

Kauno gatvių apšvietimo sistemos modernizavimas

Ramūnas Balsys,
Albertas Mikulionis,
Valdas Pakėnas,
Alfonsas Vaškys

*Kauno technologijos universitetas,
Elektros ir šviesos inžinerijos katedra,
A. Mickevičiaus g. 37-113,
LT-3000 Kaunas*

Lietuvos miestų gatvių apšvietimo sistemų didžiąją dalį sudaro fiziškai ir morališkai pasenę šviestuvai, jiems eksploatuoti sunaudojami didžiuliai elektros energijos kiekiai. Mažiau suvartoti elektros energijos galima keičiant šiuo metu plačiai naudojamas didžiaslėges gyvsidabrio lempas kur kas našesnėmis didžiaslėgėmis natrio lempomis (apie 2 kartus), taip pat naudojant šviesos srauto reguliatorius (dar apie 30–45%), įgalinančius sumažinti gatvių paviršiaus apšvietą tuomet, kai eismas neintensyvus. Labai didelę įtaką turi šviestuvų kokybė.

Straipsnyje išanalizuota Kauno miesto gatvių apšvietimo sistemos būklė, jos modernizacijos tikslai, apibendrintos energetinės ir ekonominės problemos.

Raktažodžiai: elektros energija, gatvių apšvietimas, įrengtoji galia, oro linijos, kabelinės linijos, didžiaslėgė gyvsidabrio lempa, didžiaslėgė natrio lempa, šviesos srauto reguliatoriai

1. ĮVADAS

Didžiąją Lietuvos miestų gatvių apšvietimo išlaidų dalį (apie 40%) sudaro mokestis už elektros energiją. Todėl svarbu, kad mažėtų miestų gatvių apšvietimo sistemų įrengtosios galios bei energijos suvartojimas.

Gatvių apšvietimas turi didelę įtaką transporto eismo ir gyventojų saugumui tamsiu paros metu. Tada atliekama apie 25% visų kelionių, o nelaimingų atsitikimų įvyksta 3 kartus daugiau negu dieną [1]. Nustatyta, kad tinkamai apšvietus gatves, galima apie 30% sumažinti nelaimingų atsitikimų skaičių. Be to, sumažėja kriminalinių nusikaltimų skaičius. Todėl svarbu visapusiškai tobulinti miestų apšvietimo sistemą.

Savivaldybės užsakymu 1999 m. atlikta Kauno miesto gatvių apšvietimo projekto studija [2] ir ja remiantis miesto savivaldybė gavo 10 mln. Lt Pasaulio banko paskolą. 2001 m. pradėta atnaujinti Kauno gatvių apšvietimo sistemą. Kadangi gatvių apšvietimo būklė yra panaši daugumoje Lietuvos miestų (išskyrus Vilnių) [3], šiame darbe išanalizuoti Kauno gatvių apšvietimo sistemos modernizacijos tikslai bei perspektyvos yra aktualūs visai Lietuvai.

2. KAUNO GATVIŲ APŠVIETIMO SISTEMOS BŪKLĖ PRIEŠ MODERNIZACIJĄ

Kauno gatvių apšvietimo sistemos būklę prieš modernizaciją apibūdina jos 1999 m. rodikliai (1 lentelė) [4].

Kaip matyti, 1999 m. išlaidos už elektros energiją buvo didelės – 2280,3 tūkst. Lt, nepaisant to, kad taupant elektros energiją dalis šviestuvų buvo išjungama. 1999 m. sausio 1 d. duomenimis, miesto gatvėms apšviesti buvo įrengti 23 429 šviestuvai. Dauguma šviestuvų su gyvsidabrio lempomis – 16969 vnt., arba 72,4%, kiti šviestuvai su natrio lempomis – 3416 vnt., arba 14,6%, šviestuvai su kaitinamosiomis lempomis – 2781 vnt., arba 11,9%. Šviestuvai buvo labai susidėvėję – 71%, pasibaigusi jų normatyvinė eksploatacijos trukmė – 25%, ji turėjo baigtis per

| Parametras | 1993 m. | 1999 m. | 2001 m. |
|--|---------|---------|---------|
| Apšviestos gatvės ilgis km | 578 | 640 | 640 |
| Elektros linijų ilgis km | 689 | 748 | 750 |
| Įrengta šviestuvų vnt. | 22285 | 23429 | 23347 |
| Metinis elektros energijos suvartojimas tūkst. kWh | 12069 | 12917 | 12397 |
| Metinės išlaidos už elektros energiją tūkst. Lt | 708,8 | 2280,3 | 2850 |
| Metinės eksploatacijos sąnaudos tūkst. Lt | 575,7 | 2414,5 | 2363 |
| Metinės kapitalinio remonto išlaidos tūkst. Lt | 118,4 | 309,5 | 460 |
| Vieno šviestuvo vidutinė galia W | 298 | 253 | 197 |

