



Elektr energiyasi solishtirma sarfini aniqlashning matematik modeli va algoritmi

Ikromjon U. Raxmonov^{1, a)}, Dinora A. Jalilova¹

^{1, a)} DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; ilider1987@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

¹ PhD, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; dinaramaster93@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-3073-7804>

Dolzarblik: ishning dolzarbligi to'qimachilik sanoatida xususan ip-yigiruv korxonalarida elektr energiyasi iste'molini ta'sir qiluvchi faktorlarni aniqlashdan iborat. Har qanday sanoat sohalarida hamda sanoat korxonalarida elektr energiya iste'moliga ta'sir qiluvchi faktorlarni aniqlash elektr energiya iste'moli samaradorligini oshirishga hamda elektr energiyasidan foydalanishda tejashga bevosita yoqilg'i-energetika resurslaridan oqilona foydalanishga olib keladi. Elektr energiyasi iste'moliga ta'sir qiluvchi faktorlar ham bir necha guruhlariga ajratiladi. Har bir soha bo'yicha ularni ta'sir guruhlariga bo'lib o'rganish energiya samaradorlik bo'yicha olib borilayotgan ishlarni osonlashtirishga xizmat qiladi. Xususan, ushbu ishda ip-yigiruv korxonalarining elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni 4 guruhga ajratilib, ushbu guruhlardagi 10 ta faktorni elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlar sifatida tanlab olingan. Hamda, ajratib olingan faktorlarni ta'sir etish darajasi ekspert baholash usuli yordamida tanlanib va regression tahlil asosida tekshirilgan hamda elektr energiyasi solishtirma sarfining matematik modeli va algoritmi ishlab chiqilgan.

Maqsad: elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash yordamida elektr energiyasi solishtirma sarfini aniqlashning matematik modeli va algoritmini ishlab chiqishdan iborat.

Usullar: elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlashda ekspert baholash usulidan foydalanilgan bo'lib, elektr energiyasi solishtirma sarfini aniqlashning matematik modeli va algoritmini ishlab chiqishda korrelyatsion hamda regression tahlildan hamda uning adekvatligini baholashda Fisher mezonini va nisbiy xatolik usullaridan foydalanilgan.

Natijalar: ip-yigiruv korxonalarida elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash yordamida elektr energiyasi solishtirma sarfining matematik modeli va algoritmi ishlab chiqilgan. Hamda, ishlab chiqilgan matematik model Fisher mezonini va nisbiy xatolik usullari yordamida adekvatlik tekshirilganda matematik modelni qiymatlari – 244, Fisher mezonini jadval qiymati – 432 dan kichikligi va modelning nisbiy xatoligi [-0,4÷2,19 %] oralig'ida ekanligi ishlab chiqilgan modelning adekvat ekanligini asoslaydi.

Kalit so'zlar: elektr energiyasi iste'moli, faktorlar, elektr energiyasi solishtirma sarfi, matematik model, algoritim, modelning adekvatligi, ekspert baholash usuli, regression tahlil, korrelyatsion matritsa, Fisher mezonini, nisbiy xatolik.

Математическая модель и алгоритм определения удельного потребления электроэнергии

Икромжон У. Рахмонов^{1, а)}, Динора А. Жалилова¹

^{1, а)} DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; ilider1987@yandex.ru <http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

¹ PhD, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; dinaramaster93@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-3073-7804>

Актуальность: Актуальность работы заключается в определении факторов, влияющих на потребление электроэнергии в текстильной промышленности, особенно на прядильных предприятиях. Определение факторов, влияющих на потребление электроэнергии в отрасли промышленности и промышленных предприятиях, приводит к повышению эффективности потребления электроэнергии и экономии при использовании электроэнергии, а также к рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов. Факторы, влияющие на потребление электроэнергии, делятся на несколько групп. Их изучение в группах влияния в каждой отрасли облегчит работу по энергоэффективности. В частности, в данной работе факторы, влияющие на потребление электроэнергии прядильными предприятиями, были разделены на 4 группы, из которых 10 факторов были выбраны в качестве факторов, влияющих на потребление электроэнергии. При этом степень влияния факторов была выбрана методом экспертной

For citation: Rakhmonov I.U., Jalilova D.A. Mathematical model and algorithm for determining the relative consumption of electricity. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2024, no. 1-2, pp. 14–22.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13061790>

Received: 20.04.2024

Revised: 27.05.2024

Accepted: 08.06.2024

Published: 22.07.2024

Copyright: © Ikromjon U. Rakhmonov, Dinora A. Jalilova, 2024. 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/>).



