to plan the repair at a depot and significantly increases its time.

One of the solutions to this problem is to improve the methods for diagnosing and predicting changes in the technical condition of locomotive units, development of methods for determining the frequency and scope of repairs on the basis of diagnostic data and «history» of the locomotive operation.

The new traction rolling stock is equipped with on-board diagnostics systems; the main objective of such

systems is to increase the reliability of locomotives and to allow transferring to the maintenance and repair of locomotives using the diagnostic results of their units.

Many failures are preceded with the gradual development of a defect, changes in physical properties, size and shape of parts. The identification of such defects without disassembling the unit before transition to a failure condition allows eliminating the defects in a timely manner with significantly less resource spent for this rather than for restoration of unit performance after its failure.

The theoretical basis for the transition to a rolling stock repair in view of its actual technical condition should become an integrated locomotive fleet management system. The existing locomotive on-board diagnostic tools enable continuous monitoring of performance of many units and assemblies of locomotives, but do not allow identifying the possible resource of trouble-free operation of each unit and assembly.

The task to predict the failure time of a technical object on the basis of the diagnosis is not new in the theory of technical diagnostics; these problems have been solved both for the railway and other modes of transport. The solution to this task is reduced to prediction of the timing of failure of the rolling stock parts.

There are various models to solve the task of predicting the failure time. The most accurate one can be considered the model that uses the current technical state data. To solve this task, you can use the following model [8]:

$$t_{fail} = t_0 + T_{res}, \quad (2)$$

where t_0 – operating time as of the date of prediction; T_{res} – predicted residual life of parts.

Calculation of T_{res} is carried out taking into account the stochastic nature of the changes in technical conditions. This approach assumes that the value T_{res} is determined taking into account the residual life distribution law Z of its parameters – the expectation M , coefficient of variation v , and the set probability of failure-free operation $P(t)$.

$$T_{res} = f[Z, M, v, P(t)]. \quad (3)$$

These parameters are determined by analysing the information obtained as a result of diagnosing the current state of the locomotive. In order to predict the instant of failure, the accumulated statistics for each implementation (that is, each processing of diagnostic information) is displayed as the following function:

$$T_{ocm} = f(Y_T), \quad (4)$$

where $-Y_T$ value of the current technical state as of the moment of prediction t_y .

Graphical interpretation of the unit residual life prediction based on the analysis of the diagnostic parameter is shown in Figure 3.

Prediction of the instant of failure requires repeated control diagnosis. The number of inspections depends

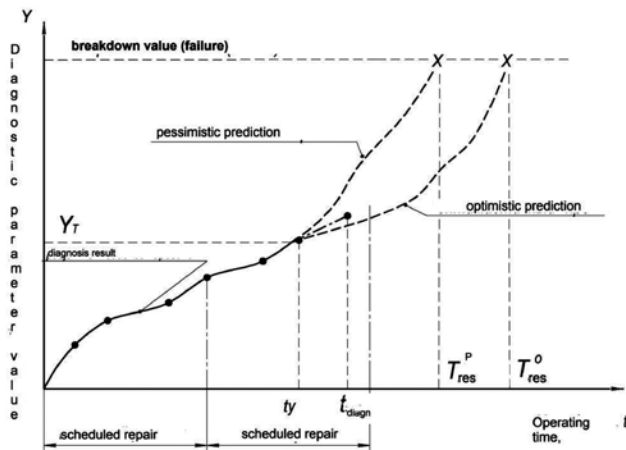


Figure 3. Unit residual life prediction based on the on-board diagnostic system data

on the technical condition of the locomotive and the diagnostic parameter change rate. In the case of on-board diagnostic system the instant of time t_y can be regarded as a period of time between the reading and processing of the on-board diagnostic system data. The result of the diagnostic data processing is the dependence of the actual changes in the diagnostic parameter on the operating time indicated by a solid line in the figure. The end result of the unit residual life determination, in any case, will be the conclusion concerning the need for repair and scope thereof.

The main task of predicting changes in the technical condition is to determine such parameters as the time of subsequent processing of diagnostic data t_{diagn} and failure (running) time. In any case, while predicting the residual life value there is a failure undetection probability due to incomplete compliance of the predicted changes in the unit technical state with the actual dynamics. From our point of view, one of the options to improve this approach may be to determine the residual life using the concepts of optimistic and pessimistic residual life. By optimistic prediction T_{res}^o we mean the residual life corresponding to the lowest rate of failure development, while by pessimistic prediction T_{res}^p , on the contrary, the highest rate of failure development. These two values will determine the acceptable limits of diagnostic parameter change. To determine the unit residual life using this approach it is necessary to analyse the dynamics of the diagnostic parameter for this unit on the other locomotives. Comparison of the rate of diagnostic parameter change in the control unit with the dynamics of diagnostic parameter change in similar units will enable to take into account the failure development features and to predict the failure occurrence more effectively.

The acceptable range of diagnostic parameter change in the simplest case can be determined using the known rule 3σ .

$$\begin{aligned} T_{res}^p &= T_{res}^{av} - 3\sigma, \\ T_{res}^o &= T_{res}^{av} + 3\sigma \end{aligned} \quad (5)$$

where T_{res}^{av} – average predicted value of the residual life, σ – standard deviation of the residual life.

The proposed method can be used at the preliminary design phase of the maintenance system for locomotives equipped with on-board diagnostic systems.

The method is based on systematization and processing of diagnostic results. The disadvantage of this approach is the need to determine the distribution law of the residual life random variable and the residual life characteristics as a random variable. In cases where the random variable distribution law does not correspond to the most common distribution laws, the calculation of residual life will be difficult. In addition, the software for the calculation must have a multivariate calculation algorithm depending on the random variable distribution law.

The method which is devoid of this disadvantage is the use of artificial neural networks. Artificial neural network is a set of mathematical and algorithmic methods for solving a wide range of tasks. Characteristic features of artificial neural networks, which is a universal data processing tool, are: a flexible model for non-linear approximation of multivariate functions; time predicting possibility for the processes depending on many variables; classification by various parameters, allows partition of the input space into the areas. The neural network has the ability to learn by establishing correspondence between the control parameter change dynamics and the fact of failure onset.

The practical realization of the proposed method is carried out during the analysis of the diagnostic data of electric locomotives DE-1 and VL11^{M/6}. The methods for diagnostic data analysis, as well as the software tools for the calculation of reliability indicators and diagnostic data systematization were developed [4,5,9].

It is obvious that solution of the set tasks requires appropriate means of technical diagnostics, as well as methods and tools for the diagnostic data analysis. The laboratory «Technical maintenance and diagnostics of locomotives» developed a number of stationary automated stands for diagnosing locomotive units and assemblies.

There is developed variant of microprocessor system for diesel locomotive hydraulic transmission testing, which has no analogues in Ukraine [10]. Test data collection was automated in order to fix rapid processes for determination of the technical condition of a hydraulic transmission. The developed information-measuring system allows improving the hydraulic transmission testing process due to automation and improvement of the accuracy of control parameters measurement. The measurement results are the initial data for further researches to in order to determine the technical condition of the hydraulic transmission UGP750-1200 during the factory post-repair testing. The program interface is shown in Figure 4.