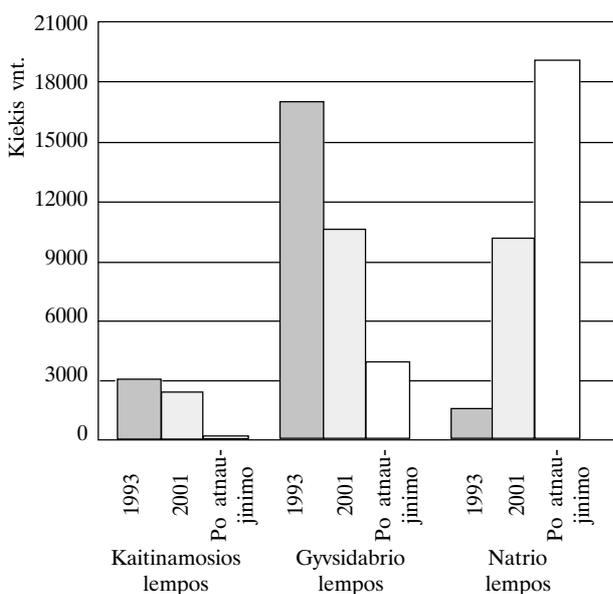
Pastaba: lentelėje pateikti nurodytų metų gruodžio 31 dienos duomenys.

artimiausius 5 metus – 45%, parkų ir skverų šviestuvai suniokoti chuliganų – 38%.

Pastarąjį dešimtmetį, taupant elektros energiją, nuolat daugėjo nenaudojamų šviestuvų, daugiausia 1997 m. (4507 vnt.). Naudojamų šviestuvų kokybė irgi blogėjo, nes ne visi susidėvėję šviestuvai buvo keičiami arba atnaujinami. Kasmet reikėjo pakeisti bent 7% šviestuvų, o keista tik 2,5–4,2%. Gatvėms apšviesti daugiausia buvo naudojami atviri šviestuvai su gyvsidabrio lempomis, kurių šviesos parametrai dėl surūdijusių atšvaitų yra gana prasti. Tokie šviestuvai negali tinkamai paskirstyti lempos šviesos srauto, o jų naudingumo koeficientas ne didesnis kaip 50%. Blogos kokybės šviestuvų ir nenašių, tačiau galingų, lempų vartojimas ekonomiškai galėjo būti pateisinamas tik esant mažai elektros energijos kainai. Tai lėmė ir palyginti didelės galios lempų naudojimą šalutinėms gatvėms apšviesti. Pusėje visų įrengtų šviestuvų buvo naudojamos 250 W gyvsidabrio lempos, o daugiau kaip 25% šviestuvų buvo su 400 W galios gyvsidabrio arba įvairios galios kaitinamosiomis lempomis. Vieno įrengto šviestuvo vidutinė galia buvo 253 W. Kai kurie (apie 10%) šviestuvai nepakankamai apšvietė gatvę, nes jie įrengti ant elektros tinklų atramų, esančių atokiai nuo gatvės, arba juos uždengė medžiai.

1 paveiksle pavaizduota Kauno gatvių apšvietimo sistemos lempų struktūra prieš atnaujinimą (1993 m., 2001 m.) ir numatoma struktūra po apšvietimo sistemos atnaujinimo (2003 m.).

Kaip matyti, daugiausia buvo didžiaslėgių gyvsidabrio lempų, be to, apšvietimui buvo naudojamos labai neekonomiškos kaitinamosios lempos (jų šviesos našumas apie 15 lm/W). Šiuo metu eksploatuojamų gyvsidabrio lempų šviesos našumas 36–55 lm/W, jų eksplo-



1 pav. Kauno gatvių apšvietimo sistemos lempų struktūra

atacijos trukmė – apie 16000 val. Didžiaslėgių natrio lempų šviesos našumas 70–130 lm/W, jų eksploatacijos trukmė – 24000 val. Taigi tam pačiam šviesos energijos kiekiui pagaminti natrio lempos sunaudoja 2 kartus mažiau elektros energijos negu gyvsidabrio, be to, jų eksploatacijos trukmė 50% ilgesnė. Palyginus gatvių apšvietimo įrenginius įvairiomis vietinėmis sąlygomis, nustatyta, kad įrenginiai su natrio lempomis ne tik sunaudoja mažiausiai elektros energijos, bet ir jų eksploatacijos išlaidos yra mažiausios. Be to, fiziologiniu požiūriu natrio lempos turi nemaža pranašumų, palyginus su kitų tipų lempomis. Apšvietus natrio lempomis, skiriamoji geba ir regimojo pojūčio greitis yra didesni negu apšvietus kitų tipų lempomis [5]. Aki vaizdu, kad buvusi apšvietimo sistema suvartojo labai daug elektros energijos.

