



Shahar taqsimlash tarmoqlarining elektr yuklamalarini eksperimental baholash metodikasi va o'lov parametrlarini asoslash

Anvar G. Saidxodjayev

DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; saidhodzaevanvar1@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5100-2389>

Dolzarbli: shahar elektr ta'minoti tizimlarini loyihalash va modernizatsiya qilishda hisobiy yuklamalarning ishonchli qiymatlari zarur. Bunday qiymatlarni faqat nazariy modellash yo'li bilan olish mumkin emas: ular haqiqiy o'lovlar asosida tasdiqlanishi kerak. Ammo o'lov ishlarini tizimsiz, aniq metodika va me'yoriy ta'minotsiz o'tkazish natijalarning takrorlanmasligiga olib keladi: o'lov davri, qadam oralig'i va asboblarning sinfi asossiz tanlansa, kunlik maksimal yuklama 5–20 % gacha kam baholanadi. Shu sababli loyiha doirasida eksperimental tadqiqotlarni tashkil etishning yaxlit metodikasi ishlab chiqilishi dolzarb masala hisoblanadi.

Maqsad: loyiha doirasida shahar taqsimlash tarmoqlarining elektr yuklamalarini eksperimental o'rganish metodikasini ishlab chiqish, o'lovlarni tashkil etish, natijalarni statistik qayta ishlash va ularning ishonchligini baholash.

Usullari: nazariy tahlil va loyihaviy yondashuv, tabiiy eksperiment, ko'p nuqtali sinxron o'lchashlar, variatsion statistika, dispersiyalarni taqqoslash mezonlari, sonli tajribalar va natijalarni metrologik tekshirish.

Natijalar: loyihaning 5 bosqichli tuzilmasi va eksperiment o'tkazish metodikasi ishlab chiqildi. Toshkent shahrining 0,4 kV taqsimlash tarmog'ida 24 ta obyektga o'tkazilgan o'lovlar o'lov qadamini 1 s dan 60 s gacha oshirganda kunlik maksimal yuklamaning 0,3–2,8 % gacha kam baholanishini ko'rsatdi; 5 s qadam va 14 kunlik o'lov davri 5 % xatolik bilan 95 % ishonchli natija berishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: loyiha, eksperimental tadqiqot, o'lov metodikasi, elektr yuklamasi, o'lov qadami, statistik qayta ishlash, metrologik ta'minot, ishonch ehtimoli, tabiiy eksperiment.

For citation: A. G. Saidxodjayev.

Methodology for Experimental Assessment of Electrical Loads in Urban Distribution Networks and Justification of Measurement Parameters. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 3, pp. 95-101.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23218859>

Received: 22.01.2026

Revised: 17.02.2026

Accepted: 24.03.2026

Published: 25.09.2026

Copyright: © Anvar G. Saidxodjayev, 2026. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Методика экспериментальной оценки электрических нагрузок городских распределительных сетей и обоснование параметров измерений

Анвар Г. Саидходжаев

DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; saidhodzaevanvar1@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5100-2389>

Актуальность: при проектировании и модернизации систем электроснабжения городов необходимы достоверные значения расчётных нагрузок. Такие значения нельзя получить только теоретическим моделированием — они должны подтверждаться натурными измерениями. Однако без единой методики и метрологического обеспечения результаты не воспроизводятся: при необоснованном выборе периода, шага опроса и класса приборов суточный максимум нагрузки занижается на 5–20 %. Поэтому разработка целостной методики организации экспериментальных исследований в рамках проекта является актуальной задачей.

Цель: разработка методики экспериментального изучения электрических нагрузок городских распределительных сетей в рамках проекта, организация измерений, статистическая обработка и оценка достоверности результатов.

Методы: теоретический анализ и проектный подход, натурный эксперимент, многоточечные синхронные измерения, вариационная статистика, критерии сравнения дисперсий, численные эксперименты и метрологическая проверка результатов.