To test the diesel locomotives the laboratory developed an automated test stand for 1D12 type diesel. The

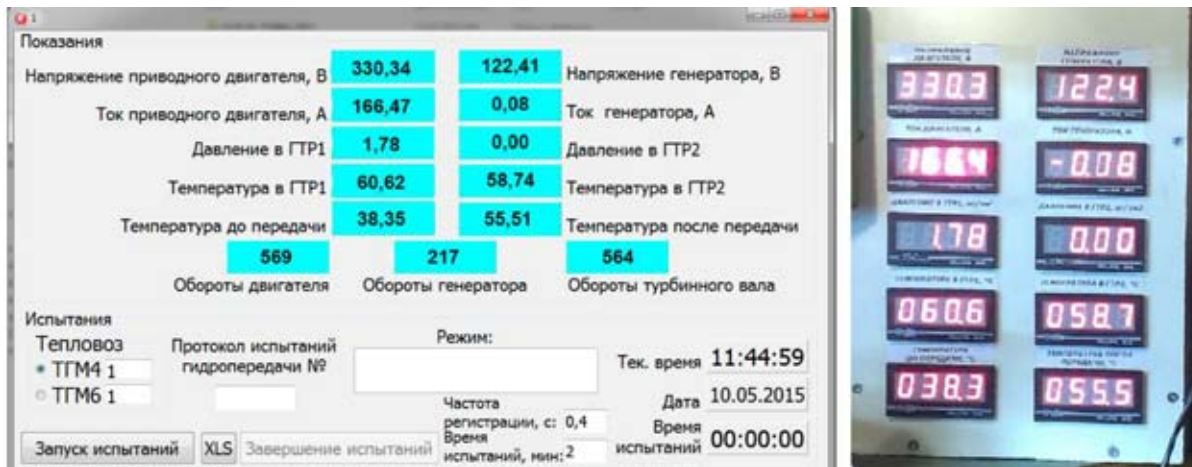


Figure 4 – Interface of hardware-software complex for diesel locomotive hydraulic transmission testing

Показания	Reading
Напряжение приводного двигателя, В	Voltage of drive motor, V
Ток приводного двигателя, А	Current of drive motor, A
Давление в ГТР1	Pressure in GTR1
Температура в ГТР1	Temperature in GTR1
Температура до передачи	Temperature before transmission
Напряжение генератора, В	Voltage of generator, V
Ток генератора, А	Current of generator, A
Давление в ГТР2	Pressure in GTR2
Температура в ГТР2	Temperature in GTR2
Температура после передачи	Temperature after transmission
Обороты двигателя	Engine rpm speed
Обороты генератора	Generator rpm speed
Обороты турбинного вала	Turbine shaft rpm speed
Испытания	Tests
Тепловоз	Locomotive
ТГМ4	TGM4
ТГМ6	TGM6
Протокол испытаний гидропередачи №	Hydraulic transmission test report №
Режим	Mode
Частота регистрации, с	Frequency of registration, sec
Время испытаний, мин	Testing time, min
Тек. время	Current time
Дата	Date
Время испытаний	Testing time
Запуск испытаний	Test start
Завершение испытаний	Test completion

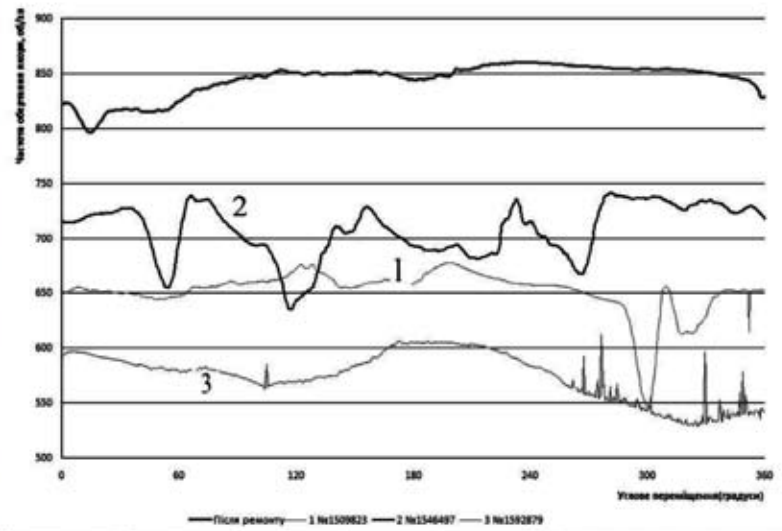


Figure 5. Execution of tests traction electric motor and results

Частота обертання якоря, об/хв	Anchor rotation speed (rpm)	Після ремонту	After repair
Углове переміщення (градуси)	Angular movement (degrees)		

stand controls more than 20 analogue parameters of a diesel generator unit. The water rheostat is used as a loading device. For the diagnosis of operating diesel locomotives we use the portable device for determination of irregularity in diesel crankshaft rotation [11] and the portable system for monitoring the working process of internal combustion engines – DEPAS 4.0 [12].

For bench diagnosis of traction electric motors we designed the non-destructive isolation diagnostic system [13] and the device for traction electric motor diagnostics by irregularity in armature shaft rotation [14]. To diagnose by irregularity in armature shaft rotation it is proposed to use a high-precision rotary encoder. Diagnosis is carried out when the motor is idling. This diagnosis system is available and does not require significant investments in its implementation. The possibility of using the proposed method of traction motor diagnosing is confirmed by experimental studies aimed to determine the irregularity in armature shaft rotation and connection of the latter with faults of TEM (traction electric motor) units. The experimental results are shown in Figures 5 and the overall view of the equipment is shown in Figure 5. The diagrams 1-3 (see Figure 5) correspond to the motors with faults, the upper diagram corresponds to the motor after the repair.

Conclusions

The analysis of the available devices for locomotive unit diagnosing leads to the conclusion that their current implementation allows:

- improving the traffic safety (preventing form accidents while driving, controlling the actions of the locomotive crew);
- reducing the time for troubleshooting in electrical circuits (controlling the response of electrical apparatus);
- identifying (and more often – confirming) the fact of failure onset in controlled units.

In fact, the diagnosis systems have monitoring function over the changes in the technical state of locomotives units.

From the perspective of technical diagnosis the main tasks of any diagnostic system are:

- performance measurement of diagnosed object (fault-free/faulty);
- operation control (control in order to avoid any failure that can violate the performance);
- troubleshooting (fault identification and ways to fix it);
- predicting changes in the technical state of the diagnosed object in the future;
- definition of the previous state of the diagnosed object.

The existing diagnosing methods to some extent perform the first three tasks, but their solution does not clearly determine the repair scope and scheduling, which is necessary for transition to the repair of rol-

ling stock in view of its actual technical state. Further improvement of the locomotive maintenance system is based on the multiple diagnoses of locomotives and their units, accumulation of diagnostic knowledge data base and its analysis according to the developed techniques. The solution of these tasks will allow carrying out the transition to the locomotive maintenance system based on the actual technical state of locomotives.

References

1. Bobyr Dmitry Valeriyevich *Usovershenstvovanie rezhimov vedeniya gruzovogo poyezda s elektricheskoy tyagoy* [Improved modes of freight train handling with electric traction] [Text]: PhD Tech. Sc. dissertation: 05.22.07; Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V.Lazaryan. – D., 2007. – 190 p. – Bibliogr.: pp. 146-156
2. Bodnar B. E., Bobyr D.V., Lyashuk V.M., Ivanov A.P. *Programny kompleks po raschetu energooptimalnykh rezhimov vedeniya poezdov // Problemy i perspektivy razvitiya zhelezнодорожного транспорта* [Software for analyzing energy-optimized train handling modes // Problems and prospects of railway transport development]: Proceedings of the LXVI International research and practice conference – Dnepropetrovsk: DNURT, 2006. – P. 48.
3. Bondar B.E. et al. *Ispolzovanie informatsiyi bortovykh sistem diagnostirovaniya pri opredeleniyi tehnikeskogo sostoyaniya uzlov lokomotiva* [Using the information board diagnostic systems in determining the technical condition of the locomotive units] *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport* (2008).
4. Bodnar B.E., Ochkasov A.B., *Povysheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti podvizhnogo sostava: razvitiye sistem diagnostirovaniya* [Increase of rolling stock operational reliability: the development of diagnostic systems] // *Locomotive inform* №1-2, p.56-58, Kharkiv, 2011
5. Bodnar B.E., Ochkasov A.B., Liubka V.S. *Usovershenstvovaniye sistemy tehnikeskogo sodержaniya lokomotivov* [Improvement of the technical content of locomotive system] // *Locomotives. XXI Century. Proceedings of the II International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the start of the domestic locomotive construction, 140th anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor Gakkel J.M., 205th anniversary of the Institute of Railway Engineers Corpus*. St. Petersburg, 2014. p.130-134
6. Bodnar B.E., Ochkasov A.B., Shvets O.M. *Primeneniye neyronnykh setey dlya opredeleniya tehnikeskogo sostoyaniya lokomotivov* [Application of neural networks to determine the technical state of locomotives] // *Locomotive Inform* №9-10, p.4-6, Kharkiv, 2009
7. Bodnar, B. Y., Ochkasov, O. B., Detsyura, O. Y., Chernyayev, D. V. (2012). Methods of nonseparable diagnostics of diesel engines in operation of rolling stock. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, (41), 56-60.
8. Bodnar B. E., Ochkasov A.B., Chernyaev D.V. Shevchenko Y.I. *Diagnostirovaniye tyagovykh elektrodvigatelay po neravno-*