Taupant elektros energiją, didelei miesto daliai apšvietos lygis nakties metu sumažinamas, atjungiant iš dispečerinės vieną trifazių apšvietimo linijų fazę arba apšvietimą vienoje pusėje tų gatvių, kurių apšvietimas dvipusis. Tačiau atjungiant vieną apšvietimo linijos fazę, nevienodai apkraunama sistema, perkraunamas neutralusis laidas, atsiranda įtampų asimetrija. Dėl šių priežasčių kai kurios lempos dega nestabiliai, sutrumpėja kitų eksploatacijos laikas. Be to, atjungus vieną apšvietimo linijos fazę, padidėja gatvių apšvietimo netolygumas, todėl apšvietimo kokybė tampa nepatenkinama.

Daugiausia apšvietimo elektros linijų (60,5%) sudarė oro linijos. Oro linijos nutiestos 35 mm² skerspjūvio aliuminio laidu ant Kauno elektros tinklų ar GAET (gatvių apšvietimo elektros tinklų) gelžbetoninių atramų. Oro linijų įrengimo sąnaudos nėra didelės, bet jos dėl vėtrų, medžių šakų poveikio dažnai genda. GAET oro linijos buvo gana intensyviai remontuojamos ir per 15 metų dauguma jų atnaujinta. Apie 83 km oro linijų, maitinančių šviestuvus su kaitinamosiomis lempomis, yra vienfazės. Kapitališkai remontuojant oro linijas, aliumininiai laidai kai kur keičiami AMKA tipo oro kabeliais. Kabelinės oro linijos 2 kartus brangesnės nei įprastinės oro linijos, bet jos gerokai patikimesnės.

Apšvietimo kabelinės linijos daugiausia paklotos miesto centrinėse ir magistralinėse gatvėse, t. y. visur, kur pastatytos metalinės GAET arba Kauno miesto troleibusų parko atramos. Apšvietimo elektros tinklų kabelinių linijų yra 264 km, t. y. 35% visų apšvietimo linijų. Daugiausia kabelinių linijų nutiesta prieš 15 metų. 1984–1998 m. atnaujinta tik 79,5 km linijų. Miesto apšvietimo kabelinės linijos senos ir didelės vertės kaip turtas neturi, tačiau dauguma linijų veikia patenkinamai.

Miesto gatvių apšvietimas įjungiamas ir išjungiamas pagal grafiką, suderintą su savivaldybės Energetikos skyriumi. Didžiąją miesto dalį apšvietimas įjungiamas iš dispečerinės. Apšvietimo linijoms mai-

tinti ir valdyti įrengti 282 maitinimo punktai. Tai metalinės spintos su komutacine, apsaugine ir elektros energijos apskaitos aparatūra, pastatytos daugiausia prie Kauno elektros tinklų transformatorių pastočių. Bendra prie vieno punkto prijungtų šviestuvų galia yra nuo 2 iki 60 kW. Per 12 metų pakeistas tik 61 maitinimo punktas, daugelis jų veikia 30 ar daugiau metų ir jų techninė būklė neatitinka pakitusių elektros saugos ir elektros energijos apskaitos reikalavimų.

Maitinimo punktai sujungti į septynias grupes. Dalis vienoje grupėje esančių maitinimo punktų valdymo grandinės atžvilgiu jungiami nuosekliai, vienas po kito. Iš dispečerinės įjungus maitinimą grandinės pradžioje esančiam maitinimo punktui, šis uždega savo šviestuvus ir įjungia antrojo punkto maitinimą. Antrasis punktas įjungia savo šviestuvus ir trečiąjį punktą. Grandinės gale esantis maitinimo punktas kontroliniu laidu grįžtamąjį signalą perduoda į dispečerinę.

Reikia konstatuoti, kad investicijos gatvių apšvietimo sistemos atstatomiesiems darbams per praėjusį dešimtmetį buvo nepakankamos (2 lent.). Nebuvo jos pakankamos ir anksčiau, todėl naudojama įranga yra pasenusi ir neefektyvi. Sistemos priežiūros ir remonto darbams skirtos miesto biudžeto lėšos nuo 1993 iki 1999 m. padidėjo 4,2 karto, bet remonto bei priežiūros darbų apimtys pakito nedaug. Lėšų sistemos priežiūrai padidėjimas gali būti aiškinamas vartojimo kainų didėjimu ir infliacija. Mokestis už elektros energiją išaugo 3,2 karto, tačiau elektros energijos vartojimas taip pat beveik nepakito. Kapitalinių remontų sąnaudos irgi padidėjo keletą kartų, tačiau sistemos objektų buvo suremontuojama beveik tiek pat. Daugiausia remonto lėšų buvo išleista šiuolaikinėms, bet brangesnėms kabelinėms oro linijoms tiesti.

Iš lentelės duomenų matyti, kad aiškiai nepakankamai lėšų buvo skiriama kapitaliniam remontui, t. y. apšvietimo sistemai atstatyti. Kadangi sistema nepakankamai atnaujinama jau keliolika metų, tai prieš modernizuojant ji buvo nusidėvėjusi 72%. Vien nusidėvėjusių šviestuvų per artimiausius 5 metus reikėjo keisti daugiau kaip 70%.