оценки и проверена на основе регрессионного анализа, а также разработаны математическая модель и алгоритм сравнительного потребления электроэнергии.

Цель: заключается в разработке математической модели и алгоритма определения удельного потребления электроэнергии путем определения факторов, влияющих на потребление электроэнергии.

Методы: для определения факторов, влияющих на потребление электроэнергии, использован метод экспертной оценки, для разработки математической модели и алгоритма определения удельного потребления электроэнергии использован корреляционный и регрессионный анализ, для оценки его адекватности – критерий Фишера и методы относительной погрешности.

Результаты: разработаны математическая модель и алгоритм удельного потребления электроэнергии с помощью определения факторов, влияющих на потребление электроэнергии на пряжопрядильных предприятиях. Также при проверке адекватности разработанной математической модели с использованием критерия Фишера и методов относительной ошибки установлено, что значения математической модели менее 244, табличное значение критерия Фишера менее 432, а относительная погрешность модели находится в диапазоне $[-0,4 \div 2,19\%]$, что оправдывает адекватность модели.

Ключевые слова: электропотребление, факторы, удельное электропотребление, математическая модель, алгоритм, адекватность модели, метод экспертной оценки, регрессионный анализ, корреляционная матрица, критерий Фишера, относительная погрешность.

Mathematical model and algorithm for determining the relative consumption of electricity

Ikromjon U. Rakhmonov^{1, a)}, Dinora A. Jalilova¹

^{1, a)} DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; ilider1987@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-2076-5919>

¹ PhD, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; dinaramaster93@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-3073-7804>

Relevance: the relevance of the work is to determine the factors affecting the consumption of electricity in the textile industry, especially in spinning enterprises. Determining the factors affecting the consumption of electricity in any industrial sector and industrial enterprises leads to an increase in the efficiency of electricity consumption and savings in the use of electricity, as well as the rational use of fuel and energy resources. Factors affecting electricity consumption are divided into several groups. Studying them in groups of influence in each field will facilitate the work on energy efficiency. In particular, in this work, the factors affecting the electricity consumption of spinning enterprises were divided into 4 groups, and 10 factors from these groups were selected as the factors affecting the electricity consumption. At the same time, the degree of impact of the isolated factors was selected using the expert evaluation method and checked on the basis of regression analysis, and the mathematical model and algorithm of the comparative consumption of electricity were developed.

Aim: consists of developing a mathematical model and algorithm for determining the comparative consumption of electricity by determining the factors affecting electricity consumption.

Methods: the expert assessment method was used to determine the factors affecting electricity consumption, correlation and regression analysis was used to develop the mathematical model and algorithm for determining the comparative electricity consumption, and Fisher's criterion and relative error methods were used to assess its adequacy.

Results: A mathematical model and algorithm of the comparative consumption of electricity were developed with the help of determining the factors influencing the consumption of electricity in yarn-spinning enterprises. Also, when the adequacy of the developed mathematical model is checked using Fisher's criterion and relative error methods, it was developed that the values of the mathematical model are less than 244, the table value of Fisher's criterion is less than 432, and the relative error of the model is in the range of $[-0.4 \div 2.19\%]$ justifies the adequacy of the model.

Keywords: electricity consumption, factors, comparative electricity consumption, mathematical model, algorithm, adequacy of the model, expert evaluation method, regression analysis, correlation matrix, Fisher criterion, relative error.

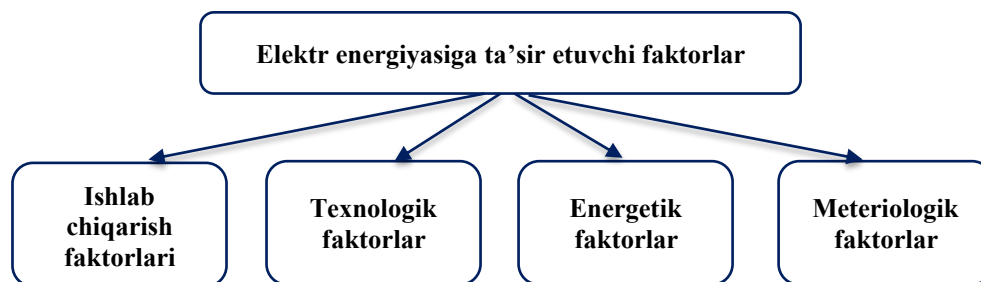
1. Kirish (Introduction)

