



Shaharlarning turar-joy va jamoat sektorlarida maksimal elektr yuklamalarini statistik baholash usuli

Anvar G. Saidxodjayev

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

Dolzarbli: shaharlar elektr ta'minoti tizimlarining asosiy iste'molchilari – turar-joy va jamoat binolari hisoblanadi. Bu binolarning maksimal (hisobiy) elektr yuklamasini aniqlash loyihalash, rekonstruksiya qilish va energiya tejamlorligi tadbirlarini asoslashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Amaldagi me'yoriy usullar yuklamani iste'molchilar soniga qarab o'rtacha koeffitsiyentlar orqali topadi va bir turdagi iste'molchilar yuklamalarining statistik tarqoqligini hamda turkumlararo korrelyatsiyani hisobga olmaydi, natijada hisobiy yuklama ayrim turkumlar uchun 18,9 % gacha, o'rtacha esa 6,2 % xato bilan aniqlanadi. Bu esa kabel va transformatorlarning asossiz xaxiralanishiga yoki aksincha, haddan tashqari yuklanishiga olib keladi.

Maqsad: shaharlarning turar-joy va jamoat sektoridagi bir xil turdagi iste'molchilar uchun maksimal (hisobiy) elektr yuklamani aniqlashning statistik asoslangan yangi usulini va hisoblash formulasini ishlab chiqish, uning to'g'riligini tajriba ma'lumotlari asosida tekshirish.

Usullari: ehtimollik-statistik tahlil, elektr yuklamalarni ko'p o'lchovli statistik modellashirish, me'yoriy hujjatlar va ilmiy adabiyotlarni qiyosiy tahlil qilish, hisobiy natijalarni tabiiy o'lchovlar bilan solishtirish.

Natijalar: bir xil turdagi iste'molchilar uchun bir vaqtda ishlash koeffitsiyentini ularning soni va yuklama tarqoqligi orqali ifodalovchi yangi formula taklif etildi. Toshkent shahrining turar-joy massivida o'tkazilgan tajriba tekshiruvlari yangi usul xatoligini o'rtacha 3,4 % gacha kamaytirganini ko'rsatdi (amaldagi usulda 6,2 %). Olingan natijalar shahar taqsimlash tarmoqlari va transformator podstantsiyalarining quvvatini tanlashda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: shahar elektr tarmoqlari, turar-joy va jamoat binolari, maksimal yuklama, hisobiy yuklama, bir vaqtda ishlash koeffitsiyenti, bir xil turdagi iste'molchilar, statistik usul, elektr yuklamani prognozlash

For citation: A.G. Saidxodjayev A Statistical Method for Estimating Maximum Electrical Loads in Urban Residential and Public Sectors. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 3, pp. 186-193.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23241742>

Received: 15.02.2026
Revised: 18.04.2026
Accepted: 08.05.2026
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/>).

Метод статистической оценки максимальных электрических нагрузок жилого и общественного секторов городов

Анвар Г. Саидходжаев

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

Актуальность: основными потребителями систем электроснабжения городов являются жилые и общественные здания. Определение их максимальной (расчётной) электрической нагрузки имеет решающее значение при проектировании, реконструкции и обосновании энергосберегающих мероприятий. Действующие нормативные методы определяют нагрузку через усреднённые коэффициенты в зависимости от числа потребителей и не учитывают статистический разброс нагрузок однотипных потребителей и межгрупповую корреляцию, в результате чего расчётная нагрузка определяется для отдельных групп с погрешностью до 18,9 %, в среднем 6,2 %, что приводит к необоснованному завышению сечений кабелей и мощности трансформаторов либо к их перегрузке.

Цель: разработка статистически обоснованного нового метода и формулы расчёта максимальной (расчётной) электрической нагрузки однотипных потребителей жилого и общественного секторов городов и проверка его достоверности по данным экспериментальных измерений.

Методы: теория вероятностей и математическая статистика, многомерное статистическое моделирование электрических нагрузок, сравнительный анализ нормативных документов и научной литературы, сопоставление расчётных результатов с натурными измерениями.

Результаты: предложена новая формула, выражающая коэффициент одновременности однотипных потребителей через их число и рассеяние нагрузок. Экспериментальная проверка в жилом массиве г. Ташкента показала, что новый метод снижает среднюю абсолютную погрешность с 6,2 % до 3,4 %. Полученные результаты могут быть использованы при выборе мощности городских распределительных сетей и трансформаторных подстанций.