Įvertinant Kauno gatvių apšvietimo sistemos būklę prieš ją modernizuojant, galima padaryti šias išvadas:

1) gatvių apšvietimo sistema buvo labai susidėvėjusi (72%), todėl jos atnaujinimas neišvengiamas,

2) ankstesnė apšvietimo sistema labai neekonomiška (suvartojanti daug elektros energijos, vidutinė vieno šviestuvo galia 1999 m. – 253 W) ir neužtikrinanti geros apšvietimo kokybės, todėl ji turėtų būti atnaujinama naujų technologijų pagrindu.

3. PASIŪLYMAI KAUNO GATVIŲ APŠVIETIMO SISTEMAI MODERNIZUOTI

Naudojantis aprašytais techninio audito rezultatais, buvo numatomos šios apšvietimo sistemos atnaujinimo perspektyvos [2]:

1. Keičiant eksploatuojamus šviestuvus su gyvsidabrio ar kaitinamosiomis lempomis šviestuvais su natrio lempomis.

2. Pritaikant lempoms, maitinamoms per standartinius elektromagnetinius balastus, grupinius šviesos srauto reguliatorius.

3. Įdiegiant naujausią lempų maitinimo sistemą, kai kiekviena lempa turi specialų puslaidininkinį balastą, leidžiantį per parą reguliuoti jos šviesos srautą.

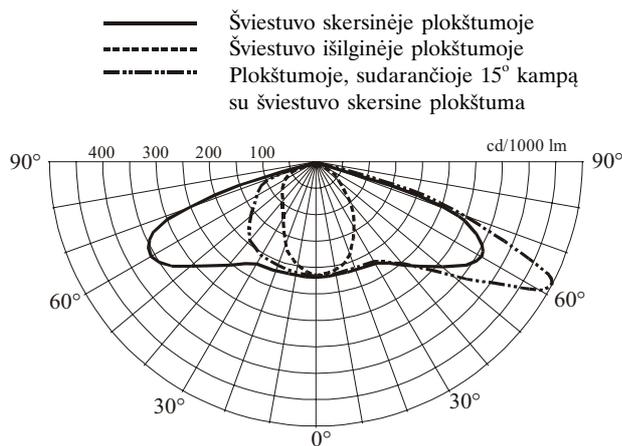
Kadangi gatvių apšvietimo sistemos modernizuoti numatyta tik 10 mln. Lt, tai Kauno miesto gatvių apšvietimo projekto galimybių studijoje [2] buvo pasiūlyta pradiniam modernizavimo etape keisti šviestuvus su kaitinamosiomis ar didžiaslėgėmis gyvsidabrio lempomis šviestuvais su didžiaslėgėmis natrio lempomis. Elektros tinklų ir apšvietimo sistemos valdymo šiame etape siūloma nemodernizuoti, o atlikti tik būtinausius darbus.

Apšvietimo įrenginio eksploatacijos išlaidos ir energijos suvartojimas labai priklauso ir nuo tipo šviestuvo, kurio optinė sistema nulemia šviesos srauto paskirstymą. Pagrindinis normuojamas parametras apšviečiant gatves yra gatvių paviršiaus skaitis bei tolygumas. Todėl šviestuvų šviesos stiprio kreivės forma turėtų užtikrinti tolygų kelio paviršiaus skaitį (2 pav.).

Gatvių apšvietimui skirtų šviestuvų šviesos stiprio maksimumas šviestuvo skersinėje plokštumoje turi būti, kai kampas 60° ir didesnis. Kadangi šviestuvus įrengtas gatvės pakraštyje, visam gatvės paviršiui apšviesti jis šviesos srautą turi skleisti ne tik į šonus, bet ir į priekį. Todėl gatvės šviestuvų šviesos stipris normuojamas ir C plokštumoje, kertančioje šviestuvo optinę ašį ir sudarančioje 15° kampą su šviestuvo skersine plokštuma. Šiuolaikinių energijos požiūriu efektyvių šviestuvų šviesos stiprio didžiausia vertė $I_{max} C$ plokštumoje turėtų būti ne mažesnė kaip 700 cd/klm. Šalutinių gatvių, kurių apšvietimui keliami mažesni reikala-

2 lentelė. Kauno apšvietimo sistemai reikalingos ir 1999 m. faktiškai skirtos lėšos

| Lėšų paskirtis | Faktiškai skirtos lėšos tūkst. Lt | Lėšos, būtinos visos apšvietimo sistemos normaliam darbui, tūkst. Lt |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Kapitalinis remontas | 310 | 1 495 |
| Einamasis remontas ir priežiūra | 2 414 | 2 235 |
| Elektros energija | 2 280 | 4 120 |
| Iš viso | 5 004 | 7 850 |



2 pav. Tipinė gatvių apšvietimo šviestuvo šviesos stiprio kreivė

Atliekant šį projektą laikytasi SNIP-II-4-79 apšvietimo normų, tačiau kur techniškai buvo įmanoma, siekiama atitikti tarptautinių rekomendacijų reikalavimus.

Pagal minėtą projektą numatoma 16 000 šviestuvų su kaitinamosiomis ar didžiaslėgėmis gyvsidabrio lempomis pakeisti šviestuvais su didžiaslėgėmis natrio lempomis (3 lentelė).