Sanoat korxonalarining texnologik jarayoniga bog'liq ravishda elektr energiyasi iste'moliga ko'plab faktorlar ta'sir etadi. Aynan, elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni barchasini qo'yilgan vazifani yechish doirasida ishlab chiqilayotgan matematik modellarda hisobga olish ma'lum bir xatoliklarga olib keladi, ya'ni faktorlarning ta'sir etishi yuqori, o'rta va past darajada bo'lishi mumkin. Shu maqsadda, ta'sir etishi yuqori darajada bo'lgan faktorlarni aniqlash va ular asosida qarorlarni qabul qilish, mazkur masalani yechilishi doirasida ishlab chiqiladigan matematik modelni yuqori aniqlikda bo'lishini ta'minlaydi.

2. Materiallar va usullar (Materials and Methods)

Sanoat korxonalarining texnologik jarayoni davomida sarf qilinadigan elektr energiyasiga bir nechta faktorlar ta'sir etib, bu faktorlarning bir qismi sezilarli yoki ma'lum bir qismi esa sezilarlilik darajasi pastroq ta'sir ko'rsatadi. Shu bilan birga, bu faktorlar ta'sir doirasiga ko'ra doimiy va mavsumiy xarakterda bo'ladi. Elektr energiyasiga ta'sir etuvchi faktorlarni 1-rasmda 4 guruhga ajratamiz [1; 10; 11; 19]:

1-rasmda, sanoat korxonalarida iste'mol qilinayotgan elektr energiyaga ta'sir etuvchi faktorlar bevosita 4 guruhga ajratilgan [1; 72-74-b., 11; 43-46-b.]. Dissertatsiya ishi doirasida quyilgan vazifalardan biri bo'lgan, elektr energiyasi iste'molining me'yorlash ko'rsatkichlari modellarini ishlab chiqishda elektr energiyasiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ushbu vazifani bajarish uchun elektr energiya iste'molini me'yorlash modelini ishlab chiqishda elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlar guruhlar kesimida o'rganilgan [2; 10].



1-rasm. Elektr energiyasiga ta'sir etuvchi faktorlar

Fig. 1. Factors affecting electricity

Hom-ashyo sifati, hajmi, ifloslik darajasi, mahsulotning o'lchamlari, mustahkamligi - bular bevosita ishlab chiqarish jarayoni bilan bog'liq bo'lgan faktorlaridir, birlamchi xom-ashyoning yetkazib berilishi, qurilmalarning yuklanganlik darajasi, ko'zda tutilmagan texnologik to'xtashlar va tanaffuslar, moylash, sozlash ishlari - texnologik faktorlaridir, energetik faktorlar - elektr energiyasi isroflari, dam olish, ish yoki bayram kunlari va boshqa faktorlardir hamda, ob-havo harorati, namligi, materialning harorati va kunining davomiyligi - meteriologik faktorlarni tashkil etadi [12; 17; 74-85 b, 18; 126-129 b].

Tadqiqot doirasida dastlab, tadqiqot obyektida texnologik jarayoniga bog'liq ravishda elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash jarayonidan boshlandi. Mazkur masalani yechishda eng ko'p qo'llaniladigan usul bu - ekspertlar baholash usuli asosida, korxonaning yetakchi mutaxassislari, eng tajribali, ko'p yillik mehnat malakasiga ega bo'lgan 8 nafar xodimlari ishtirokida amalga oshirilgan.

O'tkazilgan so'rovnomada ishtirok etgan ekspertlar elektr energiyasiga ta'sir etishi mumkin bo'lgan 10 ta faktorlarni ta'sir etuvchi faktor sifatida tanlab, faktorlarning ta'sir darajasini o'z tajriba va malakasidan kelib chiqib, 10 ballik baholash tizimida baholadilar (1-jadval).