- mernosti vrashcheniya yakorya [Diagnosis of traction electric motor at irregularity in speed of anchor rotation] // *Science and Progress transport. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 2013. №3 (45).
9. Chentsov M.O., *Zagalniy vyd modeli prognozuvannya terminu vidmovi detaley mashyn na stadiyi ekspluatatsiyi* [General view of the model for prediction of machine parts failure during operation] / Chentsov M.O., Ruchko V.M. // *Int. Coll. of scientific papers: Progressive Manufacturing Engineering*.-1998.- № 5.- pp. 121-124.
 10. Depas Laboratory. Access via Internet. < <http://depas.od.ua/>
 11. Kapitsa M.I. et al. *Viznachennya energozaoschadzhuuyuchih rezhimiv rozgonu poyizdiv*. [Determination of the energy saving modes of train acceleration] – 2015.
 12. Kapitsa M.I. *Postroenie integralnoy funktsii raspredeleniya otkazov po funktsii soprotivlyaemosti izolyatsii obmotok vzbuzhdeniya* [Building integrated distribution function of failures by field class insulation resistance function TEM] / Kapitsa M.I // *Visnik of Shidnoukr. Nat. University n.a. V. Dal.* – Luhansk, 2003. – № 9 (67). – P. 34-38.
 13. Ochkasov O.B. *Udoskonalennya bortovoi systemy diagnostuvannya elektrovoza 05.22.07.* – *Rukhomiy sklad zaliznyts' ta tyaga poyizdiv* [Improving electric locomotive on-board diagnostic system 05.22. 07-rolling stock and train traction]. 2005
 14. Zhukovytsky I. V., Kliushnyk I. A., Ochkasov O. B., Korenyuk R. O. Information-measuring Test System of Diesel Locomotive Hydraulic Transmissions // *Science and Transport Progress*. – 2015. – № 5 (59). – С. 53–65.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ УКРАИНСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Б. Е. Боднар, А. Б. Очкасов, Д. В. Бобыр

*Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени
академика В. Лазаряна*

Аннотация. В статье представлены результаты работ по совершенствованию системы эксплуатации и технического содержания локомотивов украинских железных дорог. Научные работы выполнены лабораторией «Техническое содержание и диагностирование локомотивов» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени ак. В.Лазаряна. Для совершенствования системы эксплуатации локомотивов разработаны методы и программно-аппаратный комплекс для выбора рациональных режимов вождения поездов. Комплекс позволяет накапливать и обрабатывать выполненные поездки, оперативно рассчитывать индивидуальные режимные карты, оптимизированные по минимуму расходов на перемещение поезда, с учетом выполнения графика движения, выполнять тягово-оптимизационные расчеты для конкретных условий эксплуатации, нормировать расходы электроэнергии на тягу для разных участков, масс поездов, времени хода, постоянных и временных ограничений скорости. Разработано программное обеспечение, которое позволяет дополнительно экономить 4–12% электроэнергии на тягу. В статье изложено теоретическое обоснование необходимости внедрения технических средств диагностирования в локомотивном хозяйстве. Предложен метод определения допустимых пределов изменения диагностического параметра который может быть использован на предварительном этапе разработки системы содержания локомотивов оборудованных бортовыми системами диагностирования. Приведены примеры диагностических комплексов для узлов локомотивов и результаты их работы. Представлены информационно-измерительная система для испытаний гидравлических передач УПП 750/1200, автоматизированный испытательный стенд дизелей типа 1Д12 и устройство диагностирования тяговых электродвигателей по неравномерности вращения вала якоря.



ECONOMIC AND SOCIAL IMPACT OF HIGHER EDUCATION ON SOCIETY¹

Tetyana Nestorenko¹, Olesya Shcherba²

¹ Berdyansk State Pedagogical University, Shmidta 4, Berdyansk 71100 Ukraine
Tetyana.Nestorenko@gmail.com

² Ukrainian academy of printing technologies, Pidgolosko 19, Lviv 79020 Ukraine
shcherba@gmail.com

Annotation. The article is devoted to the economic and social impacts of higher education on the society. We consider the role of higher education in the economic development. Special attention is paid to the evidence of significant economic impact of a university on its community. Grounded tasks and measures for their implementation aimed at creating innovative content system of higher education. Systemic effects on the formation of an innovative system of higher education in Ukraine were determined. The necessity of development strategy for higher education in the knowledge economy associated with rapid changes in the environment and the requirements of Ukrainian society. Reasonable suggestion arising from analysis of the strategic plans in Ukraine and in the education system, the need for the formation of a unified strategy that includes measurable indicators that are detailed only in specific projects – targeted programs.

Keywords: higher education, economic impact, social impact, economic development, systemic effects, effectiveness, strategy.

Introduction

Higher education is highly valued all over the world for his contributions to economic and social development. The existence of universities in the city (region) provides two types of effects. On the one hand this is the short-term impacts of the university through the monitoring of expenses related to the existence of the university (expenditure of the institution, staff, students, visitors, etc.). On the other hand the existence of university provides also long-term effects, which include revenues associated with the growth of human capital (wage growth), the development and growth of companies, economic development of city (region, country) and so on.

The modernization of higher education in Ukraine requires overcoming several problems. The most relevant are the discrepancy structure of specialist training needs of the real economy, lowering the quality of education, corruption in higher education, isolation from research, the slow pace of integration into European and world intellectual space. Experts also said about a significant expansion of higher education that took place in Ukraine since the mid-1990s, referring to how the increase of the number of higher education institutions and the rapid increase in the total number of students and graduates. With the rapid growth of higher education directly and indirectly associated problems such as destruction of the system of vocational education, skilled workers shortage professions, the inability for many graduates find jobs in their field, inflation educational and professional standards, excessive load on teachers and inadequate funding of universities, increase the level of corruption in higher education and others.

Higher education and economic development

In an increasingly globalised and knowledge-based economy, any country needs a well-skilled workforce to compete in terms of productivity, quality, and innovation. And higher (tertiary) education is the most important factor of maintenance the conditions for both economic and social development of society.

In the Europe 2020 strategy it is considered that higher education contributes to social and economic development through the implementation of four key tasks:

The formation of human capital (primarily through training);

Building knowledge bases (primarily based on research and development of knowledge);

Dissemination and use of knowledge (primarily due to the interaction with the user's knowledge);

Knowledge support (primarily through knowledge between generations of storage and transfer) [8].

Various studies indicate a significant relationship between higher education and economic development (in particular, economic growth). In his paper Panagiotis Pegkas examines the link between educational levels and economic growth and estimates the potential impact of the different educational levels on economic growth in Greece over the period 1960-2009 [9]. The results of empirical analysis reveal that there is a short-run causality running from higher education to economic growth and that in the long run the elasticity of Greece GDP to higher education is 0.52.

As part of the *Europe 2020* strategy, EU leaders have agreed a target that 40% of those aged 30-34 should have a higher education or equivalent qualification by 2020 [2]. In order to achieve this EU-level "headline"

¹ The paper was supported by the grant #51501858 of Visegrad Fund in the framework of Visegrad Scholarship Program – EaP.

target, EU countries have set their own national attainment targets to be reached by 2020.

A considerable part of the research shows that the level of education of the population significantly affects economic development. The contribution of higher education to economic development can be measured by means of the production function, or even a simple regression equation. Studies that have been used as the higher education variables, the proportion covered by education (gross enrolment ratio) and the level of educational attainment (higher educational attainment), have shown that these two variables have a positive effect on the level of economic development (GDP per capita) [10].

In United Kingdom higher education sector is one of the largest service sectors of its economy. In 2011-12 UK universities generate £73 billion in output – up (24%) from £59 billion in 2009 [15]. This part of country's output was generated through both direct and multiplier effects. Thus, higher education contributed 2.8% of UK GDP in 2011 (up from 2.3% in 2007-2008) and generated 757,268 full-time-equivalent (FTE) jobs throughout the economy [15]. More than half of revenues received by UK universities were from private sources.

