



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

LIETUVOS GELEŽINKELIŲ IX KORIDORIAUS ELEKTRIFIKAVIMO GALIMYBIŲ ANALIZĖ

Irmantas Puidokas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: irmantas.puidokas@gmail.com

Santrauka. Straipsnyje išdėstomi pagrindiniai AB „Lietuvos geležinkeliai“ veiklos rezultatai, apibendrinamas krovinių vežimo srauto kitimas per 2006–2011 metus. Pateikiami vežamų krovinių kiekiai pagal jų rūšį. Nurodomos krovinių vežimo apimtys. Nagrinėjama esama Lietuvos geležinkelių elektrifikavimo būklė. Pateikiami AB „Lietuvos geležinkeliai“ kelių elektrifikavimo etapai bei elektrifikacijos privalumai ir trūkumai.

Reikšminiai žodžiai: eksploataciniai rodikliai, kroviniai, geležinkelio ruožas, kontaktinis tinklas.

Įvadas

Geležinkelių tiesimo samprata labai skiriasi palyginant kokia ji buvo prieš 100 metų ir kokia ji dabar. Siekiant efektyviai tenkinti visuomenės poreikius, būtina įvertinti naujoves taikomas geležinkelio tiesimo srityje. Šiai dienai efektyviai funkcionuoti gali tik tie geležinkeliai, kurie geriausiai tenkina visuomenės reikmes, įvertina ateities poreikius ir sukaupę patirtį, kadangi dauguma geležinkelių buvo tiesiama daugiau kaip prieš šimtą metų, tai nėra lengvas uždavinys.

AB „Lietuvos geležinkeliai“ įkurta 1992 m. sausio 1 d., 1992 m. birželio 1 d. Lietuvos geležinkeliai jau priimti į Geležinkelių bendradarbiavimo organizaciją (OSŽD), o tų pačių metų birželio 9 d. – į Tarptautinę geležinkelių sąjungą (UIC).

1995 m. liepos 18 d. iš valstybinės įmonės Lietuvos geležinkeliai tampa specialios paskirties akcinė bendrove (SPAB „Lietuvos geležinkeliai“). Nuo 1995 m. bendrovė tampa Tarpvalstybinės tarptautinės geležinkelių transportavimo organizacijos OTIF nare, prisijungia prie Tarptautinės vežimo geležinkeliais konvencijos COTIF. Įstojimas į šias organizacijas ir prisijungimas prie konvencijų, palengvino keleivių keliones į Europą ir iš jos.

AB „Lietuvos geležinkeliai“ aptarnauja klientų ir krovinių poreikius tiek Lietuvoje, tiek už jos ribų. Ji vykdo krovinių ir keleivių vežimus. Lietuvos geležinkelių ilgis 1767,6 km, iš jų 1745,8 km yra plačios vėžės (1520 mm), 21,8 km europinės vėžės (1435 mm). Elektrifikuotas 122 km ruožas Naujoji Vilnia – Kaunas su atšaka Lentvaris – Trakai.

1992 metais, Lietuvos geležinkeliai, atsiskirdami nuo Sovietinio geležinkelio perėmė apleistą geležinkelio infrastruktūrą, pasenusius riedmenis. Per pastaruosius metus buvo kapitaliai remontuojami labiausiai susidėvėję magistraliniai kelio ruožai. Gerinant geležinkelio ūkio bazę, gerėja vežimų kokybė vidaus ir tarptautiniuose maršrutuose, taigi, Lietuvos geležinkeliai išlieka svarbiausia tranzitinio transporto rūšimi Respublikoje.

Elektrifikuoti Lietuvos geležinkeliai pradėjo funkcionuoti 1975 m. gruodžio 30 d., paleidus pirmąją priemiestinę elektrifikuotą liniją N. Vilnia–Vilnius–Kaunas (114 km) ir Lentvaris–Trakai (8 km). Bendras elektrifikuotų ruožų ilgis 122 km.

Šių ruožų elektrifikavimas pagal projektą buvo numatytas ir įgyvendintas tik keleivinių traukinių eismui, kurių kintamos srovės įtampa 25 kV. Tačiau traukos transformatorių pastočių išdėstymas ir jų skaičiuotina

galia numatyta su perspektyva keleivinių ir prekinių traukinių eismui.