Iš 3 lentelės duomenų matyti, jog pakeistų šviestuvų įrengtoji galia ir metinis elektros energijos suvartojimas sumažės 60%. Todėl gatvių apšvietimo sistemą bus galima eksploatuoti neatjungiant kai kurių šviestuvų, o tai užtikrins gerą apšvietimo kokybę. Be to, atnaujinus apšvietimo sistemą, sumažės linijų bei maitinimo punktų apkrova, todėl pagerės jų darbo patikimumas.

3 lentelė. Kauno gatvių apšvietimo modernizacijos pirmojo etapo pagrindiniai techniniai-ekonominiai rodikliai [6]

| Eil. Nr. | Pavadinimas | Rodiklis | |
|----------|--|---------------|-------------------|
| | | esama padėtis | po modernizacijos |
| 1 | Šviestuvų kiekis vnt. | 16 000 | 16 000 |
| 2 | Įrengtoji šviestuvų galia (įskaitant nuostolius balaste) kW | 4 881,68 | 1 923,94 |
| 3 | Metinis elektros energijos suvartojimas kWh | 10 075 783,0 | 3 970 924,0 |
| 4 | Elektros energijos sąnaudų metinė ekonomija kWh | | 6 104 859 |
| 5 | Elektros energijos sąnaudų metinė ekonomija % | | 60,59 |
| 6 | Naujų elektros oro linijų tiesimas km | | 160 |
| 7 | Naujų kabelinių oro linijų tiesimas km | | 10,06 |
| 8 | Maitinimo punktų modernizacija vnt. | | 10 |
| 9 | Skaičiuojamoji statybos kaina 2000 01 01 kainų lygiu tūkst. Lt | | 10 000,000 |
| 10 | Iš to skaičiaus statybos montavimo darbai tūkst. Lt | | 9 706,476 |

vimais, šviestuvų I_{\max} turėtų būti ne mažesnis kaip 400 cd/klm.

4. KAUNO MIESTO GATVIŲ APŠVIETIMO MODERNIZAVIMO PROJEKTAS

Remiantis Kauno miesto gatvių apšvietimo projekto galimybių studija [2], buvo parengtas Kauno miesto gatvių apšvietimo modernizavimo projektas [6]. Renigiant šio projekto šviesos techninę dalį buvo įvertinta tai, kad miestų gatvių apšvietimo lygiai iki šiol reglamentuojami pagal 1979 m. apšvietimo normas SNIP-II-4-79. Šios gatvių apšvietimo normos gana smulkiai reglamentuoja gatvių apšvietimo reikalavimus ir skiriasi nuo tarptautinių rekomendacijų (CIE) ypač pagal apšvietimo kokybės parametrus. Manome, kad Lietuvoje galiojančios gatvių apšvietimo normos turėtų būti artimesnės CIE rekomendacijoms, kuriose išskiriamos kelių ir gatvių kategorijos, taip pat reglamentuojami šių kelių ir gatvių dangų apšvietimo kiekybės ir kokybės parametrai.

5. MODERNIZUOTO GATVIŲ APŠVIETIMO TYRIMAS

Skaičiuojant ir projektuojant apšvietimą gatvėms, kuriose automobilių eismas intensyvus, vertinamas gatvės važiuojamosios dalies skaištis (cd/m^2). Keliams ir šaligatviams, kurie skirti pėstiesiems, vertinama vidutinė apšvieta (lx). Nepaisant to, kad dabartiniai minėtų parametrų skaičiavimo metodai ir sukurtos jų skaičiavimo programos yra pakankamai tobulos, įvertinti visus veiksnius skaičiuojant ir projektuojant gana sudėtinga. Todėl siekiant nustatyti, kiek rekonstruotų gatvių apšvietimas atitinka projektuotą ir apšvietimo standartų reikalavimus, buvo atlikti gatvių skaiščio ir apšvietos tyrimai po rekonstrukcijos.

Matavimai buvo atlikti tyrimams skirtu fotometru – IL1700 Nr 4086 (Research Radiometer). Prietaiso matavimų diapazonas nuo $2 \cdot 10^{-13}$ iki $2 \cdot 10^{-3}$ A su ne mažesniu kaip 0,2% tiesiškumu visame matavimų diapazone. Matavimai atlikti esant sausai kelio dangai.

Apšvietai matuoti buvo naudojamas detektorius SEL033 Nr. 7181 su filtru Y Nr. 24332 ir optiniu elementu W Nr. 10352. Prietaisais apšvietai matuoti (lx) kalibruotas gamintojo 2002 m. kovo 28 d.

Skaisčiui matuoti buvo naudojamas detektorius SEL033 Nr. 7181 su filtru Y Nr. 24332 ir optiniu elementu R Nr. 656. Prietaisais skaisčiui matuoti (cd/m²) kalibruotas gamintojo 2002 m. kovo 28 d. Optinis elementas R įgalina matuoti kelio dangos skaisčių matymo lauke, apribotame kampu +/-0,75°.