1-jadval ma'lumotlari asosida, jamoaviy ekspert baholash natijalariga asoslanib, faktorlar ichida 5 dan yuqori baholash qiymatiga ega bo'lgan faktorlarni elektr energiyasiga ta'sir etuvchi faktorlar sifatida tanlab olindi va ular qo'yidagilardir [3; 6; 9];

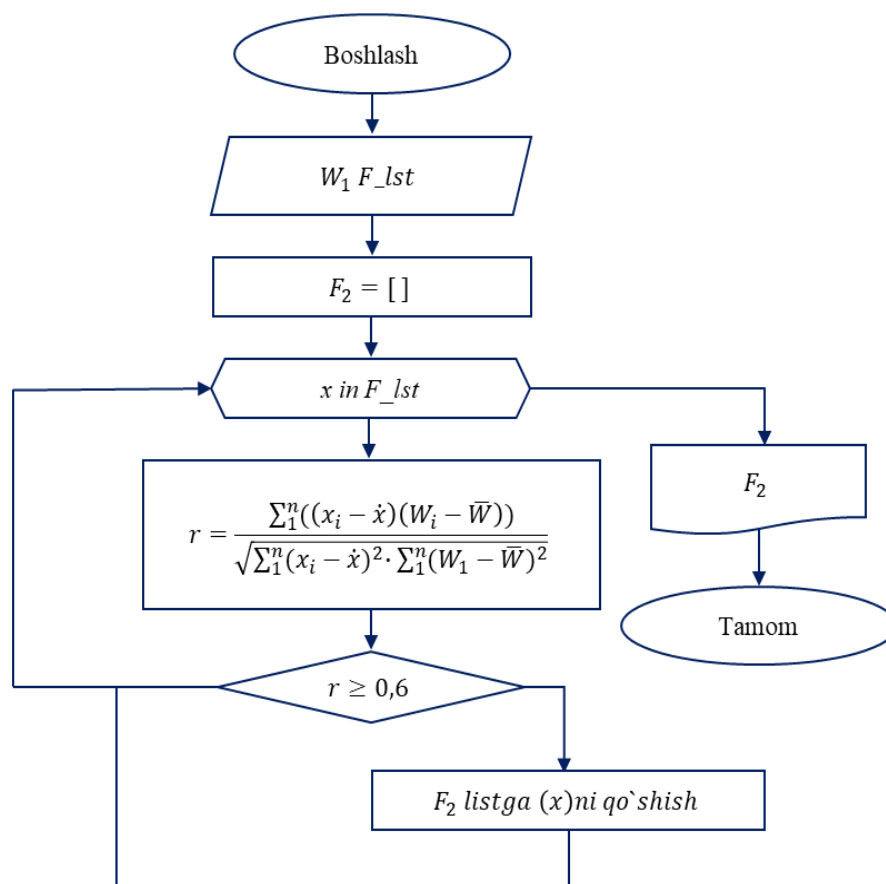
- elektr energiyasi isrofi, kVt-soat;
- qurilmalarning yuklanganlik darajasi, %;
- ishlab chiqarilgan mahsulotlar, t;
- eskirish koeffitsiyenti, %;
- ob-havo harorati, so;
- ish kunlari, soat;
- elektr energiyasi iste'moli, kVt-soat;
- texnologik to'xtashlar va uzilishlar soni, marta;

- mahsulotning turlari, t;
- dam olish kunlari, soat.

1-jadval. Elektr energiyasining iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash maqsadida o'tkazilgan ekspertni baholash usuli natijalari

Table 1. The results of the expert evaluation method, which was conducted in order to determine the factors affecting the consumption of electricity

Ekspert Faktor nomi	Ekspert 1	Ekspert 2	Ekspert 3	Ekspert 4	Ekspert 5	Ekspert 6	Ekspert 7	Ekspert 8	Jamoaviy baho-lash natijalari
Sexlardagi elektr energiya isrofi	8	10	6	7	8	9	7	9	8
Qurilmalarning yuklanganlik darajasi	6	7	5	9	3	6	7	8	7,17
Mahsulot hajmi	5	9	7	6	8	4	10	5	6,75
Qurilmalarning eskirish koeffitsiyenti	3	4	7	2	6	4	5	3	4,25
Ob-havo harorati	5	9	3	4	7	5	3	3	4,9
Ish kunlari	5	6	8	3	8	9	5	4	6
Elektr energiya solishtirma sarfi	8	6	9	7	10	6	4	3	6,3
Texnologik to'xtashlar va tanaffuslar	10	9	5	10	8	9	9	6	8,25
Mahsulotlarning o'lchamlari	4	7	6	7	8	6	6	7	6,38
Dam olish kunlari	7	5	8	7	4	6	5	7	6,13



2-rasm. Elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash algoritmi blok-sxemasi

Fig. 2. Block diagram of the algorithm for determining the factors affecting the relative consumption of electricity

1. Natijalar (Results)

Tadqiqot obyektining elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarining bog'liqlik funksiyasi 2.1-ifodada keltirilgan:

$$W = \Phi(\Delta W, \text{kyuk}, \Pi, \text{kesk}, T, \text{kish}, W, \text{kto'x}, a, \text{kdam}) \quad (1)$$

Ekspertlar baholash usuli yordamida aniqlangan elektr energiyasi iste'moliga ta'sir etuvchi faktorlarni ilmiy asoslash maqsadida, har bir faktorning elektr energiyasiga ta'sir etish darajasini aniqlash shart buning uchun esa, korrelyatsion va regrestion tahlil qilish asosida korrelyatsiya matritsasini qurish maqsadga muvofiq hisoblanadi [20].