AB „Lietuvos geležinkeliai“ krovinių apyvarta 2006–2011 metais

Iš 1 lentelės ir 1 paveikslo matyti, kad geležinkelių transportu 2011 m. pervežta 52,3 mln. tonų krovinių. Lietuvos geležinkeliai, palyginti su 2010 m., pervežimų apimtis padidino 8,9 proc. ir pervežė 4,2 mln. tonų krovinių daugiau. Buvo vykdomos 2011–2013 m. strateginiame veiklos plane nustatytos pervežimo apimčių užduotys (2011 m. planas – 50,0 mln. tonų).

Vežimų augimą lėmė suaktyvėję vežimai tiek tarptautinėje, tiek ir vietinėje rinkose. Vežimai tarptautiniais maršrutais dėka sėkmingo Lietuvos geležinkelių bendradarbiavimo su pagrindiniais gamintojais ir krovinių siuntėjais (ypač Baltarusijos trąšų gamintojais), taikytos patrauklios kainodaros, kitų rinkodaros priemonių, sąlygojusių trąšų, naftos bei juodųjų metalų srautų per Klaipėdos uostą didėjimą, išaugo 9,8 proc.

Vietinė rinka, palyginti su 2010 m., augo 6,6 proc. Didžiąja dalimi šį augimą lėmė padidėjusios AB „Achema“ gamybos apimtys bei pagyvėjimas šalies statybų sektoriuje, dėl ko vietiniais maršrutais pervežta daugiau trąšų ir statybinių krovinių.

1 lentelė. Krovinių vežimas Lietuvos geležinkeliais 2006–2011 m.

Krovinių vežimas	Metai					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Iš viso vežta krovinių, tūkst. t	50225	53503	54970	42669	48061	52330
vidaus vežimai	13346	12332	15377	12932	14117	15046
tarptautiniai vežimai:	36879	41171	39593	29737	33944	37284
įvežta	11700	16315	15546	13030	14921	18922
išvežta	4981	5029	5944	4200	4680	5168
tranzitas	20198	19827	18103	12507	14343	13194
Krovinių apyvarta mln., tarif. tkm	12896	14373	14748	11888	13431	15088
Vidutinis vienos tonos vežimo nuotolis, km	257	269	268	279	279	288
Krovinių apyvarta, mln. ekspluat. tkm	13026	14623	15033	12038	13472	15242

2 paveiksle matyti, kad palyginti su 2010 m., vežimai vietiniais maršrutais padidėjo 6,6 proc. ir sudarė 15,0 mln. t (28,7 proc. visų pervežimų). Eksportuojamų krovinių vežta 5,2 mln. t arba 10,4 proc. daugiau ir jie sudarė 10,0 proc. visų vežimų. Ypač padidėjo importuojamų krovinių: jų mastai ūgtelėjo 26,8 proc. iki 18,9 mln. t ir

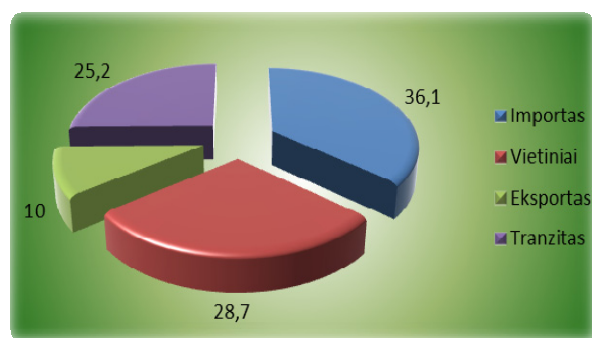
sudarė 36,1 proc. visų pervežimų. Palyginti su 2010 m., tranzito srautai šiek tiek smuko: vežta 13,2 mln. t arba 8,0 proc. mažiau ir tai sudarė 25,2 proc. visų vežimų.



1 pav. Krovinių vežimo Lietuvos geležinkeliais dinamika 2006–2011 m.

Reikšmingiausių krovinių srautus tarptautinių vežimų rinkoje formuoja Baltarusija ir Rusija, kitos partnerės – Ukraina, Latvija, Kazachstanas, Estija, Lenkija.

Eksportuojamų krovinių vežta 5,2 mln. t (2010 m. – 4,7 mln. t). Pagrindiniai eksportuojamieji kroviniai buvo nafta ir naftos produktai (jų vežta 2,1 mln. t arba 25,1 proc. daugiau), maisto pramonės produktai (jų vežta 563,2 tūkst. t arba 9,1 proc. mažiau), mediena (jos vežta 457,4 tūkst. t arba 32,5 proc. daugiau), juodieji metalai (jų vežta 331,0 tūkst. t arba 16,7 proc. daugiau) ir kita.