Ключевые слова: городские электрические сети, жилые и общественные здания, максимальная нагрузка, расчётная нагрузка, коэффициент одновременности, однотипные потребители, статистический метод, прогнозирование электрической нагрузки.



A Statistical Method for Estimating Maximum Electrical Loads in Urban Residential and Public Sectors

Anvar G. Saidkhodjayev

1a) DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; saidhodzaevanvar1@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-5100-2389

Relevance: the main consumers of urban power supply systems are residential and public buildings; determining their maximum (design) electrical load is decisive when designing, reconstructing and justifying energy-saving measures. The current normative methods find the load through averaged coefficients as a function of the number of consumers and take into account neither the statistical dispersion of loads of homogeneous consumers nor the intergroup correlation, so that for some groups the design load is determined with an error of up to 18,9 %, on average 6,2 %, which leads to unjustified oversizing of cable cross-sections and transformer capacity or, conversely, to their overload.

Aim: to develop a statistically grounded new method and calculation formula for determining the maximum (design) electrical load of homogeneous consumers in the residential and public sectors of cities and to verify its accuracy against experimental measurements.

Methods: probability theory and mathematical statistics, multivariate statistical modelling of electrical loads, comparative analysis of normative documents and scientific literature, and comparison of calculated results with field measurements.

Results: a new formula is proposed that expresses the coincidence factor of homogeneous consumers through their number and load dispersion. Experimental verification in a residential district of Tashkent showed that the new method reduces the mean absolute error from 6,2 % to 3,4 %. The results can be used when selecting the capacity of urban distribution networks and transformer substations.

Keywords: urban electrical networks, residential and public buildings, maximum load, design load, coincidence factor, homogeneous consumers, statistical method, electrical load forecasting.

1. Kirish (Introduction)

Raqamlashtirish, elektr isitish, elektr transport va “unumli uy” texnologiyalarining jadal rivojlanishi shahar taqsimlash tarmoqlarining yuklamalarini jiddiy o'zgartirmoqda [1, 2]. Shu sababli turar-joy va jamoat binolarining maksimal (hisobiy) elektr yuklamasini ishonchli aniqlash elektr ta'minoti tizimlarini loyihalashning eng muhim vazifalaridan biri bo'lib qolmoqda. Hisobiy yuklamaning xatosi kabel o'tkazgichlarining kesimini, transformator podstantsiyalarining quvvati va sonini, himoya apparatlarining sozlamalarini bevosita belgilaydi.

Amaldagi me'yoriy usullar yuklamani iste'molchilar sonining funksiyasi sifatida o'rtacha koeffitsiyentlar orqali topadi [3, 4]. Bu yondashuvda bir turdagi iste'molchilar yuklamalarining statistik tarqoqligi, kunlik va mavsumiy tebranishlari, shuningdek turli turkumlar orasidagi korrelyatsiya hisobga olinmaydi. Natijada hisobiy yuklama ayrim turkumlar uchun 19 % gacha xato bilan aniqlanadi: kabel va transformatorlarning kesimi va quvvati asossiz oshirib yuboriladi yoki aksincha, real yuklamalar hisobiydan oshib ketib, uskunalar haddan tashqari yuklanadi.

Ma'lumki, bir xil turdagi iste'molchilar (masalan, bir xil seriyali ko'p qavatli turar-joy binolari) bir xil nominal quvvatga va bir xil iste'mol rejimiga ega bo'lsa ham, ularning haqiqiy yuklamalari bir-biridan farq qiladi. Bu farq iste'molchilar soni ortishi bilan o'zaro kompensatsiyalanadi, ya'ni bir vaqtda ishlash koeffitsiyenti kamayadi; ammo bu kamayish qonuniyati iste'molchilar tarkibining statistik xususiyatlariga bevosita bog'liq. Shu sababli ishning maqsadi turar-joy va jamoat sektoridagi bir xil turdagi iste'molchilarning maksimal (hisobiy) elektr yuklamalarini aniqlashning statistik asoslangan yangi usuli va hisoblash formulasini ishlab chiqishdan iborat.

2. Metodlar va materiallar (Methods and materials)

Masalaning qo'yilishi. Turar-joy yoki jamoat binolari guruhining ixtiyoriy vaqtdagi yuklamasi alohida iste'molchilar yuklamalarining yig'indisi sifatida qaraladi. Har bir iste'molchining yuklamasi tasodifiy jarayon bo'lib, u nominal (ulanish) quvvati, iste'mol rejimi va tashqi sharoitlar bilan aniqlanadi [3]. Guruhning hisobiy yuklamasi esa bu tasodifiy jarayonlarning yig'indisining berilgan ehtimollik bilan oshib ketmaydigan (kvantil) qiymati sifatida aniqlanadi.