Результаты: разработаны пятиэтапная структура проекта и методика проведения эксперимента. Измерения на 24 объектах распределительной сети 0,4 кВ г. Ташкента показали, что при увеличении шага опроса с 1 до 60 с суточный максимум нагрузки занижается на 0,3–2,8 %; шаг 5 с и период 14 суток обеспечивают результат с погрешностью 5 % при доверительной вероятности 95 %.

Ключевые слова: проект, экспериментальное исследование, методика измерений, электрическая нагрузка, шаг опроса, статистическая обработка, метрологическое обеспечение, доверительная вероятность, натурный эксперимент.



Methodology for Experimental Assessment of Electrical Loads in Urban Distribution Networks and Justification of Measurement Parameters

Anvar G. Saidkhodjayev

DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; saidhodzaevanvar1@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5100-2389>

Relevance: designing and modernising urban power supply systems requires reliable values of design loads. Such values cannot be obtained by theoretical modelling alone - they must be confirmed by field measurements. However, without a unified methodology and metrological support the results are not reproducible: if the measurement period, the sampling interval and the instrument class are chosen without justification, the daily maximum load is underestimated by 5–20 %. Therefore, developing a holistic methodology for organising experimental research within a project is an urgent task.

Aim: to develop a methodology for the experimental study of the electrical loads of urban distribution networks within the framework of the project, to organise the measurements, to statistically process the results and to assess their reliability.

Methods: theoretical analysis and the project approach, full-scale experiment, multi-point synchronous measurements, variation statistics, criteria for comparing variances, numerical experiments and metrological verification of the results.

Results: a five-stage project structure and a methodology for conducting the experiment were developed. Measurements at 24 facilities of a 0.4 kV distribution network in Tashkent showed that increasing the sampling interval from 1 s to 60 s underestimates the daily maximum load by 0.3–2.8 %; a 5 s interval and a 14-day measurement period provide a result with an error of 5 % at a confidence level of 95 %.

Keywords: project, experimental research, measurement methodology, electrical load, sampling interval, statistical processing, metrological support, confidence level, full-scale experiment.

1. Kirish (Introduction)

Shahar elektr ta'minoti tizimlarining ishonchliligi va tejamkorligi bevosita hisobiy yuklamalarning to'g'ri aniqlanganligiga bog'liq [1, 2]. Hisobiy yuklamalarni faqat nazariy modellashirish yo'li bilan yetarli aniqlikda topish mumkin emas, chunki ular iste'molchilarning haqiqiy iste'mol rejimiga, iqlim sharoitlariga, jihozlanish darajasiga va ish vaqti jadvaliga bog'liq. Shu sababli har qanday loyihada nazariy tadqiqotlar tabiiy eksperiment bilan to'ldirilishi va tasdiqlanishi shart.

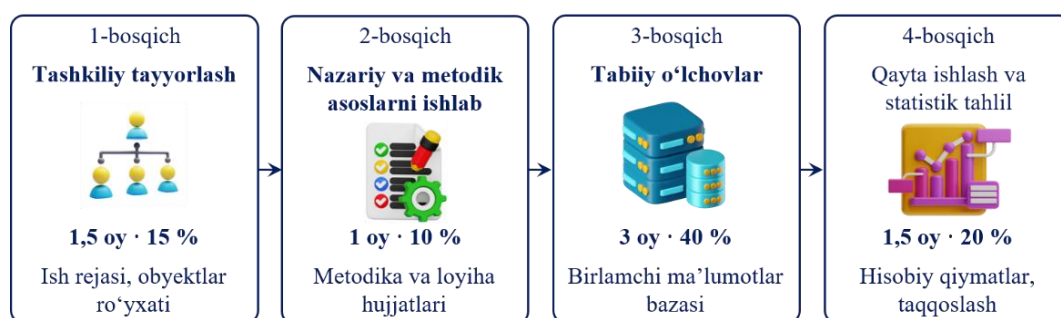
Loyiha doirasida eksperimental tadqiqotlar o'tkazish bir necha bosqichdan iborat: loyihani tashkiliy tayyorlash, nazariy va metodik asoslarni ishlab chiqish, tabiiy o'lchovlarni bajarish, natijalarni statistik qayta ishlash hamda ularni umumlashtirish va hujjatlashtirish. Bu bosqichlarning har biri o'ziga xos talablarga ega, ammo ularning o'zaro bog'liqligi yetarli darajada o'rganilmagan [3, 4].