Šia matavimo įranga buvo galima pirmą kartą Lietuvoje ištirti daugelio gatvių dangos skaisčius ir įvertinti gatvių apšvietimo kokybę natūraliomis sąlygomis.

Automobilio vairuotojui svarbu matyti prieš save 60–160 m gatvės atkarpą. Todėl vairuotojo stebėjimo kampas yra nuo 1,5° iki 0,5° horizonto atžvilgiu. Matavimams buvo parinktas kampas $\alpha = 1^\circ$, rekomenduojamas CIE standarto nustatant kelio dangos charakteristikas. Matavimo lauko centrui nustatyti buvo naudojamas optinis taikiklis. Optiniu taikikliu detektoriaus optinė ašis buvo nutaikoma 57–60 m atstumu nuo matavimo prietaiso. Detektoriaus aukštis nuo kelio dangos buvo parinktas lengvojo automobilio vairuotojo akių lygyje, apie 1 m nuo kelio dangos. Atlikus palyginamuosius matavimus iš automobilio salono ir esant tokioms pačioms sąlygoms, lauke esminių matavimų skirtumų, didesnių už matavimų paklaidas (apie 5%), kurias daugiausia sąlygoja detektoriaus ašinio spindulio nutaikymo galimybės, nenustatyta. Todėl skaisčio matavimai buvo atliekami iš lengvojo automobilio salono. Įvertinant, kad optinio elemento matymo kampas yra +/-0,75°, į matavimo lauką pateko kelio ilgio nuo 32 iki 230 m ir pločio iki 1,5 m sritis. Tokiu būdu buvo matuojamas šios kelio srities vidutinis skaisčius. Kadangi kelio dangos vidutinio skaisčio vertės atskirose gatvės atkarpose ir eismo juostose buvo skirtingos, tai fiksuoti matavimų rezultatų vidurkiai bei gautos mažiausios ir didžiausios vertės.

Vidutinė apšvieta matuota visoje gatvėje nuo šviestuvo iki pusės atstumo tarp gretimų atramų. Matavimo taškų skaičius priklausė nuo gatvės pločio ir plačiausioms gatvėms buvo 30, t. y. naudojant stačiakampį tinklą 5 x 6.

Matavimams buvo atrinktos gatvės, kuriose šviestuvai su gyvsidabrio lempomis pakeisti šviestuvais su natrio lempomis (4 lentelė). Matavimai atlikti 2002 m. gegužę.

Gatvių, kurių atskirose atkarpose skiriasi eismo intensyvumas, matavimai buvo planuojami kiekvie-

4 lentelė. **Gatvių su pakeistais šviestuvais ir matavimams atrinktų gatvių skaičiai**

| Rekonstrukcijos data | Gatvių skaičius | Šviestuvų skaičius | Tirta gatvių atkarpų | Pastabos |
|----------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2001 09 | 107 | 2731 | 17 | 3 gatvėse matuota po dvi atkarpas |
| 2001 10 | 89 | 1445 | 10 | |
| 2001 11 | 83 | 1593 | 10 | 2 gatvėse matuota po dvi atkarpas |
| 2001 12 | 62 | 1267 | 12 | 2 gatvėse matuota po dvi atkarpas |
| 2002 01 | 51 | 796 | 5 | |
| Iš viso | 392 | 7832 | 54 | 7 gatvėse matuota po dvi atkarpas |

nai atkarpai. Todėl gautų matavimo rezultatų skaičius (54) buvo didesnis už pasirinktų matavimams gatvių skaičių (47). Gatvių važiuojamosios dalies skaisčius (cd/m²) yra pagrindinis normuojamas parametras, todėl jis buvo matuojamas visoms pasirinktoms gatvėms. Daliai (17) pasirinktų gatvių buvo matuojamas ir papildomas projekte skaičiuotas parametras – gatvės važiuojamosios dalies vidutinė apšvieta (lx).

Matavimai buvo atlikti: 4 – A, 14 – B, 20 – C ir 16 – D kategorijos gatvių atkarpose. Tokiu būdu matavimai buvo atlikti visose rekonstruotose A kategorijos gatvėse, daugumoje B kategorijos gatvių ir mažiausiai C kategorijos gatvių.

Palyginus matavimų rezultatų vidurkius tiriamose gatvėse, nustatyta, kad normuojamą gatvių skaisčių vidurkį prilyginus 1, projektuotas dydis buvo 1,1, o matavimų rezultatas – 1,38.

Tokie rezultatai patvirtina gana tinkamą projekto realizavimo kokybę. Gauti didesni matavimų rezultatai už projektuotus yra pateisinami tuo, kad matavimai atlikti įrenginio eksploatavimo pradžioje, o normuojami skaisčiai turi būti užtikrinami ir lempų eksploatacijos pabaigoje (maždaug po 6–8 metų).