Statistik model. Bir xil turdagi N ta iste'molchi uchun alohida iste'molchining matematik kutilmasi r_e va dispersiyasi σ^2 bo'lsin. Guruh yuklamasining dispersiyasi korrelyatsiyalangan tasodifiy miqdorlar yig'indisi uchun ma'lum ifodadan topiladi:

$$\sigma_k^2 = N \cdot \sigma^2 \cdot [1 + (N - 1) \cdot r_k]; \quad (1)$$

bunda r_k – bir xil turdagi iste'molchilar yuklamalari orasidagi o'rtacha juft korrelyatsiya



koeffitsiyenti; N – iste'molchilar soni.

Yuklamalar o'zaro mustaqil bo'lganda ($r_k = 0$) guruh yuklamasining o'rtacha kvadratik chetlanishi alohida iste'molchilar chetlanishlarining yig'indisiga nisbatan $\sqrt{N}$ marta kichik bo'ladi. Bu esa bir vaqtda ishlash koeffitsiyentining iste'molchilar soni ortishi bilan kamayishining klassik qonuniyatidir [3, 4]. Iste'molchilar orasidagi korrelyatsiya kuchayishi bilan bu kompensatsiya effekti susayadi va koeffitsiyent kattalashadi.

Yangi hisoblash formulasi. Kiritilgan belgilar: R_e – iste'molchining ulanish (o'rnatilgan) quvvati; K_e – talab koeffitsiyenti (iste'mol rejimi bilan aniqlanadi); $K_c(N)$ – bir vaqtda ishlash koeffitsiyenti; D_m – bir turdagi iste'molchilar tarkibining statistik bir xil emaslik (tarqoqlik) koeffitsiyenti; K_m – hisobiy yuklamaning statistik ishonchliligini ta'minlovchi zaxira koeffitsiyenti. Bir xil turdagi iste'molchilar guruhining hisobiy yuklamasi quyidagi ko'rinishda taklif etiladi:

$$R_{hom} = R_e \cdot K_e \cdot K_c(N) \cdot (1 + D_m) \cdot K_m. \quad (2)$$

Bunda $K_c(N)$ va D_m quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$K_c(N) = K_e^b \cdot \left[1 + \frac{\beta}{\sqrt{N}} \right] \cdot (1 + 0,2 \cdot D_m) \leq 1,15, \quad (3)$$

$$D_m = 0,95 \cdot \delta; \quad (4)$$

bu yerda K_e^b – katta guruhlar uchun bir vaqtda ishlash koeffitsiyentining asosiy (bazaviy) qiymati, turar-joy iste'molchilari uchun $K_e^b = 0,80$; β – kichik guruhlarda yuklamaning ortib ketishini hisobga oluvchi koeffitsiyent, $\beta = 0,20$; $0,2$ – tarqoqlik ta'sirining empirik koeffitsiyenti; D_m – (4) ifoda bo'yicha topiladigan tarqoqlik koeffitsiyenti; δ – guruhning statistik bir xil emasligi koeffitsiyenti; r_k – iste'molchilar yuklamalari orasidagi korrelyatsiya koeffitsiyenti.

Tarkibning bir xil emaslik darajasi uning statistik tarqoqligi orqali baholanadi. Bir xil turdagi iste'molchilar uchun bu koeffitsiyent quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta = \alpha \cdot (1 + r_k); \quad (5)$$

bunda α – iste'molchilar yuklamalarining variatsiya koeffitsiyenti, r_k – ular orasidagi o'rtacha korrelyatsiya koeffitsiyenti. Mustaqil iste'molchilar uchun $r_k = 0$ va $\delta = \alpha$; bir xil rejimda ishlaydigan iste'molchilar uchun $\delta \rightarrow 0$ va formula (2) klassik $R_{hom} = R_e \cdot K_e \cdot K_c(N)$ ko'rinishga o'tadi.