Growth accounting analysis indicated that graduate skills accumulation contributed to roughly 20% of GDP growth in the UK from 1982-2005 [3]. This approach limits the estimated impact to the productivity enhancement directly accrued to graduates and misses any externalities to HE which may raise the productivity of the rest of the economy. Authors indicated that a 1% increase in the share of the workforce with a university degree raises the level of long run productivity by 0.2-0.5%. The long-run adjustment is gradual, with about 5-15% of the correction absorbed per annum. With the UK share of the workforce with a university education having increased by 57% between 1994 and 2005, estimates suggest this will have raised UK long-run productivity by 11-28%. This means that at least one-third of the 34% increase in labour productivity between 1994 and 2005 can be attributed to the accumulation of graduate skills in the labour force.

Eun Kyung Lee argues, that Japanese and South Korean higher education showed a positive effect on their economic growth, and a bidirectional relationship of higher education development and economic growth was examined in both countries' industrialization periods [5]. The public sector in Japanese higher education contributed to their economic growth. Among four major groups, the Japanese science major group had a positive effect on the increase of their GDP value added by industry and service et al., but the South Korean science major group showed the least effect on their economic growth among four major groups. In South Korea, the social science major group contributed to the economic growth through affecting on the increase of their industrial and service GDP.

In Ukraine in 2014 total expenditure on higher education amounted to 2.9% of GDP and 1,8% of public expenditure. Ukrainian university's funds consist mainly from the expenditure of the expenditure from state budget (69%) and students fee (31%) [20]. In the UK, the share of the expenditure from state budget is 49%, the share of funds from private sources is 31% and from international sources is 20% [20]. In UK universities revenues from the state budget and tuition fees are only 65% of total university funding. The rest part is formed from grants for research (16%), other revenues from different services (18%) and contributions to endowment fund (1%) [20].

The education level of workers affects on level of their earnings (table 1). For all OECD countries higher level of education means higher level of earning of workers.

Although in EU countries the level of worker's education matters less (on the average) than it matters in OECD countries (on the average too), average extra-salary of worker with university diploma is more than 50% of the salary of worker without such diploma. The developing countries are characterized by the most significant effect of higher education for workers and, as a result, for economy of these countries. Chile is the brightest illustration of this fact. A worker with education on the level of below upper secondary education earns four times less, than a worker with a university diploma (table 1).

As data of United States labour market show, in 2011 the median weekly earnings for bachelor's degree holders were 65 percent higher than earnings of high school graduates (\$1,053 compared to \$638) [14]. In aggregate, the additional earnings from two or four years of college (relative to only high school) were \$2.4 trillion, or 16 percent of the \$15 trillion in total GDP of US.

Even during the crisis, labour income growth among tertiary graduates generated a positive impact on GDP of more than half a percentage point per year (between 2008 and 2010). Figure 1 illustrates while GDP shrank by almost 4% across OECD countries in 2009, labour income growth among tertiary graduates still made a positive contribution to GDP of 0.4% [7].

About half of the economic growth is related to labour income growth at the tertiary level of education. In France, Norway, Switzerland and the United Kingdom, 60% or more of growth in gross domestic product (GDP) is generated by those who have attained a tertiary education. In Denmark and Ireland, the labour income growth of those with tertiary education exceeds GDP growth, largely as a consequence of a strong shift towards higher skills and the impact of the global economic crisis on overall economic activity in these countries [7].

So, as the workers with higher education receive higher incomes, then their activity they are doing a greater contribution to GDP, thereby contributing to economic development. It means that well-educated workforce is vital to nation's future economic development.

Table 1. Relative earnings of workers, by educational attainment (2013). Adults with income from employment; upper secondary education = 100

Country	Below upper	Bachelor's or equivalent	Master's, doctoral or equivalent	All tertiary education
Australia	83	137	161	134
Austria	71	171	Data include in column 2	152
Belgium	87	n/a	n/a	141
Canada	84	153	189	143
Chile	66	290	564	260
Czech Republic	74	143	185	175
Denmark	82	111	166	129
Estonia	91	n/a	n/a	135
Finland	93	127	187	148
France	82	136	207	153
Germany	n/a	n/a	n/a	n/a
Greece	79	198	n/a	149
Hungary	75	174	250	201
Iceland	n/a	n/a	n/a	n/a
Ireland	83	204	n/a	184
Israel	84	154	225	163
Italy	78	n/a	n/a	143
Japan	78	n/a	n/a	152
Korea	71	150	200	145
Luxembourg	64	n/a	n/a	158
Mexico	54	n/a	n/a	199
Netherlands	83	n/a	n/a	156
New Zealand	92	135	186	139
Norway	77	116	166	128
Poland	84	n/a	n/a	171
Portugal	71	169	n/a	168
Slovak Republic	68	125	176	171
Slovenia	79	n/a	n/a	175
Spain	75	n/a	n/a	151
Sweden	78	115	151	125
Switzerland	78	n/a	n/a	156
Turkey	65	n/a	n/a	188
United Kingdom	74	154	174	151
United States	70	165	243	176
OECD average	77	157	214	160
EU21 average	79	152	187	157

Source: OECD (2015), *Education at a Glance 2015: OECD Indicators*. n/a – data are not available

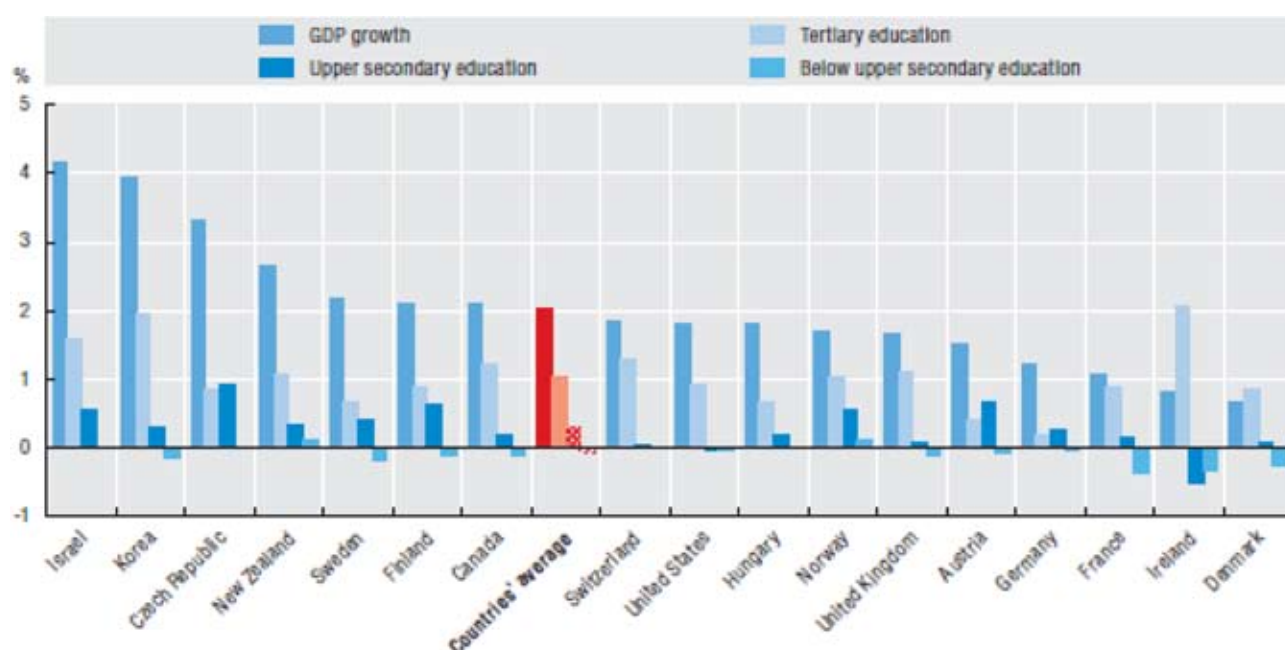


Figure 1. Average GDP growth of OCED countries over one year and labour income growth by education levels between 2000 and 2010. Source: OECD (2012), "How does education affect the economy?", in *Education at a Glance 2012*.