Asosiy ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash 2-rasmda keltirilgan algoritm asosida bajariladi.

2-rasmda keltirilgan algoritmdan, ma'lumotlar qabul qilinganida kiritilgan ma'lumotlar ustuni (faktorlar soni) Len funksiyasi yordamida aniqlanadi va faktorlar miqdori list shaklida alohida qabul qilinadi. Qabul qilinayotgan faktorlarning har biri regression tahlil qilinib, korrelyatsiya koeffitsiyenti $0,6 \div 1$ oralig'ida bo'lgan faktorlar alohida $F(n)$ to'plamda saqlanadi va takrorlanishlardan so'ng chop etiladi [4; 107-117 b; 8;].

2-jadval. Korrelyatsion matritsa

Table 2. Correlation matrix

Faktorlar	W	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
W	1										
F ₁	0,87	1									
F ₂	0,48	0,3	1								
F ₃	0,71	0,72	0,3	1							
F ₄	0,32	0,38	0,17	0,2	1						
F ₅	0,41	0,02	0,85	0,11	0,87	1					
F ₆	0,41	0,02	0,22	-0,01	0,27	-0,13	1				
F ₇	0,75	0,3	0,18	0,78	0,43	0,26	0,09	1			
F ₈	0,9	0,15	0,35	0,28	0,74	0,31	-0,03	0,26	1		
F ₉	0,56	0,18	0,47	0,06	0,04	-0,6	-0,1	0,26	0,38	1	
F ₁₀	0,01	0,28	0,17	-0,05	0,16	-0,3	-0,25	0,08	-0,17	-0,07	1

Misol uchun, birinchi kelgan faktor olinadi va regression tahlil qilinadi. Keyingi bosqichda korrelyatsiya koeffitsiyentining qiymati $-1 \div 1$ oralig'ida tekshiriladi. Agar koeffitsiyentning qiymati 0,6 dan katta va 1 orasida bo'lsa, bu faktor F to'plamda saqlanadi, $0 \div -1$ oralig'ida bo'lsa, u holda bu faktor unutiladi [8; 14; 16;].

So'ngra keyingi kelgan faktor (hozir 1-faktor) nechanchi faktor ekanligi tekshiriladi. Tekshirish dastlab aniqlangan faktorlarning umumiy soni bilan taqqoslanish hisobiga amalga oshiriladi. Agar u oxirgi faktor bo'lmasa, tartib bittaga orttiriladi va keyingi faktor ham xuddi shu jarayondan o'tkaziladi. Oxirgi faktordan so'ng esa, prin funksiyasi ekranga korrelyatsiya koeffitsenti qiymati 0,6 dan yuqori bo'lgan faktorlar natijalarini chop etadi [5; 13;].

Algoritm asosida tanlab olingan (regression tahlil orqali) faktorlar yordamida korrelyatsion matritsa shakllantirildi.

Korrelyatsion matritsa natijalariga muvofiq taqdim etilgan elektr energiyasiga ta'sir etuvchi 10 ta faktor orasidan korrelyatsiya koeffitsiyenti $r > 0,6$ dan katta bo'lgan 4 ta faktorlarni ajratib olindi va ularni elektr energiyasi iste'molini me'yorlash modelida hisobga olish maqsadli hisoblanadi:

1. F₁ - elektr energiyasi isrofi (korrelyatsiya koeffitsiyenti $r = 0,67$);
2. F₃ - mahsulot hajmi (korrelyatsiya koeffitsiyenti $r = 0,71$);
3. F₆ - elektr energiyasi iste'moli (korrelyatsiya koeffitsiyenti $r = 0,75$);

4. F₈ - texnologik to'xtash va uzilishlar soni (korrelyatsiya koeffitsiyenti $r = 0,88$), demak yuqorida keltirilgan faktorlar elektr energiyasining solishtirma sarfiga bevosita ta'sir ko'rsatuvchi faktorlardir.