Amaliyotda ko'p uchraydigan kamchiliklar quyidagilardan iborat: o'lchov davri va qadaming asossiz tanlanishi, asboblarning aniqlik sinfi hisobga olinmasligi, o'lchovlarning sinxron bajarilmasligi, natijalarni qayta ishlashda statistik mezonlardan foydalanilmasligi. Natijada olingan ma'lumotlar takrorlanmaydi va ular asosida qabul qilingan qarorlar ishonchsiz bo'ladi. Tajriba shuni ko'rsatadiki, o'lchov qadami 1 s dan 30 daqiqagacha oshirilganda kunlik maksimal yuklama 8–22 % gacha kam baholanishi mumkin.

Shu sababli ishning maqsadi loyiha doirasida shahar taqsimlash tarmoqlarining elektr yuklamalarini eksperimental o'rganish metodikasini ishlab chiqish, o'lchovlarni tashkil etish, natijalarni statistik qayta ishlash va ularning ishonchliligini baholashdan iborat.

2. Metodlar va materiallar (Methods and materials)

Loyihaning tuzilmasi. Loyiha besh bosqichdan iborat (1-rasm). Har bir bosqichning muddati, mehnat sarfi va natijasi (deliverable) belgilangan. Bosqichlarning bunday ketma-ketligi nazariy tayyorgarlikdan eksperimentga va undan natijalarni joriy etishga o'tishning mantiqiy zanjirini ta'minlaydi.



1-rasm. Loyihaning bosqichlari, muddatlari va natijalari

Fig. 1. Stages, duration and outputs of the project

Tadqiqot obyekti va o'lchov sxemasi. Tajriba Toshkent shahrining Chilonzor tumanidagi 0,4 kV kuchlanishli taqsimlash tarmog'ida o'tkazildi. Tarmoqda 6 ta turkumga mansub 24 ta obyekt tanlandi: ko'p qavatli turar-joy binolari (6 ta), yakka tartibli uy-joylar (6 ta), maktab va maktabgacha muassasalar (4 ta), kasalxona va poliklinikalar (3 ta), savdo va maishiy xizmat obyektlari (3 ta), ko'cha yoritish punktlari (2 ta). Obyektlar tarmoqning turli uchastkalaridan tanlanib, quvvat bo'yicha qamrov 78 % ni tashkil etdi.

O'lchovlar kirish taqsimlash qurilmalarida (KTQ) uch fazali to'liq quvvat usulida o'tkazildi. Har bir obyekt uchun quyidagi kattaliklar qayd etildi: faza kuchlanishlari, faza toklari, aktiv va reaktiv quvvatlar, quvvat ko'effitsiyenti, chastota va kuchlanish garmonikalari. O'lchov nuqtalari tarmoqning hisobiy uchastkalari bo'yicha tanlanib, barcha qurilmalar yagona vaqt bo'yicha sinxronlashtirildi.

O'lchov vositalari. Eksperimentda ishlatilgan asboblari 1-jadvalda keltirilgan. Barcha o'lchov vositalari metrologik tekshiruvdan o'tgan va amal qilish muddati tugamagan sertifikatlariga ega. Etalon qurilma sifatida 0,2 aniqlik sinfidagi ko'chma solishtirish vositasi ishlatildi, unga nisbatan barcha qurilmalar o'lchovdan oldin va keyin tekshirildi.