2 pav. Krovinių vežimas Lietuvos geležinkeliais pagal rūšis 2011 m. (proc.)

2011 m. importuojamų krovinių gabenta 18,9 mln. t (2010 m. – 14,9 mln. t). Krovinių augimą lėmė 26,2 proc., t.y. iki 9,0 mln. t, padidėję cheminių ir mineralinių trąšų pervežimai bei 21,0 proc., t.y. iki 4,4 mln. t, ūgtelėję naftos ir jos produktų gabenimai. Ypač išaugo baltarusiškų trąšų vežimai per Klaipėdos uostą.

2011 m. gabenta 13,2 mln. t tranzitinių krovinių (2010 m. – 14,4 mln. t). Daugiausia tranzitinių krovinių tradiciškai vežta Kaliningrado srities kryptimi.

Analizuojant krovinių vežimus (2 lentelė) pagal rūšis pažymėtina, kad daugiausiai buvo vežta naftos ir naftos produktų – 18,9 mln. t, cheminių ir mineralinių trąšų – 13,9 mln. t, mineralinių produktų – 4,7 mln. t, juodųjų metalų – 3,4 mln. t.

2 lentelė. Krovinių vežimas Lietuvos geležinkeliais pagal rūšis 2011 m.

Krovinytis	Vidaus vežimai tūkst. t	Tarptautiniai vežimai tūkst. t	Viso vežta, tūkst. t
Maisto produktai ir pašarai	1484	2784	4268
Mineraliniai produktai, rūdos šlakai, pelenai	2560	2161	4721
Kietasis mineralinis kuras	2	3465	3467
Nafta ir naftos produktai	6163	12710	18873
Neorganiniai ir organiniai chemijos produktai	80	911	991
Cheminės ir mineralinės trąšos	4230	9664	13894
Mediena, kamštiena ir jų dirbiniai, popierius	247	1003	1250
Tekstilės medžiagos ir tekstilės dirbiniai	4	32	36
Juodieji metalai (įskaitant laužą)	218	3160	3378
Spalvotieji metalai	0	8	8
Mašinos, mechaniniai ir elektros įrenginiai, transporto priemonės	4	582	586
Kiti kroviniai	54	804	858
VISO, tūkst. t	15046	37284	52330

Taigi, vežimų augimą lėmė sėkmingas Lietuvos geležinkelių bendradarbiavimas su pagrindiniais gamintojais ir krovinių siuntėjais (ypač Baltarusijos trąšų gamintojais), taikytų patrauklių kainodaros ir kitų rinkodaros priemonių, sąlygojusių trąšų, naftos bei juodųjų metalų srautų per Klaipėdos uostą didėjimą.

Kadangi 2011 m. daugiausia vežta naftos bei jos produktų, galime spręsti, kad sąstatuose daugiausiai būna (40 proc.) cisterninių vagonų. Pakrauti cisterniniai vagonai yra vieni iš sunkiausių, o jų ilgis nedidelis, dėl šių cisterninių vagonų savybių naudoti elektrovezius jiems traukti būtų labai naudinga, nes atsirastų galimybė formuoti maksimalaus ilgio sąstatus kurių svoris neviršytų elektrovezio galimybių.

Elektrifikacijos privalumai ir trūkumai

Planuojant Lietuvos geležinkelių elektrifikaciją reikia atsižvelgti į jos privalumus ir trūkumus. Pagrindiniai privalumai būtų šie:

- galimybė vežti didesnio svorio sąstatus dėl galingesnių elektrovezių;
- 25 proc. išauga maksimalus ruožo pralaidumas;
- mažesnis juodųjų ir spalvotųjų metalų sunaudojimas;
- mažesnė geležinkelių transporto priklausomybė nuo skystojo kuro ir alyvų.
- Trūkumai:
 - labai didelės investicinės lėšos;
 - personalo perkvalifikavimas;
 - pertvarkymo darbai;
 - didelės infrastruktūros eksploatavimo ir priežiūros išlaidos;
 - tiltų, viadukų ir tunelių modernizavimo darbai, siekiant išlaikyti esamus riedmenų ir statinių artumo gabaritus;
 - aukštas visuomenės automobilizacijos lygis.