Korrelyatsiya koeffitsiyentlari ma'lumotlariga asoslanib, boshqa faktorlarning (F₂, F₄, F₅, F₇, F₉, F₁₀) elektr energiyasining solishtirma sarfiga ta'sirini sezilarlilik darajasi past va beqaror ekanligi haqida xulosa qilish mumkin. Bu faktorlarning korrelyatsiya koeffitsiyenti esa $-0,17 \div 0,47$ oralig'ida bo'lib, bu ikkita o'zgaruvchi orasidagi bog'liqlik mavjud emasligini tavsiflaydi [2; 7; 11; 15; 17].

(1) ifodaga ko'ra, asosiy ta'sir etuvchi omillarga qarab, elektr energiyasi iste'molining solishtirma sarfi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$W = B_0 + B_1 \cdot F_1 + B_2 \cdot F_3 + B_3 \cdot F_6 + B_4 \cdot F_8 \quad (2)$$

bu yerda: F₁ - elektr energiyasi isrofi; F₃ - mahsulot hajmi; F₆ - elektr energiyasi iste'moli; F₈ - texnologik to'xtash va uzilishlar.

B_0, B_1, B_2, B_3, B_4 – regressiya tenglamasining olingan koeffitsiyentlari.

(2) ifodada B_0, B_1, B_2, B_3, B_4 regressiya tenglamasining noma'lum koeffitsiyentlari eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlanadi. Bu holda matematik model (3) quyidagi ko'rinishda ifodalanadi [17]:

$$W = 9677,54 + 1678,832 \cdot F_1 + 372,618 \cdot F_2 - 896,104 \cdot F_3 + 2416,512 \cdot F_4 \quad (3)$$

2. Muhokama (Discussion)

Modelning adekvatligi Fisher mezonida tekshiriladi:

$$F_{\text{his}} > F_{\text{jad}} ; \quad 432 > 244$$

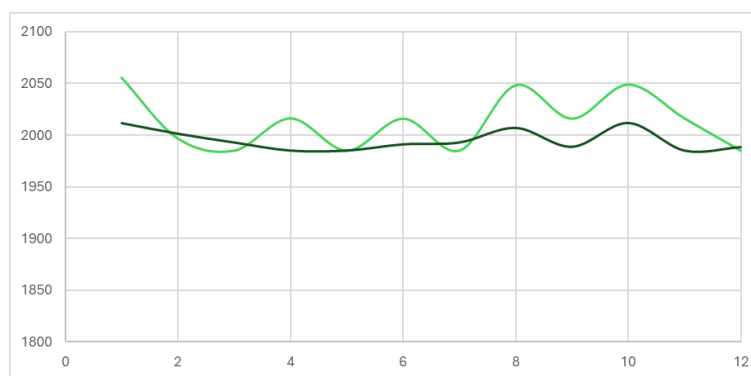
3-jadval. Elektr energiyani solishtirma sarfining haqiqiy va hisoblangan qiymatlari
Table 3. Actual and calculated values of the comparative consumption of electricity

№	Elektr energiyani solishtirma sarfining haqiqiy qiymati, kVt·s	Elektr energiyani solishtirma sarfining model qiymati, kVt·s/t	Xatolik	
			Absolyut kVt·s	Nisbiy, %
1	2055,58	2011,49	44,09	2,19
2	1996,64	2001,24	-4,6	-0,23
3	1984,96	1992,76	-7,8	-0,39
4	2016,21	1984,96	31,25	1,57
5	1984,96	1984,96	0	0,00
6	2015,97	1990,96	25,01	1,26
7	1984,96	1992,76	-7,8	-0,39
8	2048,32	2006,84	41,48	2,07
9	2015,97	1988,64	27,33	1,37
10	2048,96	2011,62	37,34	1,86
11	2016,21	1984,96	31,25	1,57
12	1984,96	1988,28	-3,32	-0,17

Fisher mezonida tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, (3) ifodadagi matematik modelning hisobiy qiymatlari 432 ni, fisher mezonining jadval ma'lumotlari 244 ni tashkil etadi. Bundan ko'rinadiki, hisobiy ma'lumotlar jadval ma'lumotlaridan yuqori, bu esa mazkur shartning bajarilishini va ishlab chiqilgan modelning adekvatligini ko'rsatadi. Mazkur faktorlar asosida elektr energiyasini solishtirma sarfini matematik modelini qurishda yetarli ishonchlilikni ta'minlash imkonini beradi.