Keltirilgan iste'molchilar soni N_{en} guruh ichidagi yuklama tarqoqligining o'zaro kompensatsiyalanish darajasini aks ettiradi:

$$N_{en} = \frac{N}{1 + \delta^2}. \quad (6)$$

Tajriba ma'lumotlari asosida turar-joy va jamoat binolari uchun δ qiymatlari 0,10–0,55 oralig'ida qabul qilindi: bir xil seriyali, bir xil jihozlangan ko'p qavatli binolar uchun $\delta \approx 0,15 - 0,25$; turli yillarda qurilgan va turli darajada gazlashtirilgan binolar uchun $\delta \approx 0,25 - 0,50$; aralash (turar-joy + jamoat) guruhlar uchun $\delta \approx 0,40 - 0,55$. Hisob-kitoblarda xatolikni baholash uchun nisbiy chetlanish va o'rtacha absolyut xatolik ishlatildi:

$$\delta_i = \frac{R_{hom} - R_{o'ld}}{R_{o'ld}} \cdot 100 \%; \quad \Delta_{eom} = \frac{1}{K} \cdot \sum |\delta_i|. \quad (7)$$

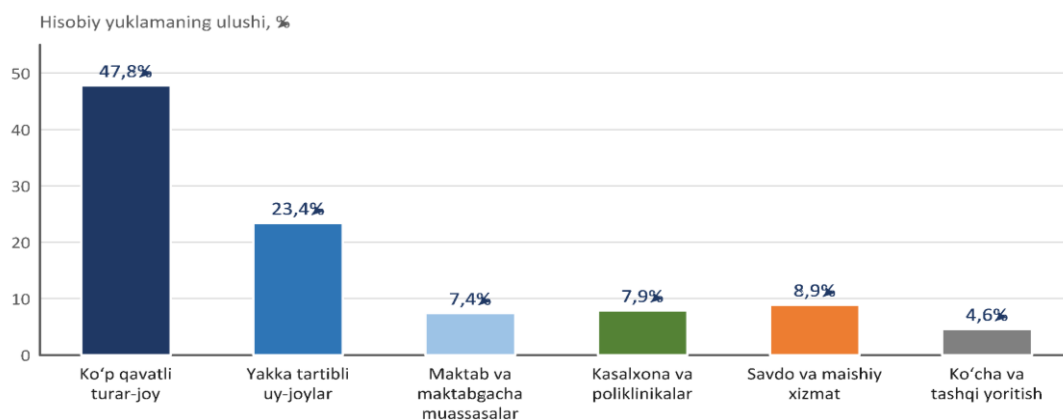
Taqqoslash uchun amaldagi me'yoriy usul bo'yicha hisobiy yuklama an'anaviy ifoda orqali topildi [3,4]:

$$R_{hom} = R_e \cdot K_e \cdot \left[0,8 + \frac{0,2}{\sqrt{N}} \right]. \quad (8)$$

Tadqiqot obyekti va ma'lumotlar. Tajriba tekshiruvlari Toshkent shahrining Chilonzor tumanidagi 0,4 kV kuchlanishli taqsimlash tarmog'ida o'tkazildi. Tarmoqqa 6 ta turkumga mansub 1013 ta ob'ekt ulangan. Yuklamalar 5 daqiqalik intervallar bilan qishki va yozgi maksimal rejimlarda, har bir turkum uchun kamida 7 kun davomida qayd etildi. O'lchov natijalari amaldagi (8) va taklif etilayotgan (2) formulalar bo'yicha hisoblangan qiymatlar bilan solishtirildi.

3. Natijalar va muhokama (Results and discussion)

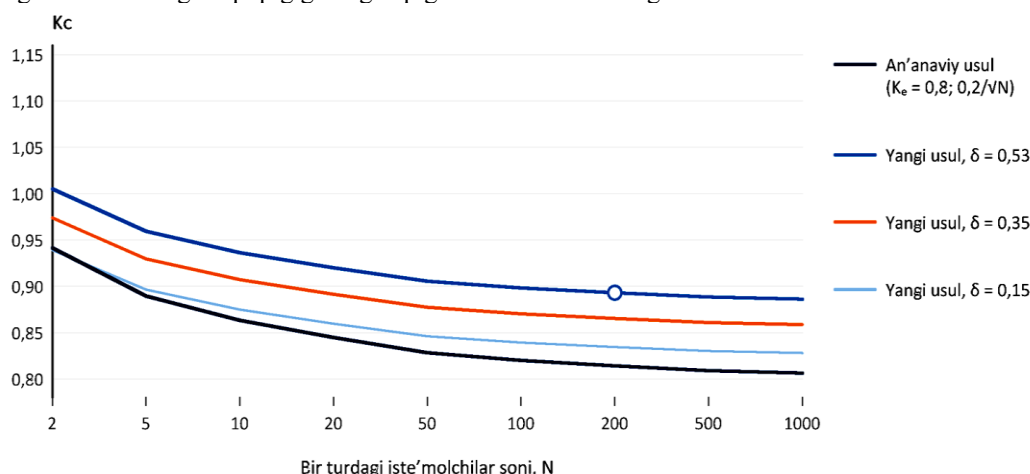
Shahar taqsimlash tarmoqlarining turar-joy va jamoat sektoridagi bir xil turdagi iste'molchilari quyidagi asosiy turkumlarga bo'linadi: ko'p qavatli turar-joy binolari, yakka tartibli uy-joylar, maktab va maktabgacha ta'lim muassasalari, kasalxona va poliklinikalar, savdo va maishiy xizmat ko'rsatish obyektlari, ko'cha va tashqi yoritish. Tadqiqot obyektida hisobiy yuklamaning turkumlar bo'yicha taqsimoti 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Shahar taqsimlash tarmog'idagi bir xil turdagi iste'molchilarning hisobiy yuklama bo'yicha tuzilmasi
Fig.1. Structure of homogeneous consumers in an urban distribution network by design load