1-jadval. Eksperimentda ishlatilgan o'lchov vositalari

Table 1. Measuring instruments used in the experiment

O'lchov vositasi	Turi (model)	Aniqlik sinfi	Qayd etish qadami	Xatolik, %
Etalon ko'chma solishtirish vositasi	MTS-1	0,2	—	0,2
Tok o'lchash qisqichlari	Fluke 3000 FC	1,0	1 s	1,0
Ko'chma analizator	PQA-824	0,5	1 s	0,5
AIISQE hisoblagichi	SmartMeter S2	1,0	5 s	1,0
Ma'lumot yig'uvchi modul	DataLog L12	0,5	1 s	0,5
Avtonom quvvat manbai	UPS-1000	—	—	—

O'lchov qadamini tanlash. O'lchov qadami δ_t qanchalik kichik bo'lsa, maksimal yuklama shunchalik aniq qayd etiladi. Ammo qadam kichrayishi bilan ma'lumot hajmi va qayta ishlash xarajatlari keskin ortadi [5, 6]. Tahlil va tajriba natijalari asosida quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

$$\delta_t = 5 \text{ s} - \text{turar-joy va jamoat binolari uchun}; \quad (1)$$

$$\delta_t = 1 \text{ s} - \text{kuchlanish sifati va garmonikalarni baholash uchun}; \quad (2)$$

$$\delta_t = 60 \text{ s} - \text{uzoq muddatli (oylik, mavsumiy) kuzatuvlar uchun}. \quad (3)$$

Nazorat qilish uchun har bir obyektida 1 s qadam bilan nazorat o'lchovlari bajarildi. Tajriba ikki mavsumda – qishki (dekabr–yanvar) va yozgi (iyul–avgust) maksimal rejimlarda, har biri 14 kundan o'tkazildi. Natijada har bir obyekt uchun 28 kunlik uzluksiz o'lchov qatori shakllantirildi.

O'lchov davrini asoslash. Kunlik maksimal yuklamaning tasodifiy tarqoqligi variatsiya ko'effitsiyenti α bilan baholanadi. O'rtacha qiymatning nisbiy standart xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\varepsilon = \frac{t \cdot \alpha}{\sqrt{n}}; \quad (4)$$

bu yerda t – ishonch ehtimoliga mos keluvchi Student ko'effitsiyenti ($P = 0,95$ uchun $t = 1,96$); α – variatsiya ko'effitsiyenti; n – kuzatuvlar (kunlar) soni.

Tajriba ma'lumotlari bo'yicha kunlik maksimal yuklamaning variatsiya ko'effitsiyenti turar-joy binolari uchun $\alpha = 0,14$ ni tashkil etdi. (4) ifodadan berilgan $\varepsilon = 0,05$ xatolik uchun zarur kuzatuvlar soni topiladi:

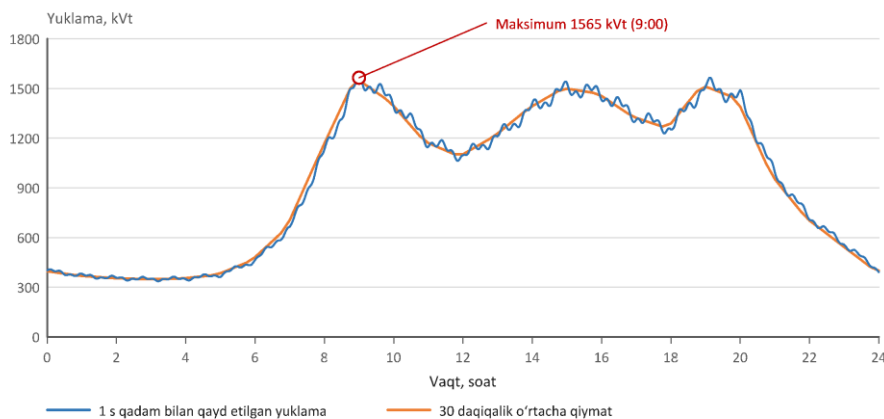
$$n = \left(\frac{t \cdot \alpha}{\varepsilon} \right)^2 = \left(\frac{1,96 \cdot 0,14}{0,05} \right)^2 \approx 30 \text{ kun}. \quad (5)$$

Hisoblash 30 kunni ko'rsatdi; qishki va yozgi mavsumlarning 14 kunlik davrlari yig'indisi shu talabni qanoatlantiradi. Shunday qilib, o'lchov davri 14 kun (har bir mavsum uchun) qilib qabul

qilindi. Ushbu qiymat amaldagi ko'pchilik tadqiqotlarda qo'llaniladigan 7 kunlik davrdan kattaroq va natijaning ishonchligini oshiradi.