(3) olingan matematik modeldan foydalanib, elektr energiyasini solishtirma sarfini matematik modelining hisoblangan qiymatlari aniqlanadi.

$$d = 9677,54 + 1678,832 F_1 + 372,618 F_2 - 896,104 F_3 + 2416,512 F_4 \quad (4)$$



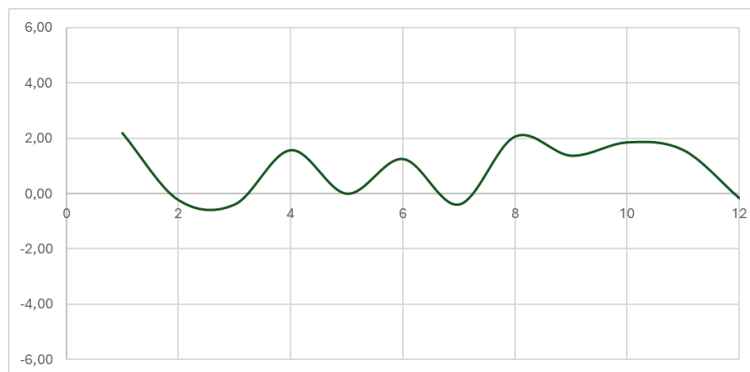
3-rasm. “WBM ROMITEX DIROMM” ip-yigiruv korxonasining elektr energiyasi solishtirma sarfining haqiqiy va hisobiy qiymatlarining grafigi

Fig. 3. The graph of actual and estimated values of electricity consumption of the spinning enterprise “WBM ROMITEX DIROMM”

3-jadvalda haqiqiy va matematik model yordamida hisoblangan qiymatlarning qiyosiy tahlili keltirilgan bo'lib, ular 3-rasmda grafik ko'rinishida ko'rsatilgan. Taklif etilayotgan matematik model asosida solishtirma sarf ko'rsatgichlarini aniqlash uchun 2022-yilning mos davriga to'g'ri kelgan korxonaning haqiqiy elektr energiyasining solishtirma sarfi ma'lumotlar olindi va ular o'zaro taqqoslanadi [10; 17].

Haqiqiy va hisobiy qiymatlar farqining nisbiy xatolik grafigining tahlili (4-rasm) shuni ko'rsatdiki,

haqiqiy va hisoblangan qiymatlar o'rtasidagi absolyut xatolik 17,85 kVt·soat, nisbiy xatolikdagi o'rtacha og'ish $-0,4 \div 2,19$ % oralig'ida bo'lib, bu ishlab chiqilgan elektr energiyasini solishtirma sarfini aniqlash matematik modelining adekvatligini ifodalaydi. Bu esa, mazkur matematik modeldan elektr energiyasining solishtirma sarfini hisobiy qiymatlarini aniqlashda qo'llash mumkinligini tavsiflaydi.



4-rasm. “WBM ROMITEX DIROMM” ip-yigiruv korxonasining elektr energiyasi solishtirma sarfining haqiqiy va hisobiy qiymatlarining nisbiy xatoligi grafigi

Fig. 4. The relative error graph of the actual and estimated values of the comparative electricity consumption of the “WBM ROMITEX DIROMM” spinning enterprise

3. Xulosa (Conclusions)

Yuqoridagi usul elektr energiyasi iste'moliga ta'sir qiluvchi faktorlarning orasidagi ta'sir etish darajasi yuqori bo'lganini tanlash va ularning har biriga tegishli baho berishga imkon beradi.

Shunday qilib, taklif etilayotgan matematik model solishtirma sarfini aniqlash uchun adekvatligi jihatidan mos keladi va ta'sir etuvchi faktorlarni hisobga olgan holda, elektr energiyasi solishtirma sarfini hisoblashda yuqori aniqlikni ta'minlaydi.