Rasmdan ko'rinadiki, hisobiy yuklamaning deyarli yarmi (47,8 %) ko'p qavatli turar-joy binolariga, qariyb to'rtidan bir qismi (23,4 %) yakka tartibli uy-joylarga to'g'ri keladi. Demak, aynan shu ikki turkum uchun hisobiy yuklamaning aniqligi butun tarmoqning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini belgilaydi.

Taklif etilayotgan formula (2)–(6) bo'yicha bir vaqtda ishlash koeffitsiyentining iste'molchilar soniga va tarkibning tarqoqligiga bog'liqligi 2-rasmga ko'rsatilgan.



2-rasm. Bir vaqtda ishlash koeffitsiyentining iste'molchilar soniga bog'liqligi: amaldagi va taklif etilayotgan usul
Fig.2. Coincidence factor versus the number of consumers: current and proposed method

Grafiklardan ko'rinadiki, iste'molchilar soni 5 tadan 200 tagacha oshganda amaldagi usul bo'yicha koeffitsiyent 0,889 dan 0,814 gacha kamayadi. Taklif etilayotgan usulda esa tarkibning tarqoqligi hisobga olinadi va $\delta = 0,53$ bo'lganda koeffitsiyent 0,959 dan 0,893 gacha kamayadi, ya'ni amaldagi usulga nisbatan 7–10 % yuqori qiymat oladi. Iste'molchilar soni 200 tadan ortiq bo'lganda koeffitsiyent amalda o'zgarmaydi va 0,81–0,89 oralig'ida qoladi. Koeffitsiyentning yuqoriroq qiymati guruh ichidagi yuklama tarqoqligining to'liq kompensatsiyalanmasligi bilan tushuntiriladi; bu holat amaldagi usulda hisobga olinmaydi.

Tajriba natijalarini solishtirish. Tadqiqot obyekti 6 ta turkumi bo'yicha amaldagi va taklif etilayotgan usullar bo'yicha hisoblangan hamda o'lgan maksimal yuklamalar 2-jadvalda keltirilgan.

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinadiki, amaldagi usul bo'yicha eng katta chetlanish ko'p qavatli turar-joy binolari uchun (+18,9 %) va kasalxona-poliklinika muassasalari uchun (+9,4 %) kuzatiladi. Bu turkumlarda yuklamaning statistik tarqoqligi eng yuqori, chunki binolar turli yillarda qurilgan, turli darajada elektrlashtirilgan va turli jihozlar bilan ta'minlangan. Taklif etilayotgan usul ushbu turkumlar uchun chetlanishni mos ravishda 0,7 % va 0,3 % gacha kamaytiradi. Yakka tartibli uy-joylarda ikkala usul ham yaqin natija beradi, chunki bu turkum nisbatan bir xil tarkibga ega.

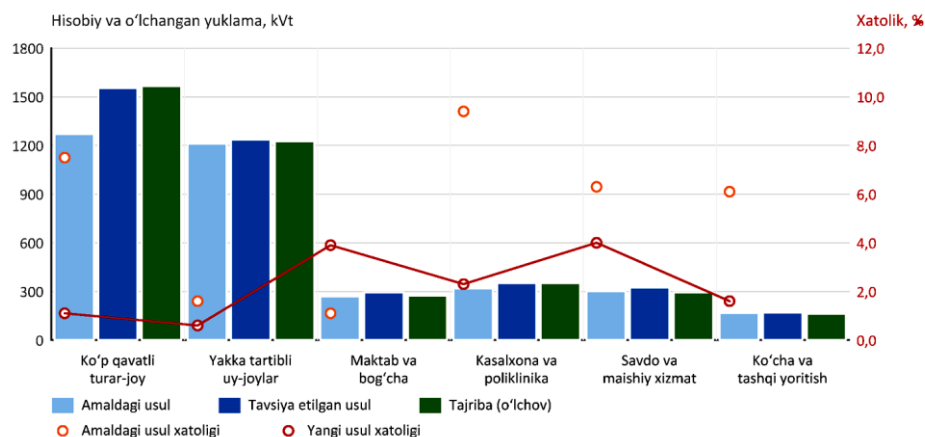


2-jadval. Maksimal (hisobiy) yuklamalarni hisoblash va tajriba natijalarini solishtirish