Daugelyje pasaulio šalių esamuose elektrifikuotuose geležinkelių ruožuose bei planuojamuose elektrifikuoti, naudojamos 25 kV įtampos 50 Hz dažnio kintamos srovės energijos tiekimo sistemos.

Kintamą srovę turi apie 55 % pasaulio šalių. Nuolatinė srovė geležinkeliuose naudojama todėl, kad 1930-1950 metais buvo sparčiai elektrifikuojami geležinkelio keliai, o tuo metu nuolatinės srovės traukos sistema buvo vienintelė sistema.

Kintamos srovės elektrifikuotų geležinkelių linijų eksploatavimo rezultatai rodo, kad ši sistema techniniu ir ekonominiu požiūriu pranašesnė už elektrifikuotus nuolatinė srove geležinkelius:

- 1) 15–18 proc. mažesnės kapitalinės, įskaitant ryšių linijų rekonstrukciją, lėšos;
- 2) 2–3 karto mažesnis paprastesnių ir reikalaujančių mažesnių eksploatavimo sąnaudų traukos pastochių skaičius;
- 3) 2 kartus didesnis atstumas tarp traukos pastochių;
- 4) lengvesnė kontaktinė pakaba (vario ekonomija virš 2 tkm.);
- 5) beveik nesusedėvi kontaktiniai laidai;
- 6) nėra kontaktinio tinklo atramų ir požeminės įrangos elektrokorozijos;
- 7) 5–6 proc. mažesni suminiai energijos nuostoliai;

- 8) esant didesniai elektrovežių našumui mažesnių skaičius ir, kaip rezultatas, remontuojamos įrangos kiekis, bei 15–20 proc. mažesnis elektrovežių ir jų prižiūrinčio personalo skaičius;
- 9) mažesnis kintamos srovės energijos tiekimo ir elektrinių riedmenų įrangos gedimų skaičius, kaip rezultatas vežimų savikaina ruožuose su kintama srove 20 proc. mažesnė negu nuolatinės srovės ruožuose.

Esamos 25 kV ir 2×25 kV daugialaidinės energijos tiekimo sistemos, turinčios ekranizuotus stiprinimo laidus, leidžia kiekvienam atskirai paimtam krovinių vežimo kiekiui pasirinkti efektyviausias ir energetiniu požiūriu tinkamiausias energijos tiekimo ir traukos sistemas.

Įvertinant aukščiau minėtą galima teigti, kad priežastys lemiančios perėjimą iš nuolatinės srovės į kintamą yra tai, kad nuolatinės srovės traukos sistemos riboja traukinių galingumą, greitį ir svorį, riboja geležinkelių linijų pralaidumą, turi didesnes energijos išlaidas ir vežimų savikainą.

Naujos elektrifikacijos sistemos pagrindiniai principai

Lietuvoje naudojamas kintamos srovės 25 kV, 50 Hz elektrinės traukos tinklas.

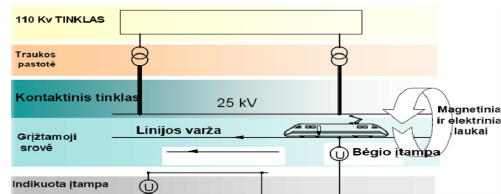
Remiantis 3 lentelėje pateiktais duomenimis, rekomenduojama išlaikyti egzistuojančią kintamos srovės (AC) traukos sistemą, kadangi įtampos kritimas ir energijos perdavimo nuostoliai yra mažiausi, įvertinant tai, kad traukos maitinimo pakeitimas kainuotų žymiai brangiau.

3 lentelė. Elektros Traukos Sistemų pagrindinių parametru palyginimas

	U_n , kV	Traukinio srovės $P/(U \cos \phi)$ I_T, A	Tariamoji varža kaistant laidui $Z=r+jX$ Ω/km	Įtampos kritimas 5km $\Delta U, V$	Energijos nuostoliai 5 km PV, km	$\Delta U/U_n$, PV/P proc.
DC	1,5	5000	0,04	1000	5000	66,7
DC	3,0	2500	0,04	500	1250	17,0
AC 16,7 Hz	15	500	0,06+ +j0,08	150	75	1,0
AC 50 HZ	25	300	0,07+0, 023	105	32	0,4

Šiuo metu elektrinės traukos tinklas yra maitinamas iš 110 kV AB „Lietuvos energija“ priklausančio tinklo. Traukos tinklo struktūrą sudaro (3 pav.):

1. Traukos pastotės, įskaitant visus elementus;
2. Kontaktinis tinklas, įskaitant visus elementus;
3. Grįžtamosios srovės grandinė.