Evidences of significant economic impact of a university on its community – some examples

Nowadays universities are considered as one of the main centres of knowledge-based economy. University has a direct impact on the place of its location on all levels – country, region, and city. It attracts students and it provides jobs for scientists, researchers, lecturers, for administrative staff. It also purchases goods and services from local producers. Thus, the university contributes to the economic growth of the city (region, country), in general, and to the development of local businesses, in particular.

Assessment of the economic impact of the university on society generally held on the following criteria:

Income and expenses universities with analysis of the ratio of funding from public and private sources, structures of revenue and expenditure of universities, universities' share in GDP;

University as an employer with the assessment of the number of employees at the university and working places of employment of University graduates;

University as a driver of innovation, including the innovative research and implementation of results, creating an innovative ecosystem of platforms for interaction between investors and researchers;

University as a factor of development of the region and the cities with the analysis of the impact on employment, the development of local small and medium-sized businesses in the region to attract students and visitors events organized by university assistance development of local communities.

A local university can be an important source of local expenditures and local employment, both directly through local hiring and spending, and indirectly from the multiplier effects of the spending and re-spending.

There are a lot of studies indicated the significant economic impact of university on local community and local economy. Below we considered some of evidences of economic impact of university on its community in different countries.

For example, Walter Sudmant (2009) estimates total economic impact of University of British Columbia (Canada) as \$10,055 billion (roughly 5% of B.C. economy) in 2007-08 [13]. Since total government funding for UBC is roughly \$1 billion, this gives a government spending multiplier of 10 for UBC. The direct spending by UBC was estimated as \$1,879 billion, student spending – \$306 million, visitor spending – \$270 million, increased income resulting from education (alumni in B.C.) net of costs – \$2,6 billion, the impact of UBC research on BC economy (new knowledge and knowledge transfer) – \$5,0 billion.

As Arzu Sen (2011) notes that Izmir University of Economics (Turkey) is a major business that contributes substantially to direct and induced income generation in the Izmir metropolitan economy. University direct expenditure in the metropolitan area is estimated as TRY 13 mil-

lion out of annual gross purchasing expenditure of TRY 14.5 million [12]. In addition to generating direct income injection to the economy, the University provides direct employment creation through its full-time academic staff, part-time academic staff, and administrative staff. In the spring semester of the 2003-2004 academic year, the University employed 142 full-time academic staff, 177 part-time academic staff, and 53 administrative staff. In the fall semester of the 2004-2005 academic year, the University employed 198 full-time academic, 180 part-time academic, and 66 administrative staff.

Ursula Kelly et al (2011) shows, that the University of Kent (United Kingdom) directly employs over 2551 people in occupations spanning the whole spectrum of skills and qualifications [4]. In 2010/11 University activities generated nearly £572 million of output and 6785 jobs for the regional economy; it can be noted that this impact excludes the effects of university capital expenditure. The £20 million spent by the University in 2010/11 on new buildings and other capital projects will have had a further positive impact on the region with job creation, particularly in the construction sector.

The annual impact University of Washington (United States) on the state economy is \$12.5 billion [1]. UW generates \$565.7 million in tax revenue to state and local governments, including sales, property, and business tax payments. Through donations and volunteerism combined, UW employees and students contributed more than \$149 million to local charitable organizations in 2013-2014. In 2013-2014, UW Medicine provided more than \$276 million in charitable care to residents in the state of Washington.

In countries of East Europe universities play in local community's economic and social life a significant role. For example, Bratislava city's economy is larger by 37,949 thousand euros due to the existence of the University of Economics in Bratislava (Slovak Republic) [11]. The local households have higher incomes of 16,355 thousand euros. The highest share of the total impact of universities, expenditures for salaries of employees of the University, the second largest part of the impact is the result of expenses associated students. Overall costs are the lowest impact on the University of goods and services. Thanks to the university's increase spending 1 million EUR Bratislava will bring production growth of 1.96 million EUR and growth in disposable income of local households will be in the amount of 0.85 million EUR [11].

These cases, as many others, demonstrate essential economic impact of university on local and regional community. Moreover, universities play a significant role in social life of its communities and contribute to the development of human capital.

The social investment in human capital

The subjects of social investment are public authorities, state and municipal enterprises, Ukrainian and

foreign private commercial and non-profit organizations, and individuals. For the purposes of the state social investments can increase national income and level (quality) of life both for business corporations, foreign investors and individuals – income, for non-commercial organizations – improving the level and quality of life through the material and social needs. For the last one profit is not the purpose of social investment.

For any project effectiveness is determined by the ratio of the result to the costs incurred. Economic efficiency as the end result of economic activity may be characterized or natural value indicators. Regarding social investment economic efficiency reflects only one part of overall performance. The rest of the social indicators reflecting the efficiency of social investment.

Various economic publications can be found the following definition of social efficiency “formation and satisfaction of social needs of man,” “harmonious development of personality”, “good of society or certain groups.” But these terms are often not certain quantitative expression. There are four key performance indicators of social investment, social effect that characterizes the extent of satisfaction of the population quality of life; social efficiency – an indicator that determines the improvement of living standards of people; socio-economic efficiency – an indicator that gives an idea of the cost-effectiveness of investments in the social sector, taking into account the achieved social effect; economic efficiency – an indicator reflecting the economic efficiency of the project based on the ratio of results to cost.

Social impact is defined as economic or statistical and sociological factors: a change in the ratio of household budgets from consumption to saving, increasing numbers of children in families, increase the educational level of the population, the satisfaction of social status or financial position. The main indicator is the improving the quality of life as a result of social investment.

Social efficiency indicators give an idea of the quantitative aspect of social progress objectives for which social investment project designed and implemented: the emergence of additional social services, changes in consumer prices, housing supply, reducing unemployment, increasing fertility and mortality.

Indicators of socio-economic efficiency determined after determining social impact by increasing the physical volume of services, reduction of valuation services, reducing the current cost social organizations, increasing the number of visits to recreational activities, reduced unemployment benefits – the huge range of indicators.

Economic efficiency of social investments is based on minimizing the cost of their design and implementation: absolute (the difference between the amount of investment and monetary evaluation of its results), relative (the ratio of monetary evaluation results and total costs), time (period of return on investment).

Investment in human capital – is any action that enhance professional skills and productive human capacity and thus the productivity of labour. Expenditures that improve human performance can be viewed as an investment, since current expenditures are made with the expectation that they will be offset many times more significant income stream in the future.

Investments in human capital are of different kinds. First is, of course, the cost of education, including general and special, formal and informal education and training in the workplace, and etc. They are the most obvious, the most common and probably the most important type of investment in human capital. Education creates workers who are professional and productive. Health care costs are also important. Good health – the result of spending on disease prevention, health care, diet and improving living conditions – improve life, increases efficiency and productivity. Finally, the cost of mobility by which workers migrate from places relatively low productivity in places with relatively high efficiency, thereby increasing the results of its human capital. Apart from the above, according to the main asset of human capital investments also include the costs of economically relevant information search, parenting (investment in future human capital) and etc.

Consequently, all types of costs that can be estimated in monetary form or another and which promote the growth of future performance and earnings of the employee, should be considered as an investment in human capital, which can carry the state (government), non-public foundations and organizations, international funds and organizations, educational institutions, businesses, families and individuals.

Investments in human capital have features that distinguish them from other types of investments.

Return on investment in human capital depends directly on the duration of use, is determined by the remaining period to the end of working life. The earlier investments made in person, the longer, other things being equal, they will give out. But keep in mind that higher quality and longer bring investments are generally larger and longer effect.

Compared with investment in other forms of capital, investment in human capital, according to many economists, is the most advantageous both for the individual and for society as a whole. Investment in human capital is significant in terms of giving a long time and the nature of the integrated economic and social effects.

The nature, extent and types of investment in people due to historical, national, cultural characteristics and traditions of society, the mentality of the people. For example, education and career choices of children largely depends on family traditions, occupation and education level of their parents.

There are also features of the physical and moral wear human capital. Many authors believe that human

capital is inclined not only to physical but also moral depreciation, which is defined aging expertise. However, this issue is quite controversial [16].

Indeed, information is aging, but the knowledge accumulated and eventually become the knowledge of a higher order.

The investment period of physical capital (average 1.5-2 years) is much shorter compared to the human capital. For example, the investment period of the human form of investment in education, training duration that can reach 12-20 years.