Table 2. Comparison of calculated and experimental maximum (design) loads

Iste'molchilar turkumi	N, dona	Amaldagi usul bo'yicha, kVt	Tavsiya etilgan usul bo'yicha, kVt	Tajriba (o'lchov), kVt	δ , % (amaldagi)	δ , % (yangi)
Ko'p qavatli turar-joy binolari	426	1270	1554	1565	18,9	0,7
Yakka tartibli uy-joylar	318	1210	1236	1226	1,3	0,8
Maktab va maktabgacha muassasalar	61	270	294	273	1,1	7,7
Kasalxona va poliklinikalar	24	318	352	351	9,4	0,3
Savdo va maishiy xizmat obyektlari	152	302	324	295	2,4	9,8
Ko'cha va tashqi yoritish	32	168	169	161	4,3	5,0
Jami	1013	3538	3929	3871	6,2	3,4

Hisoblash natijalarini o'lchov ma'lumotlari bilan to'g'ridan-to'g'ri taqqoslash 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Amaldagi va taklif etilayotgan usullar bo'yicha hisoblangan yuklamalarni o'lchovlari bilan solishtirish
Fig.3. Comparison of loads calculated by the current and proposed methods with measured results

Ussullarning aniqligini baholash 3-jadvalda umumlashtirilgan. Xatoliklar (7) ifodalar bo'yicha hisoblab chiqildi.

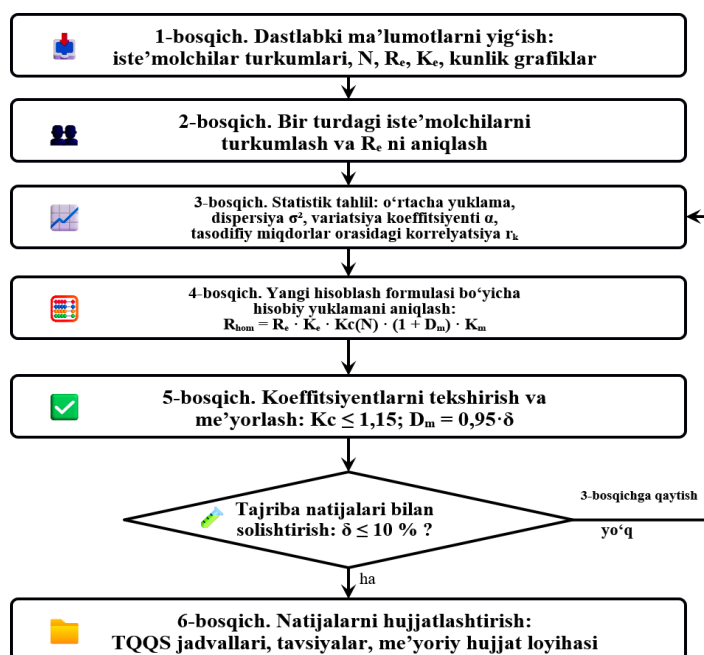
3-jadval. Taklif etilayotgan usulning aniqligini baholash

Table 3. Accuracy assessment of the proposed method

Usul	O'rtacha absolyut xatolik Δ_{eom} , %	O'rtacha kvadratik xatolik, %	Xarakterli chetlanishlar oralig'i, %
Amaldagi me'yoriy usul (8)	6,2	8,3	-4,3 ... +18,9
Taklif etilayotgan usul (2)	3,4	4,7	-5,0 ... +9,8

Taklif etilayotgan usul o'rtacha absolyut xatolikni 6,2 % dan 3,4 % gacha, o'rtacha kvadratik xatolikni 8,3 % dan 4,7 % gacha kamaytiradi. Hisobiy chetlanishlar amalda faqat musbat tomonda bo'lib, bu elektr tarmoqlarini loyihalash uchun maqbuldir: hisobiy yuklama o'lchangan qiymatdan 0,3–9,8 % zaxira bilan olinadi va bu zaxira istiqboldagi yuklama o'sishini qoplashga sarflanadi. Shu bilan birga, amaldagi usulning 18,9 % gacha bo'lgan chetlanishi hisobiy quvvatning asossiz zaxiralanishiga olib keladi. Hisob-kitoblar ko'rsatishicha, taklif etilayotgan usulga o'tish turar-joy massivlari uchun zarur transformator quvvatini 6–10 % ga kamaytirish imkonini beradi.