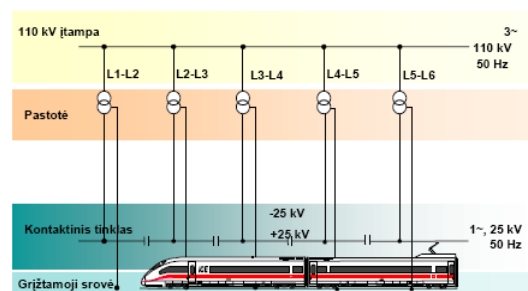


3 pav. Traukos tinklo struktūra

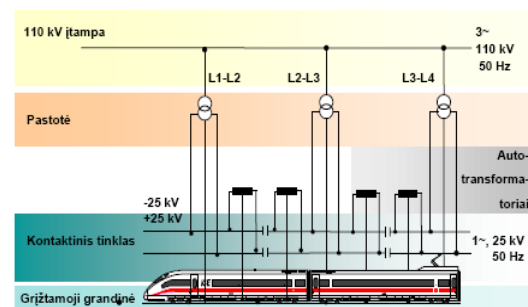
Traukos pastotės naudojamos kontaktinio tinklo maitinimui, kuris projektuojamas atsižvelgiant į:

1. Elektros traukos sistemą;
2. Vietovės bareljefą;
3. Traukinių greitį;
4. Traukinių svorį.

Lietuvoje naudojamos kintamos srovės (AC) 25 kV, 50 Hz traukos sistemos. Sistemos gali būti 2 tipų: 1×25 kV ir 2×25 kV (4, 5 pav.). Žemiau pateikiama dviejų sistemų struktūra ir trumpas palyginimas (4 lentelė).



4 pav. Traukos tinklo sistema 1x25 kV



5 pav. Traukos tinklo sistema 2x25 kV

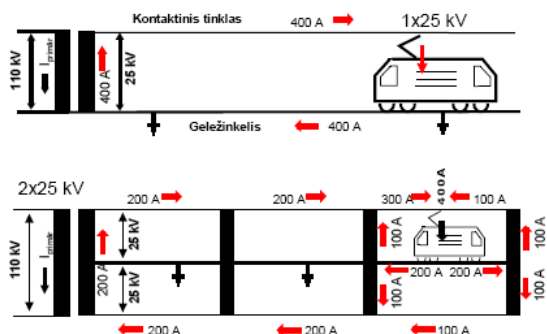
4 lentelė. Elektros traukos sistemų palyginimas

	Elektros traukos sistema	
	1×25 kV	2×25 kV
Pastočių skaičius	10	6
Autotransformatorių skaičius	–	20
Atstumai tarp pastočių	30–40 km	60–65 km
Atstumai tarp autotransformatorių	–	10–15 km
Reikalaujama galia	2×30 MVA	2×60 MVA
Vidutinės įtampos įrenginiai	1 poliai	2 poliai

Remiantis lentelėje pateiktais duomenimis, Elektros Traukos Sistemos 1×25 kV ir 2×25 kV, 50 Hz iš esmės yra panašios, bet skiriasi įrangos kiekiu ir ruožo aptarnavimo ilgiu. 1×25 kV sistema naudojama lygiuose vietovėse, kada nėra stačių įkalnių ir nuokalnių. Tokiu būdu lokomotyvas nesudaro didelio įtampos kritimo sąlyginai trumpoje atkarpoje. Tokios sistemos, parinkus nominalius traukos pastočių parametrus, pilnai pakanka praleisti 6000 t svorio krovinius traukinius, bei iki 600 t ir 160 km/h greičio keleivinius traukinius, atsižvelgiant į kontaktinio tinklo parametrus.

2×25 kV sistema naudojama kalnuotose vietovėse, kai į kalną kildamas lokomotyvas sukelia didelį įtampos kritimą sąlyginai trumpoje atkarpoje. 2×25 kV traukos sistema paprastai naudojama 7000–8000 t kroviniams traukiniams praleisti, todėl Lietuvos sąlygomis, svarstant maksimalias pervežimų prognozes, bus išnaudota iki 63 proc. Dar būtina paminėti, kad naudojant 2×25 kV traukos sistemą, mažėja traukos pastočių, reikalingų tinklui maitinti, skaičius, tačiau privaloma naudoti auto transformatorines pastotes, kurios projektuojamos 10–15 km atstumu, priklausomai nuo vietovės bareljefo.