Kadangi vidutinės gatvių apšvietos CIE (Tarptautinė apšvietimo komisija) nenormuoja, tai buvo lyginami projektuotos ir matuotos vidutinės apšvietos dydžiai. Išmatuotas 17 gatvių vidutinės apšvietos vidurkis gautas 0,91, palyginti su projektuotu.

Žinoma, kai kuriose gatvėse gauti nukrypimai nuo projektuotų ir normuojamų dydžių. Visose matuotose A kategorijos gatvėse kelio dangos skaisčius buvo ne mažesnis už CIE standartų rekomenduojamus skaisčius. Karaliaus Mindaugo pr. atkarpoje nuo Aleksoto tilto iki Birštono gatvės skaisčius buvo 1,5 karto didesnis už normuojamą. Dar didesnis skaisčius išmatuotas Jonavos gatvėje.

Beveik visose matuotose B kategorijos gatvėse kelio dangos skaisčius irgi atitinka tiek normuojamus, tiek projektuotus skaisčius. Šiek tiek didesniais skaisčiais (apie 1,5 karto didesniais už normuotus) išsi-

skiria Vytauto pr. ir Tvirtovės al. Tokie skaisčiai yra pateisinami dėl gana didelio eismo intensyvumo šiose gatvėse. Vienintelė iš matuotų B kategorijos gatvių, labai netenkinanti normuotų ir projektuotų lygių, buvo A. Baranausko gatvė. Joje normuotas $1,5 \text{ cd/m}^2$, projektuotas $1,95 \text{ cd/m}^2$, o išmatavus gautas tik $0,96 \text{ cd/m}^2$ vidutinis skaistis. Tokio rezultato priežastis yra šiek tiek neveikiančių šviestuvų ir didelis medžių šakų ekranavimas, kuris dar labiau pasireiškia sulapojus medžiams.

Daugumos C ir D kategorijų kelio dangos skaisčiai labai nedaug skiriasi nuo normuojamų ir projektuotų skaisčių.

Beveik dvigubai mažesnis už normuojamą ($1,0 \text{ cd/m}^2$) skaisčių gautas ($0,56 \text{ cd/m}^2$) skaistis Žeimenos g. atkarpos tarp Sukilėlių ir P. Lukšio gatvių. Tik papildomai ištyrus šios gatvės eismo intensyvumą, būtų galima spręsti, ar įmanoma palikti tokio lygio šios gatvės atkarpos apšvietimą.

Kai kuriose D kategorijos gatvėse (Sasnausko, Vaižganto, Višinskio) išmatuotas vidutinis skaistis iki 30% mažesnis už normuojamą. Jose ir projektuota iki 20% mažesni skaisčiai. Tai visiškai pateisinama, nes jos – miesto mikrorajono vidinės gatvės, kuriose eismas yra nedidelis.

6. APŠVIETIMO SISTEMOS MODERNIZAVIMO EIGA IR PERSPEKTYVOS

Kauno gatvių apšvietimas pradėtas modernizuoti 2001 m. 1 paveiksle pavaizduota lempų struktūra 2001 m. ir po modernizacijos 2003 m. Kaip matyti, didžiąją šviestuvų dalį (apie 85%) sudarys šviestuvai su didžiaslėgėmis natrio lempomis, o šviestuvų su kaitinamosiomis lempomis neliks. Įrengtoji gatvių apšvietimo sistemos galia sumažės apie 3000 kW (3 lentelė). Šiuo metu šviestuvų su didžiaslėgėmis natrio lempomis sparčiai daugėja (1 pav.) – apie 45% visų šviestuvų. Dėl to itin sumažėjo vidutinė vieno šviestuvo galia (iki 197 W, žr. 1 lentelę) ir įrengtoji gatvių apšvietimo sistemos galia, nes šviestuvų skaičius praktiškai nepakito. Tuo tarpu elektros energijos suvartojama tik šiek tiek mažiau. Tai paaiškinama tuo, kad prieš modernizuojant apšvietimo sistemą siekta sutaupyti lėšų ir būdavo išjungiami neleistinai daug šviestuvų. Kadangi šiuo metu taip lėšos netaupomos, pagerėjo miesto gatvių apšvietimo kokybė.

Iš 3 lentelės duomenų matyti, kad Kauno gatvių apšvietimo modernizacijos pirmojo etapo metu elektros linijos bei maitinimo punktai dėl lėšų stygiaus bus atnaujinami nedaug. Apšvietimo elektros linijų atnaujinimas, skirtingai nei šviestuvų keitimas, greitos ekonominės naudos neduoda. Tačiau esant paseksioms, dažnai gendančioms elektros linijoms, neįmanoma kokybiškai apšviesti miestą, reikia daug išlaidų linijų priežiūrai ir funkcionavimui palaikyti. To-

dėl modernizuojant apšvietimo sistemą, reikia kapitališkai suremontuoti atskiras oro ir kabelinių linijų dalis. Tai artimiausios ateities darbai.