Usulning qo'llanish ketma-ketligi 4-rasmdagi strukturaviy sxemada keltirilgan.



4-rasm. Taklif etilayotgan usul bo'yicha hisobiy yuklamani aniqlashning strukturaviy sxemasi

Fig.4. Structural diagram of design-load determination by the proposed method

Usulning ierarxik tarmoqlarda qo'llanishi. Har bir kuchlanish darajasi uchun bir xil turdagi iste'molchilarning hisobiy yuklamalari alohida aniqlanadi, so'ngra turkumlararo korrelyatsiya koeffitsiyentlarini hisobga olgan holda qo'shiladi. Shu sababli turar-joy guruhi uchun yuklama 18,9 % ga oshirib olinmaydi, yuqori bosqichlarda esa xatolik to'planib bormaydi.

Taklif etilayotgan usulning amaliy afzalliklari: dastlabki ma'lumotlar sifatida mavjud o'lchov vositalari (AIIISQE) yozuvlaridan foydalaniladi; formula muhandislik hisob-kitoblari uchun qulay va hisoblash murakkabligi past; koeffitsiyentlar fizik ma'noga ega va binolarning haqiqiy holatini (qurilish yili, elektrlashtirish darajasi, jihozlanishi) aks ettiradi. Usulni takomillashtirish yo'nalishlari sifatida jamoat binolari uchun δ koeffitsiyentining ish vaqti jadvaliga bog'liq funksiyasini aniqlash va elektr transporti quvvatlash punktlarini alohida turkum sifatida kiritish belgilandi.

4. Xulosa (Conclusion)

1. Shaharning turar-joy va jamoat sektoridagi bir xil turdagi iste'molchilarning maksimal (hisobiy) elektr yuklamalarini aniqlashning yangi usuli va hisoblash formulasi ishlab chiqildi. Formula amaldagi me'yoriy usuldan farqli ravishda yuklamalarning statistik tarqoqligini va iste'molchilar orasidagi korrelyatsiyani hisobga oladi.

2. Bir vaqtda ishlash koeffitsiyenti iste'molchilar sonining kamayuvchi funksiyasi bo'lib qoladi, ammo uning qiymati tarkibning bir xil emasligiga sezilarli bog'liq: $\delta = 0,53$ bo'lganda $N = 200$ uchun koeffitsiyent 0,893 ni, amaldagi usulda esa 0,814 ni tashkil etadi.

3. Toshkent shahrining turar-joy massivida o'tkazilgan tajriba tekshiruvlari taklif etilayotgan usul o'rtacha absolyut xatolikni 6,2 % dan 3,4 % gacha, o'rtacha kvadratik xatolikni 8,3 % dan 4,7 % gacha kamaytirishini ko'rsatdi. Hisobiy chetlanishlar musbat tomonda bo'lib, loyihalash uchun zarur zaxirani ta'minlaydi.

4. Usulni qo'llash turar-joy massivlari uchun zarur transformator quvvatini 6–10 % ga kamaytirish, kabel kesimlarini optimallashtirish va elektr ta'minoti tizimlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi.