3. Natijalar va muhokama (Results and discussion)

Kunlik yuklama grafigi. Ko'p qavatli turar-joy binolari guruhi uchun 1 s qadam bilan olingan kunlik yuklama grafigi 2-rasmda keltirilgan. Grafikdan ko'rinadiki, maksimal yuklama ertalabki 8:00–9:00 va kechki 19:00–20:00 davrlarida kuzatiladi; ertalabki maksimum kechkisidan o'rtacha 3,5 % yuqori. Tunda yuklama maksimal qiymatning 35–40 % darajasiga tushadi.



2-rasm. Ko'p qavatli turar-joy binolarining kunlik elektr yuklamasi (1 s qadam)

Fig.2. Daily electrical load of multi-storey residential buildings (1 s interval)

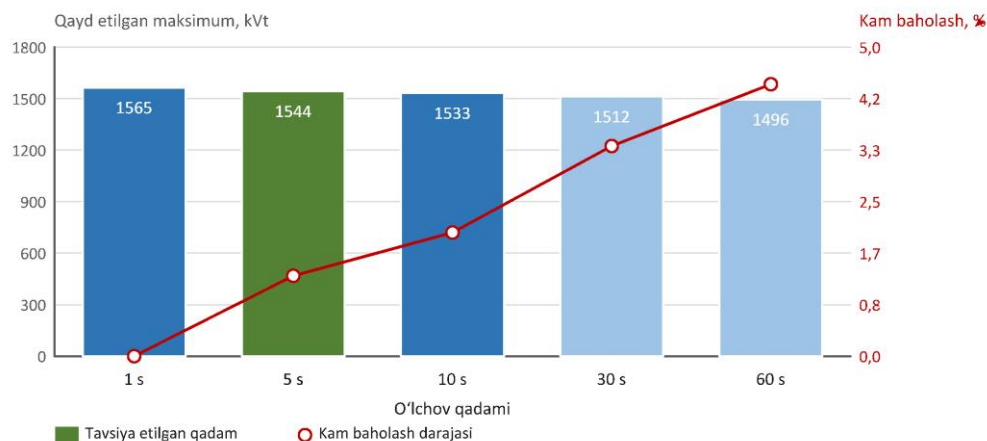
O'lchov qadamining ta'siri. Turli qadamlar bilan qayd etilgan kunlik maksimal yuklamalar 2-jadvalda keltirilgan. 1 s qadam bilan olingan qiymat shartli "etalon" sifatida qabul qilindi.

2-jadval. O'lchov qadami va davrining kunlik maksimal yuklamaga ta'siri

Table 2. Effect of the sampling interval and period on the daily maximum load

Qadam	Kuniga qaydlar soni	Qayd etilgan maksimum, kVt	Kam baholash, %	Tavsiya
1 s	86 400	1565	0,0	Nazorat o'lchovlari uchun
5 s	17 280	1544	1,3	Asosiy qadam (tavsiya etiladi)
10 s	8 640	1533	2,0	Ruxsat etiladi
30 s	2 880	1512	3,4	Faqat uzoq kuzatuvlar uchun
60 s	1 440	1496	4,4	Maksimal yuklama uchun yaroqsiz

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinadiki, qadam 5 s bo'lganda maksimal yuklama 1,3 % ga, 30 s bo'lganda 3,4 % ga, 60 s bo'lganda esa 4,4 % ga kam baholanadi. O'lchov qadamining ta'siri 3-rasmda umumlashtirilgan.