The functioning of the human capital return on its use due to the will of man – the owner of the equity of individual interests and outlook, its interest, responsibility, and the general level of culture, including economic. Therefore, investment in human characteristic higher than ordinary investment risk and uncertainties, and changes in the amount of human capital based on the cost principle cannot be estimated with the same accuracy as the relative physical capital.

In resume, it should be noted that in terms of modern human resource management to improve the use of human resources and enterprise investment in human capital is rightly regarded as the main reserve increase cost-effectiveness of its operations.

The social impact of higher education to society

Higher education is often analysed only from the standpoint of its effectiveness for the individual, society and state. And yet it is best suited for fixing inequalities discrimination and so on. No wonder Emile Durkheim did not recognize the idea of education as a social transformer and solver of social problems. Instead, he was convinced that education is a mirror of society, changing only because of its reforms.

Modernity is a cultural reality. Today in Ukraine modernization of universities established through new social effects, particularly through contributions to overcome the contradictions of the process of consolidation of society involved in solving urgent cases.

Since the university ordered primarily by the relationship, you need to specify which updates experiencing relationship between the main actors of the educational process (scientific and pedagogical workers and applicants of higher education):

At substantial levels, as connections between carrier and knowledge to those who have knowledge deficit;

The functional level, between the person capable of relaying knowledge, a person capable of its internalization;

Semantic level, between those able to produce new knowledge in cooperation.

The maximum university community efforts should be made to spread ideas high culture and professionals. Then:

Determine the social status of individuals more levels of competence rather than formal higher education;

Access to resources (both material and symbolic) persons with higher education and those without higher education will lose to share asymmetry through self-employment, including free professional and business;

Ensure the integrity of the social groups rather than get an education, Alma Mater, honours and awards and so much attitude to social and political change;

The dynamics of social capital representatives of the professional middle class reflected the peculiarities of their participation in voluntary movements, war, not social relationships established during his studies at the university [17].

Reaching new quality of education due to the need focused training intellectual and creative elite of society. Education cannot be without adequate quality educational content. Thus, the high school has to offer such content, which would provide queries society and economy based on knowledge. This new meaning of education can ensure the realization of the mission Ukrainian education in the continuous innovative development. For millenniums during a generation living conditions and work requirements to the level of knowledge and skills, ethical standards and professional demands virtually unchanged. During the last hundred years the same amount and nature of the required knowledge and skills during a generation radically updated, with several times [19, 311].

Clarification of criteria and performance indicators of educational activity allows you to examine what measures and areas are used and that they have an impact in terms of economic and social efficiency. Data from the costs taken in isolation, does not make sense. Specific high-cost activity can be highly effective and low-cost – inefficient. For example, to improve the efficiency wage costs may increase the intensity of use of teachers, increase their load.

However, the low salaries of teachers with increasing load inevitably causes a reduction in productivity. If the result is regarded as the number of graduates for the same cost, the efficiency will be high. The quality of education but definitely worse. Determine the extent of this deterioration is difficult, it requires a whole range of indicators. The main trouble is that the deterioration of the quality of education obtained may not occur soon, in the long run by various symptoms: problems of employment, performance of professional functions and many others.

In order to pay teaching staff has been effective in improving the efficiency of educational activities, fees for higher qualifications must be adequate. If the wage is insufficient or excessive, qualified teachers will be rewarded according to their productivity. Inadequate wages could lead to losses when choosing a profession (teacher profession is not be so attractive and so high prestige as it should be) and the use of personal and professional potential teachers.

Improving the socio-economic efficiency (internal and external) educational activities, and hence the efficiency of the educational potential possible through better organization and management of education system and its financing. The functional role of education in sustainable social development is determined not so much its existing resource potential as socio-economic conditions of its active and effective use and implementation, which in turn requires constant improvement as internal management mechanism in the field of education and external relations between the sphere education and environment. To this end, the organization of the educational opportunities of greater efficiency utilized in the following areas: expanding opportunities to attract different groups and populations to education; creating new forms of educational activities and management (regarding ownership, legal status, etc.); diversification of traditional educational institutions; enhancing functional flexibility of schools.

The system of education management at the macro and micro levels is also undergoing changes whose purpose is also the increasing socio-economic efficiency of activity in this area:

Increasing the autonomy of educational institutions (especially higher) strengthening of responsibility for the outcomes of their activities;

Change management: a departure from the direct administrative control to a more flexible, stimulating management practices;

Public involvement in education management, strengthening the powers of government in education [18; 63-64].

Objective need for the growth of public spending on education is encountering limited financial resources of the state, which is typical for many countries and not just for the difficult situation in Ukraine. Need to improve financial education spending is dictated by the implementation of these changes:

Diversification of funding education, involving private sources, introduction of mixed forms of tuition;

Modernization of education funding: a flexible financial management education and change of state funding toward not only the direct allocation of funds based on standards and implementation of incentive forms of financing.

Conclusion

So, we can note the significance of higher education for economic development and social well-being. The performance and quality of higher education has become a sign of a country's capacity to prepare its future economic development. Many countries consider higher education as an essential element for social mobility and inclusion. Higher education leads to higher aggregate productivity (and hence higher gross domestic output) by virtue of increasing the available educa-

tion stock. There are a lot of substantial evidences that education raises earnings. Also higher education helps spur the rate of technological growth toward the production possibility frontier, which represents the maximum possible production level of a country.

A university not only makes a direct contribution to the economy through the spending and jobs supported by its academic, administration, research, and health care activities, but also generates a "ripple effect" that leads to an even larger impact in the economy as a result of demand on suppliers of goods and services as well as employee spending.

Literature

1. *2014 Economic and Community Impact Report of the University of Washington*. Tripp Umbach. University of Washington. December 2014.
2. *Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. Communication from the Commission. COM (2010) 2020 final, 3 March 2010. [EU Commission – COM Document].
3. Holland, D. at al. *The relationship between graduates and economic growth across countries*. BIS Research Paper No 110. August 2013.
4. Kelly, U. at al. *The economic impact of the University of Kent*. Final Report. Viewforth Consulting. October 2011.
5. Lee, E.K. *Higher Education Expansion and Economic Growth in Japan and South Korea*. University of Pittsburgh, 2012.
6. OECD (2015), *Education at a Glance 2015: OECD Indicators*. OECD Publishing, 2015. ISBN 978-92-64-24208-1.
7. OECD (2012), "How does education affect the economy?", in *Education at a Glance 2012: Highlights*, OECD Publishing, 2012.
8. OECD (2008) *Tertiary Education for the Knowledge Society: OECD Thematic Review*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008.
9. Pegkas, P. The Link between Educational Levels and Economic Growth: A Neoclassical Approach for the Case of Greece. *International Journal of Applied Economics*, 11(2), September 2014, p.38-54.
10. Pillay, P. Higher Education and Economic Development. *Literature review*. CHET 2011, p.72.
11. Reháč, J. et al. *Lokálne ekonomické vplyvy univerzít*. Bratislava, EKONÓM, 2015. ISBN 978-80-225-4007-0.
12. Sen, A. Local income and employment impact of universities: the case of Izmir University of Economics. *Journal of Applied Economics and Business Research*, 2011, No. 1, p.25-42.
13. Sudmant, W. The Economic Impact of the University of British Columbia. *Planning and Institutional Research*, UBC. September 2009.
14. *The Economics of Higher Education*. Report. Washington, DC: U.S. Department of Education. Departments of Education and Treasury, December 2012.
15. Universities' contribution to economy increases by 24% [interactive]. [viewed on February 23, 2016]. Access via Internet <http://www.universitiesuk.ac.uk/highereducation>.
16. Васильченко В. С. та ін. *Управління трудовим потенціалом: навч. посібник*. Київ, 2005.