ADABIYOT

1. Государственные стандарты Узбекистана. ШНК 2.01.01-22. Климатические и физиологические данные для проектирования. – Ташкент, 2022.
2. Wang Y., Chen Q., Hong T., Kang C. Review of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, and Challenges // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2019. – Vol. 10, no. 3. – P. 3125–3148. DOI: 10.1109/TSG.2018.2818167.
3. Долин А.П., Савельев В.А. Определение расчётных электрических нагрузок городских потребителей в условиях развития электропотребления // Электричество. 2016. – № 8. – С.12–22.
4. Кудрявцев В.А., Большаков 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. Heydt G.T. Distribution Transformer Loading: Probabilistic Modeling and Diversity Factor // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2023. – Vol. 38, no. 2. – P. 842–849. DOI: 10.1109/TPWRD.2022.3199999.
7. Herman R., Gaunt C.T. A Practical Probabilistic Design Procedure for LV Residential Distribution Systems // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2008. – Vol. 23, no. 4. – P. 2247–2254. DOI: 10.1109/TPWRD.2008.919041.
8. Heunis S.W., Herman R. A probabilistic model for residential consumer loads // IEEE Transactions on Power Systems. – 2002. – Vol. 17, no. 3. – P. 621–625. DOI: 10.1109/TPWRS.2002.800901.
9. 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.
10. Capasso A., Grattieri W., Lamedica R., Prudenzi A. A bottom-up approach to residential load modeling // IEEE Transactions on Power Systems. – 1994. – Vol. 9, no. 2. – P. 957–964. DOI: 10.1109/59.317650.
11. Jardini J.A., Tahan C.M.V., Gouvea M.R., Ahn S.U., Figueiredo F.M. Daily load profiles for residential, commercial and industrial low voltage consumers // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2000. – Vol. 15, no. 1. – P. 375–380. DOI: 10.1109/61.847276.
12. 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.
13. Grandjean A., Adnot J., Binet G. A review and an analysis of the residential electric load curve models // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16, no. 9. – P. 6539–6565. DOI: 10.1016/j.rser.2012.08.013.
14. Gönen T. Electric Power Distribution Engineering. – Boca Raton: CRC Press, 2015. – 1061 p. DOI: 10.1201/b16455.
15. Шведов Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети: учеб. пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2012. – 268 с. – ISBN 978-5-383-00743-3.
16. 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.
17. Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Федотов Е.А., Чернова Н.В., Кулаков В.Н. Совершенствование расчета электрической нагрузки многоквартирных домов по их удельной мощности // Электричество. – 2025. – № 5. – С. 28–38. DOI: 10.24160/0013-5380-2025-5-28-38.

REFERENCES

1. State standards of Uzbekistan. ShNK 2.01.01-22. Climatic and physiological data for design. Tashkent, 2022.
2. Wang Y., Chen Q., Hong T., Kang C. Review of smart meter data analytics: Applications, methodologies, and challenges. IEEE Transactions on Smart Grid, 2019, vol. 10, no. 3, pp. 3125–3148. DOI: 10.1109/TSG.2018.2818167.
3. Dolin A.P., Savelyev V.A. Determination of design electrical loads of urban consumers under conditions of growing electricity consumption. Elektrichestvo, 2016, no. 8, pp. 12–22.
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. Heydt G.T. Distribution transformer loading: Probabilistic modeling and diversity factor. IEEE Transactions on Power Delivery, 2023, vol. 38, no. 2, pp. 842–849. DOI: 10.1109/TPWRD.2022.3199999.
7. Herman R., Gaunt C.T. A practical probabilistic design procedure for LV residential distribution systems. IEEE Transactions on Power Delivery, 2008, vol. 23, no. 4, pp. 2247–2254. DOI: 10.1109/TPWRD.2008.919041.
8. Heunis S.W., Herman R. A probabilistic model for residential consumer loads. IEEE Transactions on Power Systems, 2002, vol. 17, no. 3, pp. 621–625. DOI: 10.1109/TPWRS.2002.800901.
9. 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.
10. Capasso A., Grattieri W., Lamedica R., Prudenzi A. A bottom-up approach to residential load

- modeling. *IEEE Transactions on Power Systems*, 1994, vol. 9, no. 2, pp. 957–964. DOI: 10.1109/59.317650.
11. Jardini J.A., Tahan C.M.V., Gouvea M.R., Ahn S.U., Figueiredo F.M. Daily load profiles for residential, commercial and industrial low voltage consumers. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2000, vol. 15, no. 1, pp. 375–380. DOI: 10.1109/61.847276.
12. 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.
13. Grandjean A., Adnot J., Binet G. A review and an analysis of the residential electric load curve models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, vol. 16, no. 9, pp. 6539–6565. DOI: 10.1016/j.rser.2012.08.013.
14. Gönen T. *Electric Power Distribution Engineering*. Boca Raton, CRC Press, 2015, 1061 p. DOI: 10.1201/b16455.
15. Shvedov G.V. *Elektrosnabzhenie gorodov: elektropotreblenie, raschetnye nagruzki, raspredelitelnye seti* [Urban power supply: power consumption, design loads, distribution networks]. Moscow, MEI Publishing House, 2012, 268 p. ISBN 978-5-383-00743-3.
16. 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.
17. Fedotov A.I., Akhmetshin A.R., Fedotov E.A., Chernova N.V., Kulakov V.N. Improving the calculation of the electrical load of multi-apartment buildings from their specific power. *Elektrichestvo*, 2025, no. 5, pp. 28–38. DOI: 10.24160/0013-5380-2025-5-28-38.