3-rasm. O'lchov qadami bo'yicha kunlik maksimal yuklamaning kam baholanishi

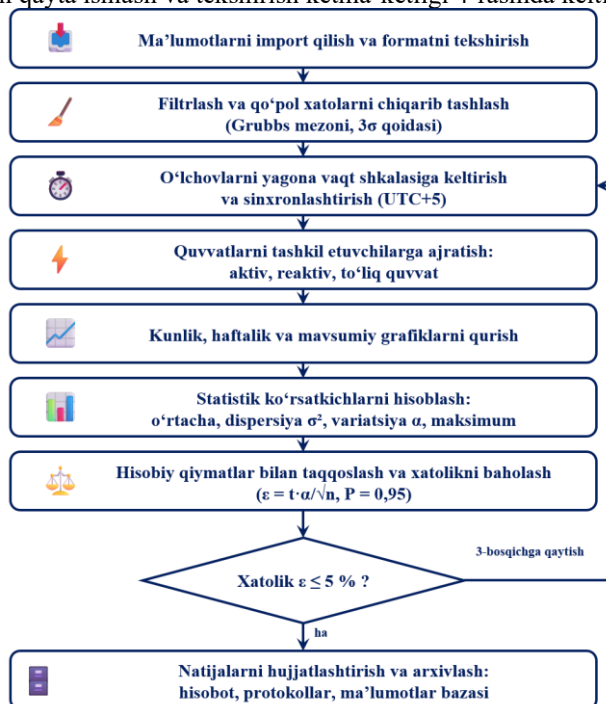
Fig.3. Underestimation of the daily maximum load as a function of the sampling interval

Kam baholashning asosiy sababi – yuklamaning qisqa muddatli cho‘qqilarining o‘rtacha hisoblanishi. Maksimal yuklama 10–40 s davom etadi, shu sababli 60 s va undan katta qadamlar bu cho‘qqilarni butunlay “yutib yuboradi”. Bu esa kabel kesimlari va transformator quvvatini tanlashda xatolikka olib keladi [7, 8].

Metrologik baholash. O‘lchov natijalarining ishonchiligi uchta mezon bo‘yicha baholandi: asboblar xatoligi, o‘lchov davrining yetarliligi va qayta ishlash xatoligi. Asboblar keltirib chiqaradigan xatolik 1,0 % dan oshmaydi, o‘lchov davri xatoligi 4,7 %, qayta ishlash xatoligi esa 0,5 % dan kichik. Umumiy nisbiy xatolik kvadratik yig‘indi usulida topildi:

$$\varepsilon_m = \sqrt{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_p^2} = \sqrt{1,0^2 + 4,7^2 + 0,5^2} \approx 4,8 \%. \quad (6)$$

Olingan natija 5 % chegarasidan oshmaydi, ya‘ni o‘lchov tizimi talab qilingan aniqlikni ta‘minlaydi. Natijalarni qayta ishlash va tekshirish ketma-ketligi 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash va natijalarni tekshirish ketma-ketligi
Fig.4. Sequence of experimental data processing and result verification

Qayta ishlash bosqichida quyidagi amallar bajariladi: ma'lumotlarni filtrlash va qo‘pol xatolarni chiqarib tashlash (Grubbs mezon bo‘yicha), o‘lchovlarni yagona vaqt shkalasiga keltirish, quvvatlarni aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarga ajratish, kunlik va haftalik grafiklarni qurish, statistik ko‘rsatkichlarni hisoblash, hisobiy qiymatlar bilan taqqoslash va natijalarni hujjatlashtirish. Har bir bosqichda nazorat savollari va qabul qilish mezonlari belgilangan.

Natijalarning amaliy ahamiyati. Ishlab chiqilgan metodika bo‘yicha o‘lchov o‘tkazish hisobiy yuklamalarni 5 % xatolik bilan aniqlash imkonini beradi, bu esa kabel kesimlarini va transformator quvvatini asossiz zaxiralashdan saqlaydi. Bundan tashqari metodika o‘lchov vositalarining kerakli aniqligini va o‘lchov ishlarining mehnat sarfini oldindan rejalashtirishga imkon beradi. Metodika shahar taqsimlash tarmoqlarining boshqa obyektlariga, shuningdek sanoat korxonalarining elektr xo‘jalik qismlariga moslashtirilishi mumkin.