Žemiau pateikta auto-transformatorinių pastočių išdėstymo struktūrinė schema.



6 pav. Autotransformatorinių pastočių 1x25 ir 2x25 kV schema

Tokiu būdu matome, kad tokia traukos sistema yra lankstesnė, užtikrina mažesnę įtampos kritimą, bet padidėja eksploatacinio personalo skaičius, turi daugiau tinklo elementų, kuriems reikalingas papildomas aptarnavimas ir privažiavimo kelių tinklo nutiesimas. Todėl įvertinant visus aukščiau išdėstytus argumentus, Lietuvoje rekomenduojama naudoti 1×25 kV, AC, 50 Hz Elektrinės Traukos Sistemą.

Elektrifikuoto geležinkelio ruožo vertė

2012 m. lapkričio 7 d., AB „Lietuvos geležinkeliai“ su viešojo konkurso laimėtojomis, jungtinės veiklos pa-

grindu susivienijusiomis AB „Eurovia Lietuva“, Eurovia CS, a.s. bei UAB „Fima“, pasirašė rangos darbų sutartį dėl geležinkelio ruožo Naujoji Vilnia-Kena elektrifikavimo. Sutarties vertė apie 100000000,00 Lt be PVM.

Įvertinant minėto geležinkelio ruožo kelių ilgį, traukos pastočių skaičių ir projekto vertę galima preliminariai nustatyti 1 km kontaktinio tinklo kainą bendram kelių ilgiui, L :

$$L = \text{Projekto vertė} / \text{Bendras kelio ilgis}, \quad (1)$$

čia: Projekto vertė – 100000000,00 Lt; Bendras kelio ilgis – 100 km.

Atlikus skaičiavimus pagal pirmą formulę gauname, kad preliminariai 1 km kontaktinio tinklo kaina bendram kelių ilgiui yra 1000000,00 Lt/km.

Išvados

1) Lietuvos geležinkeliai išlieka svarbiausia tranzitinio transporto rūšimi Respublikoje.

2) Įvertinant tai, kad 2011 m. daugiausia vežta naftos bei jos produktų, galime spręsti, kad sąstatuose daugiausiai būna (40 proc.) cisterninių vagonų. Pakrauti cisterniniai vagonai yra vieni iš sunkiausių, o jų ilgis nedidelis, šių cisterninių vagonų savybių naudoti elektrovežius jiems traukti būtų labai naudinga, nes atsirastų galimybė formuoti maksimalaus ilgio sąstatus kurių svoris neviršytų elektrovežio galimybių.

3) Atsižvelgiant į Elektros Traukos Sistemų 1×25 kV ir 2×25 kV, 50 Hz panaudojimo galimybes, Lietuvoje rekomenduojama naudoti 1×25 kV, AC, 50 Hz Elektrinės Traukos Sistemą.

4) Įvertinant šiuo metu vykdomo, N. Vilnios–Kena geležinkelio ruožo elektrifikavimo projekto vertę, preliminariai 1 km kontaktinio tinklo kaina bendram kelių ilgiui L yra 1000000,00 Lt.

Literatūra

- Bazaras, Ž.; Dundulis, R.; Kalpokas, J. 1995. *Geležinkelio riedmenys*: Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija. 84 p.
- Bureika G. 1997. *Riedmenų traukos teorija*: Paskaitų konspektas. – Vilnius: Technika. 98p.
- Lingaitis L.P. 2001. *Elektrinių riedmenų priežiūra ir patikimumas*. Vadovėlis transporto inžinerijos krypties studentams. Vilnius: Technika. 232p.
- Subačius, R.; Lingaitis, L. P. 2002. *Riedmenų techninė eksploatacija*. V.: Technika. 152 p.
- Гребенюк, П.Т.; Долганов, А.Н.; Скворцова, А.И. 1987. *Тяговые расчеты*. М.: Транспорт. 272 с.
- Lietuvos geležinkelių tinklalapis <<http://www.litrail.lt>>.
- Rusijos geležinkelių pagrindinis internetinis tinklalapis. Interaktyvus: <<http://www.rzd.me>>
- Lietuvos statistikos departamento internetinis tinklalapis. Interaktyvus: <<http://www.stat.gov.lt>>