17. Жорнова О. та ін. Соціальні ефекти вищої освіти: українські реалії і перспективи. [viewed on March 1, 2016]. Access via Internet http://www.edu-trends.info/wp-content/uploads/2015/04/Zhornova-Zhornova_abstract_16_04_15.pdf?c6a0f6.
18. Падалка О.С. та ін. Економіка освіти та управління: посібник. Київ, Педагогічна думка, 2012.
19. Пакулін С. Л. Модернізація й підвищення ефективності вищої освіти України. Проблеми економіки. 2013, No. 1, p.315-310.
20. *Роль університетів в економічному розвитку міст, регіонів, країни.* Звіт III Національного форуму «Бізнесі університети». Укладачі: О. Янковська, А. Зінченко. Київ, 2015.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И СОЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОБЩЕСТВО

Татьяна Несторенко, Олеся Щерба

Аннотация. Статья посвящена экономическому и социальному влиянию высшего образования на общество. Рассматривается роль высшего обра-

зования в экономическом развитии. Особое внимание уделяется подтверждению существенного влияния университета на экономику местного общества, на территории которого он располагается. В статье обоснованы задачи, направленные на создание инновационного контента системы высшего образования, а также способы их достижения. Определены системные эффекты на формирование инновационной системы высшего образования в Украине. Необходимость реализации стратегии развития высшего образования в экономике знаний связана с быстрыми изменениями окружающей среды и требованиями украинского общества. Высказано предложение, вытекающее из анализа стратегических планов как в Украине в целом, так и в системе образования в частности, о необходимости формирования единой стратегии, включающей в себя измеримые показатели, которые подробно описаны в конкретных проектах, - целевых программах.

Ключевые слова: высшее образование, экономическое влияние, социальное воздействие, экономическое развитие, системные эффекты, эффективность, стратегия

INSURANCE AS METHOD OF MANAGEMENT TO THE RISKS OF A TRANSPORT ORGANIZATION

Nazar Dobosh

National University "Lviv Polytechnic", e-mail: Nazar_Dobosh@ukr.net

Abstract. Basic risks of the transport organizations are considered in this article. Insurance acquires an important role in the financial system as an instrument of management risks. An author asserts that it is possible to carry out financing of those risks that came already, and carry out the prophylaxis of future risks. It will allow to avoid losses for transport organizations in the future and will provide them stable activity and income.

Keywords: insurance market, insurance, demand for insurance services, investment, financial resources, assets, liabilities, transport organizations.

Introduction

Modern stage of insurance market development in Europe is characterized by rapid growth. This substantially strengthens competition between insurance companies. At the same time, despite high potential of the insurance market, one can observe a fall in demand for insurance services. The main reasons standing behind this situation are low purchasing power of population, lack of awareness of necessity and advantages of insurance, negative stereotypes about insurance among consumers and many other factors. In order to overcome these stereotypes, it is necessary to increase purchasing power of population, improve reliability of insurers and financial condition of economic entities, and to make certain steps at national level.

Actuality of the above-mentioned problem requires research of a mechanism and features of demand for insurance services at the modern stage of development of insurance market of Ukraine, determination of ways for neutralization of negative factors and their influence on assuring certain level of service and suggestion (supply?) of insurance services.

This problem is actual today, because potential of Ukrainian insurance market is extraordinarily large. When comparing insurance markets of Europe and Ukraine, one can observe huge difference between them. This difference consists first of all in that insurance in Europe is extraordinarily developed. It is confirmed by the following indexes: number of objects of insurance, number of accidents insured, and number of objects that suffered because of offensive of accident insured, sum of all collected insurance bonuses, and sum of all paid insurance compensations. It is very interesting to me and I decided to investigate the reasons and factors that influence negatively insurance market of Ukraine.

In terms of existing lack of financial resources available at the market, we can examine insurance companies as investors that infuse money into economy for its development, because insurance market can facilitate creation of additional financial resources.

Problems of forming and development of insurance and insurance market have been described in works

of such known Ukrainian scientists as: B. Aleshina, B. Bazylevych, B. Furman, S. Osadets, V. Plysa, R. Pikus, Z. Sheludjko, O. Filonyuk and other Ukrainian and foreign economists.

Insurance market trends in Ukraine and in Europe

In many countries, especially in developed Western Europe countries, insurance is one of the most prestigious spheres of activity. According to data of CEA Publications, number of people employed in the insurance market of EU exceeds one million and increases at a rate of 2 percent per annum [1].

Rapid growth of supply of insurance services predetermines strengthening of competition between insurance companies at the current stage of insurance market development. In addition, there is a decrease in population's demand for insurance services of the insurance market and it remains in the «shadow», because of existence of considerable amount of pseudo insurance.

Works of many Ukrainian and foreign researchers are devoted to study of insurance market trends. However, one of the main issues of their research is determination of factors forming the demand for services of the insurance market and search ways to increase personal interest of insurance consumers. [2]

International experience shows that insurance companies can accumulate several times larger financial resources than that of medium commercial banks. However, it takes place only under certain economic conditions: well-developed financial and stock markets and increasing welfare of population.

Unfortunately, in most of the countries that have economic opportunities and resources comparable to Ukraine's ones, insurance market is more developed than in our country.

Insurance is important factor of stimulation of economy and economic activity of individual entities, because it creates the same rights for all participants, possibility to turn to advantage, a desire to risk, ensures confidence in development of entrepreneurial activity,

creates new stimuli for labour productivity and economic growth. First of all, insurance ensures confidence in development of business. Foremost insurance is needed for the accrued enterprises that did not yet acquired sufficient experience and do not have opportunity to carry out activity without obvious risks.

Risk management of the transport organizations

Insurance issues are widely discussed in Ukraine and abroad. The risks of various kinds increase with the development of society, and accordingly, the need for protection methods and tools of risk limitation increases too. World practice shows that insurance is the most financially sound, economically rational and affordable instrument of protecting the society interests. Full and comprehensive understanding of the essence of insurance will contribute to the development of the insurance market of each country and to establish the conditions for its viability.

Insurance in general and insurance of the transport organization, as its component, contributes to the economic development of the country, the effective functioning of all spheres of entrepreneurial activities, the enhancement of social protection of the population. This determines the importance of the development of all types of insurance.

The non-life insurance penetration declined during the period 2014-2015, as overall insurance premiums fell. The penetration rate in the European non-life segment stood at 1.4% in 2015.

Rising consumer awareness, favorable government regulations, and the emergence of new insurance classes of such as cyber risk and telematics are expected to support a rise in European non-life insurance penetration over the forecast period.

Liability insurance was the second-fastest-growing category in the non-life segment, recording a review-period CAGR of 5.7%.

Civil liability insurance against marine oil pollution is compulsory in the country.

In order to improve transparency between banks and insurers, government issued new regulations on banc assurance – Recommendation U – which was effective from April 1, 2015.

Flooding is the primary risk for non-life insurers, and is the most frequent natural hazard in the country.

Risk management is a systematic process of identifying and assessing company risks and taking actions to protect a company against them. Some risk managers define risk as the possibility that a future occurrence may cause harm or losses, while noting that risk also may provide possible opportunities. By taking risks, companies sometimes can achieve considerable gains. However, companies need risk management to analyze possible risks in order to balance potential gains

against potential losses and avoid expensive mistakes. Risk management is best used as a preventive measure rather than as a reactive measure. Companies benefit most from considering their risks when they are performing well and when markets are growing in order to sustain growth and profitability. [4]

The task of the risk manager is to predict, and enact measures to control or prevent, losses within a company. The risk-management process involves identifying exposures to potential losses, measuring these exposures, and deciding how to protect the company from harm given the nature of the risks and the company's goals and resources. While companies face a host of different risks, some are more important than others. Risk managers determine their importance and ability to be affected while identifying and measuring exposures. Risk managers consider different methods for controlling or preventing risks and then select the best method given the company's goals and resources. After the method is selected and implemented, the method must be monitored to ensure that it produces the intended results.