Cheklovlar va keyingi tadqiqotlar. O‘lchovlar bir shahar va ikki mavsum doirasida o‘tkazildi; iqlim sharoitlari keskin farq qiladigan hududlar uchun qo‘shimcha tekshiruvlar zarur. Keyingi tadqiqotlarda elektr transporti quvvatlash punktlari va quyosh panellari o‘rnatilgan binolarni alohida turkum sifatida o‘rganish, shuningdek o‘lchov ma‘lumotlarini avtomatik qayta ishlash dasturini yaratish rejalashtirilgan.

4. Xulosa (Conclusion)

1. Loyiha doirasida eksperimental tadqiqotlar o‘tkazishning besh bosqichli tuzilmasi va yaxlit metodikasi ishlab chiqildi. Metodika loyihani tashkiliy tayyorlashdan natijalarni hujjatlashtirishgacha bo‘lgan barcha ishlarni qamrab oladi.

2. O‘lchov qadami va davri asoslandi: turar-joy va jamoat binolari uchun qadam 5 s, kuchlanish sifati uchun 1 s, uzoq muddatli kuzatuvlar uchun 60 s; o‘lchov davri har bir mavsum uchun 14 kun qilib qabul qilindi ($P = 0,95$ uchun zarur 30 kunga nisbatan ikki mavsum yig‘indisi).



3. Toshkent shahrining 0,4 kV taqsimlash tarmog'idagi 24 ta obyektida o'tkazilgan o'lchovlar qadam 1 s dan 60 s gacha oshirilganda kunlik maksimal yuklamaning 0,3–4,4 % gacha kam baholanishini ko'rsatdi.

4. O'lchov tizimining umumiy nisbiy xatoligi 4,8 % ni tashkil etadi va belgilangan 5 % chegarasidan oshmaydi; metodika natijalarning takrorlanuvchanligini va hisobiy yuklamalarni ishonchli aniqlashni ta'minlaydi.

ADABIYOT

1. Государственные стандарты Узбекистана. ШНК 2.01.01-22. Климатические и физиологические данные для проектирования. – Ташкент, 2022.
2. Долин А.П., Савельев В.А. Определение расчётных электрических нагрузок городских потребителей // Электричество. – 2016. – № 8. – С. 12–22.
3. Государственный стандарт Узбекистана. O'zDSt 8.016:2019. Метрология. Поверка средств измерений. – Ташкент, 2019.
4. Кудрявцев В.А., Большам Я.М., Васильев А.П. Интегральные методы определения расчётных электрических нагрузок. – М.: Энергоатомиздат, 2017. – 176 с.
5. Кононов Ю.С. Справочник по расчёту и конструированию электроснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 2016. – 888 с.
6. IEC 62053-21:2020. Electricity metering equipment – Particular requirements – Part 21: Static meters for AC active energy (classes 0,5, 1 and 2). – Geneva: IEC, 2020.
7. IEC 61000-4-30:2015. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods. – Geneva: IEC, 2015.
8. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Издательство стандартов, 1997.
9. IEEE Std 1459-2010. Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. – New York: IEEE, 2010.
10. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Галицкий Ю.Я., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. – 2021. – № 6. – С. 62–71. DOI: 10.24160/0013-5380-2021-6-62-71
11. Надтока И.И., Звозникова И.А., Туруткин С.Ю., Обыденко И.И. Влияние длительности интервала измерений потребления электроэнергии на точность определения максимальной нагрузки по нагреву // Промышленная энергетика. – 2022. – № 12. – С. 21–25. DOI: 10.34831/EP.2022.36.20.003
12. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Чернова Н.В., Солуянов В.И. Актуализация удельных электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Москвы и Московской области // Электричество. – 2023. – № 7. – С. 52–65. DOI: 10.24160/0013-5380-2023-7-52-65
13. Sun M., Wang Y., Strbac G., Kang C. Probabilistic peak load estimation in smart cities using smart meter data // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2019. – Vol. 66, no. 2. – P. 1608–1618. DOI: 10.1109/TIE.2018.2803732
14. Arif A., Wang Z., Wang J., Mather B., Bashualdo H., Zhao D. Load modeling – A review // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2018. – Vol. 9, no. 6. – P. 5986–5999. DOI: 10.1109/TSG.2017.2700436
15. Proedrou E. A comprehensive review of residential electricity load profile models // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 12114–12133. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3050074
16. McQueen D.H.O., Hyland P.R., Watson S.J. Monte Carlo simulation of residential electricity demand for forecasting maximum demand on distribution networks // IEEE Transactions on Power Systems. – 2004. – Vol. 19, no. 3. – P. 1685–1689. DOI: 10.1109/TPWRS.2004.826800
17. IEEE Std 1159-2019. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. – Piscataway, NJ: IEEE, 2019. DOI: 10.1109/IEEESTD.2019.8796486