Be to, reikėtų modernizuoti apšvietimo sistemos valdymą, atsisakyti ilgų grandinių, sudarytų iš nuosekliai sujungtų apšvietimo linijų ir maitinimo punktų. Kelių tarpusavyje sujungtų maitinimo punktų apšvietimą galėtų valdyti fotorelė, įjungianti apšvietimo linijas, kai natūrali apšvieta sumažėja iki $0,5\text{--}1 \text{ lx}$.

Pagerėjus GAET finansavimui, maitinimo punktuose reikia įrengti grupinius lempų galios reguliatorius. Tokie reguliatoriai, sumažindami maitinimo įtampą, kai transporto judėjimas neintensyvus, įgalina sutaupyti 30–45% elektros energijos.

7. IŠVADOS

1. Prieš modernizacijos pradžią didžioji Kauno gatvių apšvietimo sistemos dalis buvo ir morališkai, ir fiziškai pasenusi, o jos įrengtoji galia – didelė.

2. Gatvių apšvietimo sistema modernizuojama keičiant eksploatuojamus šviestuvus su kaitinamosiomis ar gyvsidabrio lempomis šviestuvais su natrio lempomis. Sistemos įrengtoji galia sumažės daugiau kaip 2 kartus. Elektros linijos ir maitinimo punktai atnaujinami nedaug.

3. Išmatavus 12% rekonstruotų gatvių, kuriose pakeista 7832 šviestuvai, vidutinius skaisčius, nustatyta, kad iš 54 matuotų gatvių arba jų atkarpų skaisčių vidurkis 1,38 karto didesnis už CIE normuojamą ir tik 12 iš jų nustatyta didesnių skirtumų tarp normuojamų ir išmatuotų dydžių. Iš jų 3 atvejais gauti iki 50% mažesni už normuojamus dydžiai, o 9 atvejais iki 1,5–2 kartų didesni lygiai, palyginti su normuojamais ir projektuotais. Mažesnio negu projektuoto kelio dangos skaisčio priežastis yra nešviečiantys šviestuvai ir jų ekranavimas medžių šakomis.

4. Artimiausioje ateityje būtina modernizuoti elektros linijas, maitinimo punktus, valdymo sistemą. Maitinimo punktuose tikslinga įrengti grupinius lempų galios reguliatorius.

Gauta
2003 01 16

Literatūra

1. Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic. Technical report CIE 115–1995. International Commission on Illumination, CIE Central Bureau. Viena, Austria.
2. Kauno miesto gatvių apšvietimo projekto galimybių studija. Galutinė ataskaita. Kaunas: KTU, 1999.
3. Balsys R., Mikulionis A., Pakėnas V., Vaškys A. Energy saving in street lighting in Lithuania – Trends in renovation, Right Light 5 // Proceedings, 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting. Nice, France, 29–31 May 2002.

4. Balsys R., Mikulionis A., Pakėnas V. Kauno miesto gatvių apšvietimo sistemos būklė ir jos atnaujinimo perspektyvos // Elektrotechnika. Kaunas: Technologija, 2000. T. 24(33).
5. Lighting manual, Philips lighting B. V., 1993.
6. Kauno m. gatvių apšvietimo modernizacija. Techninis projektas, UAB Kauno komprojektas, 2001.

Ramūnas Balsys, Albertas Mikulionis, Valdas Pakėnas, Alfonsas Vaškys

RENOVATION OF THE KAUNAS STREET LIGHTING SYSTEM

S u m m a r y

The major part of Lithuanian town street lighting systems consists of obsolete and out-of-date luminaires. Large amounts of electricity are consumed during their maintenance. Replacement of high pressure mercury lamp luminaires by high pressure sodium lamp luminaires would enable to reduce electric energy consumption about 2 times. Implementation of light flux regulators which reduce street surface illuminance when traffic density is low enables additional reduction of energy consumption (by 30–45%). The quality of luminaires is of great importance.

The status of the Kaunas street lighting system and the purposes of its renovation are analysed, also energetic and economic problems are summarized.

Key words: electric energy, street lighting, installed power, aerial lines, cable lines, high pressure mercury lamp, high pressure sodium lamp, light flux regulators

Рамунас Бальсис, Альбертас Микулёнис, Валдас Пакенас, Альфонсас Вашкис

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В КАУНАСЕ

Р е з ю м е

Основная часть системы уличного освещения в городах Литвы состоит из физически и морально устаревших светильников, при эксплуатации которых расходуется большое количество электроэнергии. Уменьшить потребление электроэнергии возможно: примерно в 2 раза – путем замены светильников с ртутными лампами высокого давления, которые в настоящее время широко используются в системе уличного освещения, на светильники с натриевыми лампами высокого давления и еще на 30–45% – применением регуляторов светового потока, что позволит уменьшать освещенность поверхности улиц в часы, когда интенсивность транспортного движения невелика. Качество светильников имеет очень важное значение.

В статье представлены анализ состояния системы уличного освещения в Каунасе, цели ее модернизации, а также обобщены энергетические и экономические проблемы.

Ключевые слова: электроэнергия, уличное освещение, установленная мощность, воздушные линии, кабельные линии, ртутная лампа высокого давления, натриевая лампа высокого давления, регуляторы светового потока