Risks and its influence on transport organizations activities

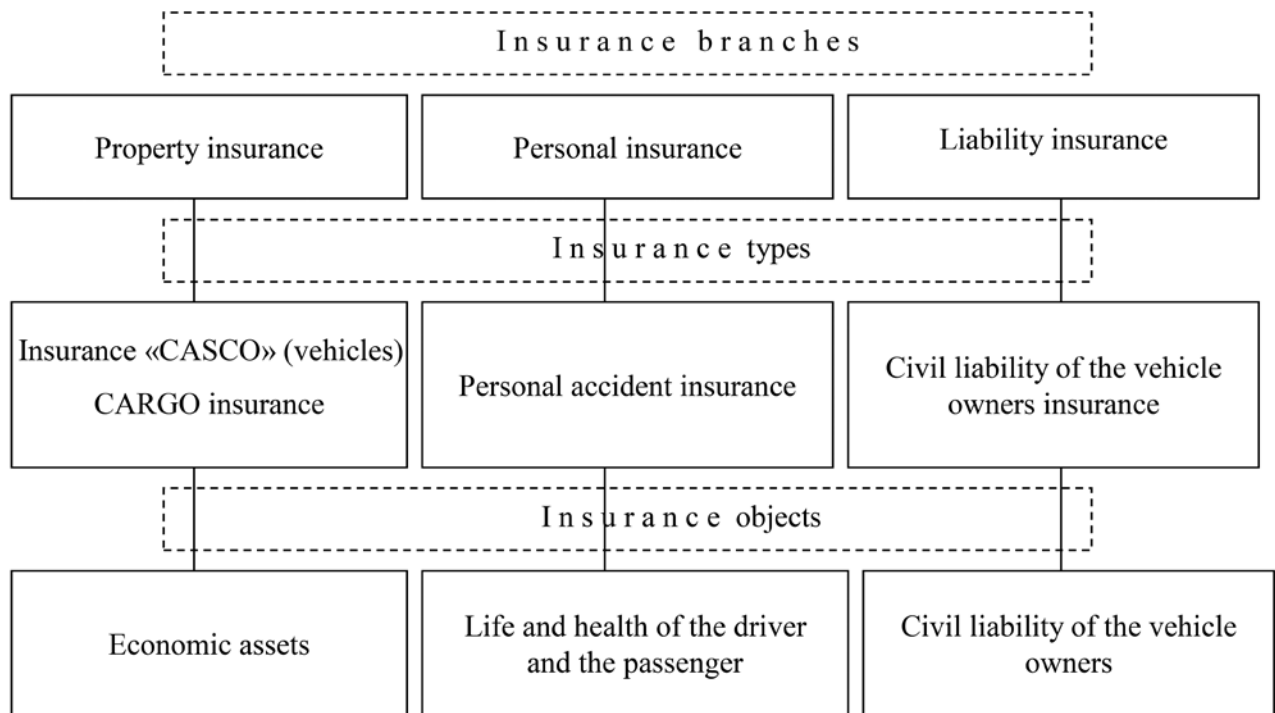
However, not all risks can be insured, and all insurance policies will have some gaps. Accordingly, understanding the terms of your insurance coverage is important. Your organization should always read its insurance policies in light of its risks and obtain the insurance that adequately, efficiently and economically addresses its risks. [6]

The main feature of insurance for transport companies is the variety of types of vehicles and cargo as objects of insurance. Insurance services, which relate to auto insurance include: CASCO insurance, liability insurance, insurance against accidents on transport, cargo insurance and so on. Auto insurance is a comprehensive type of insurance. It is characterized by close interaction between the various branches of insurance: property, personal and liability insurance.

The structure of insurance for transport companies is presented in picture.

Various risks influence on transport organizations during its activities. These risks can be divided into the following groups.

- 1 damage caused by the vehicle driver
- 2 the traffic accident (damage to vehicles, cargo etc.)
- 3 damage associated with theft, robbery, another attacks against vehicles
- 4 injuries or deaths of drivers because of the traffic accident
- 5 fire and other natural factors on the territory of the transport company
- 6 human errors (improper packing of the cargo, delay in delivery)



Pic. 1 – The structure of insurance for transport companies

7 a failure of contract as a result of risks 1,2,3,4,5,6

We can determine risks that cannot be insured through legislative restrictions or other reasons (e.g., deliberate acts of the operator of the vehicle, the natural properties of the goods etc.) during developing the insurance strategy for the transport organizations. There are another risks that are usually not insured, but under certain circumstances or the wishes of the client, can be insured (for example, war risks). After that, risks that can and should be insured are classified by certain types of insurance and charged. Then it used as individual components in the specific insurance contracts. [3]

Information plays an important role on the insurance market, since it makes it possible for an insurer to regulate relations with customer. For an insurer, it can be both positive, as well as negative factor. Attraction of customers will depend on how this information is used and whether it is credible. If information is credible and available to potential customers of insurance services, the company will gain greater customers' confidence and their number will increase. Otherwise, insurer's business will suffer, since customers will not consider cooperation with such a company.

Clients who purchase property-related insurance and certain risks insurance services will prefer more trusted companies. This trust is based on many insurer's indicators. They include assets, insurance reserves, insurance premiums earned, company's openness and access to information. [7]

Such insurance companies deserve the trust of the clients due to openness, provision of reliable informa-

tion about their activity, timely payment of insurance compensations.

Conclusions

Thus we agree, that the importance of the organization of insurance coverage of transportation services related to the specificity of the transport process and risks of the transport company.

First, the transport company can get catastrophic nature of losses, the possible financial collapse of the enterprise through simultaneous loss of the vehicle, cargo, passengers and crew.

Secondly, weak predictability of specific risks (threats) that can arise in the way of a vehicle. Accordingly, government makes separate qualification requirements for transport organizations, security systems, vehicles, containers etc.

Thirdly, in the process of transportation services, the owner generally does not control its property interest in the vehicle or in saving the cargo, and transmits his responsibility for the safety of their property to the transport organization. The transport organization within reasonable limits accepts responsibility for the cargo, passengers and the vehicle.

Fourthly, the transport company is characterized by the presence of intervals during which there is no information concerning his place of residence. With the development of communication, this problem has decreased but still exists.

So we can make the conclusion: the insurance is

the most effective way to protect the risk for not only transport organization, but any active participant in the market economy today.

Acknowledgement

The author would like to thank anonymous reviewers for their valuable comments and advices.

Literature

1. European Insurance in Figures.- Complete 2015 Data; CEA Publications.
2. The development of higher education as a tool of city marketing: series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts. Monograph 4. – Katowice: wydawnictwo wyzszej szkoły technicznej w Katowicach. – 2015. – 121 S.
3. Боса Г. Функціонування ринку страхування: проблеми та вирішення // Конкуренція. Вісник антимонopolного комітету України. – 2007. – №4. – С. 7-10
4. Журавка О. С. Вплив іноземного капіталу на розвиток страхового ринку України / О. С. Журавка // Наука й економіка. – 2008. – № 1. – С. 277–285.
5. Плиса В.Й. Антикризове управління діяльністю страховика / В. Й. Плиса, З. П. Плиса // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.3. – С.221–226.
6. Страхування в системі економічної безпеки залізничного транспорту. – Режим доступу: <http://www.ekuzt.gov.ua/>
7. Тронин Ю.М. Основы страхового бизнеса / Тронин Ю.М. – М. : Изд-во «Альфа-Пресс», 2006. – 472 с.

СТРАХОВАНИЕ – МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ В ТРАНСПОРТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Назар Добош

Національний університет Львівська політехніка

Страхування в цілому і автострахування, як його складова частина, сприяє економічному розвитку країни, ефективному функціонуванню всіх сфер підприємницької діяльності, підвищенню рівня соціального захисту населення. Цим і визначається значимість розвитку всіх видів страхування з урахуванням трансформаційних перетворень в економіці країни.

Особливістю автострахування є різноманітність типів транспортних засобів та вантажів як об'єктів страхування. Страховими послугами, які відносяться до автотранспортного страхування є: страхування автокаско, страхування цивільної відповідальності, страхування від нещасних випадків на транспорті, страхування вантажів та інше. Автотранспортне страхування є комплексним видом страхування, оскільки для нього характерна тісна взаємодія між собою різних галузей страхування: майнового, особистого та страхування відповідальності.

Таким чином можна стверджувати, що важливість організації страхового захисту транспортних перевезень пов'язана із специфікою притаманною самому транспортному процесу та ризикам транспортного підприємства.

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 redaktoriaus (-ių) ir elektroninė kopija 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 aktualumas, 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 redaktoriaus (-ių) 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 redaktoriaus, 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 kompuonuojami pačiame tekste, taip pat pateikiami atskiruose failuose. Paveikslukai, 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. 4th 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).

Sabalaiuskas, 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

2016/7

Sudarytojas/ Compiler **Andrius GULBINAS**
Kalbos redaktorės/ Language Editor **Jolita GRAŠIENĖ,**
Rima MARCINKEVIČIENĖ
Konsultantė /Consultant **Inga KRAKELIENĖ**

ISSN 2029-400X

2016-05-27. 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