REFERENCES

1. State standards of Uzbekistan. ShNK 2.01.01-22. Climatic and physiological data for design. Tashkent, 2022.
2. Dolin A.P., Savelyev V.A. Determination of design electrical loads of urban consumers. Elektrichestvo, 2016, no. 8, pp. 12–22.
3. State standard of Uzbekistan. O'zDSt 8.016:2019. Metrology. Verification of measuring instruments. Tashkent, 2019.
4. Kudryavtsev V.A., Bolsham Ya.M., Vasilyev A.P. Integral methods for determining design electrical loads. Moscow, Energoatomizdat, 2017, 176 p.

5. Kononov Yu.S. Handbook on calculation and design of power supply. Moscow, Energoatomizdat, 2016, 888 p.
6. IEC 62053-21:2020. Electricity metering equipment – Particular requirements – Part 21: Static meters for AC active energy (classes 0,5, 1 and 2). Geneva, IEC, 2020.
7. IEC 61000-4-30:2015. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods. Geneva, IEC, 2015.
8. GOST 13109-97. Power quality norms in general-purpose power supply systems. Moscow, Standards Publishing House, 1997.
9. IEEE Std 1459-2010. Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. New York, IEEE, 2010.
10. Soluyanov Yu.I., Fedotov A.I., Galitsky Yu.Ya., Chernova N.V., Akhmetshin A.R. Updating the normative values of the specific electrical load of apartment buildings in the Republic of Tatarstan. *Elektrichestvo*, 2021, no. 6, pp. 62–71. DOI: 10.24160/0013-5380-2021-6-62-71
11. Nadтока I.I., Zvoznikova I.A., Turutkin S.Yu., Obydenko I.I. Influence of the measurement interval duration of electricity consumption on the accuracy of determining the maximum heating load. *Promyshlennaya Energetika*, 2022, no. 12, pp. 21–25. DOI: 10.34831/EP.2022.36.20.003
12. Soluyanov Yu.I., Fedotov A.I., Akhmetshin A.R., Chernova N.V., Soluyanov V.I. Updating the specific electrical loads of multi-apartment residential buildings in Moscow and the Moscow Region. *Elektrichestvo*, 2023, no. 7, pp. 52–65. DOI: 10.24160/0013-5380-2023-7-52-65
13. Sun M., Wang Y., Strbac G., Kang C. Probabilistic peak load estimation in smart cities using smart meter data. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2019, vol. 66, no. 2, pp. 1608–1618. DOI: 10.1109/TIE.2018.2803732
14. Arif A., Wang Z., Wang J., Mather B., Bashualdo H., Zhao D. Load modeling – A review. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2018, vol. 9, no. 6, pp. 5986–5999. DOI: 10.1109/TSG.2017.2700436
15. Proedrou E. A comprehensive review of residential electricity load profile models. *IEEE Access*, 2021, vol. 9, pp. 12114–12133. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3050074
16. McQueen D.H.O., Hyland P.R., Watson S.J. Monte Carlo simulation of residential electricity demand for forecasting maximum demand on distribution networks. *IEEE Transactions on Power Systems*, 2004, vol. 19, no. 3, pp. 1685–1689. DOI: 10.1109/TPWRS.2004.826800
17. IEEE Std 1159-2019. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. Piscataway, NJ, IEEE, 2019. DOI: 10.1109/IEEESTD.2019.8796486