ADABIYOT

1. Raxmonov I.U., Najimova A.M., Jalilova D.A. Paxta-to'qimachilik klasteri korxonalarida elektr energiya iste'molini prognozlash // Monografiya. ToshDTU bosmaxonasi, Toshkent, – 2021. – 163 b.
2. Хошимов Ф.А., Рахмонов И.У., Жалилова Д.А. Методы оценки резервов экономии электроэнергии на промышленных предприятиях // Научно-технический журнал «Проблемы энерго- и ресурсосбережения». Ташкент, – 2021. – №4. С. 200-208 (05.00.00; №21).
3. Ahmed, S. (2018). Enhancing energy efficiency in textile production. London: Textile Innovations Press.
4. Гофман И.В. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий. – Л.: Энергия. – 1966. – 319 с.
5. Bansal, R. & Kapoor, A. (2019). “Electrical consumption standards in the textile sector.” Journal of Textile Engineering, – № 45(2), 123-134.
6. Chen, L. (2020). The textile industry's guide to sustainable energy. Beijing: China Textile Press.
7. Железко Ю.С. Потери электроэнергии реактивная мощность качество электроэнергии / М.: ЭНАС, – 2009. – С. 456.
8. Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети. / М.: Энергия, 1978. – С. 216.
9. Аллаев К.Р., Хошимов Ф.А. Энергосбережение на промышленных предприятиях. – Т.: Фан, 2011. – С. 208.
10. Хошимов Ф.А., Муратов Х.М., Рахмонов И.У. Основные закономерности изменения энергетических показателей технологического оборудования хлопкоочистительной отрасли // Научно-технический журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения». Ташкент, – 2019. – №3-4. С.355-359.
11. Дзевенцкий А.Я., Хошимов Ф.А., Ибрагимов К. Х. Многовариантное решение задач анализа, прогнозирования и нормирования электроэнергии на промышленных предприятиях, выпускающих разнородную продукцию. // Промышленная энергетика. 2000. – № 5. С. 43- 46.
12. Хошимов Ф.А. Оптимизация использования энергоресурсов в текстильной промышленности. Т. – Фан, 2005. – С. 252.
13. Исследование и разработка методов анализа и расчета энергетических показателей производственных подразделений и предприятия в целом (промежуточный отчет). Отчет по бюджетной теме А-3-82. – Ташкент: 2015. – С.72.
14. Рахмонов И.У., Жалилова Д.А. Рационализация режима работы вентиляционных



водоснабжающих и осветительных установок на предприятиях текстильной промышленности // Академий. «Проблемы науки». ИСЧН 2412-8236, №8. Декабрь 2021, – С. 13-14 (05.00.00; №71).

15. Rakhmanov I.U., Ushakov V.Y., Najimova A.M., Omonov F.B., Jalilova D.A. Minimization of energy production management consumptions // *Energy Systems Research 2021. E3S Web of Conferences* 289, 07013 (2021).

16. Х.М.Пенялвер. Влияние отклонения напряжения на производительность текстильных механизмов И качество выпускаемой продукции в условиях Куби. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Москва -1984. – С.6-9.

17. Рахмонов И.У. Методология управления электропотреблением промышленных предприятий с непрерывным характером производства // Диссертация на соискание ученой степени доктора наук (DSc) по техническим наукам - Ташкент-2022.

18. Степанов Валентин Алексеевич. Модели, алгоритмы управления в экономических системах предприятий многономенклатурного мелкосерийного производства: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 Воронеж, 2006 – С.165. РГБ ОД, 61:06-5/2651.

19. Niyozov N.N., Rikhsitillaev B.Kh., Jalilova D.A., Kuatbaev P.M. Forecasting of electricity consumption by industrial enterprises with a continuous nature of production based on the principal component method (PCA). // *Energy Systems Research 2023 E3S Web of Conferences* 384, 01031 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401031>.

20. Najimova A.M. Qishloq xo'jaligi korxonalarining elektr energiya iste'molini bashorat qilish (paxta tozalash misolida) // *Dissertatsiya*, Tashkent – 2021, – 168 b.

REFERENCES

1. Raxmonov I.U., Najimova A.M., Jalilova D.A. Forecasting electricity consumption in cotton-textile cluster enterprises. *Monograph. ToshDTU printing house, Tashkent, 2021*. PP. 163.

2. Khoshimov F.A., Rakhmonov I.U., Jalilova D.A. Methods for assessing energy saving reserves at industrial enterprises // *Scientific and technical journal "Problems of energy and resource conservation"*. Tashkent, 2021. no. 4. P. 200-208 (05.00.00; no. 21). (In Russ.).

3. Ahmed, S. (2018). Enhancing energy efficiency in textile production. London: Textile Innovations Press.

4. Goffman I.V. Rationing of energy consumption and energy balances of industrial enterprises. – *L.: Energy.1966*. PP. 319. (In Russ.)

5. Bansal, R. & Kapoor, A. (2019). "Electrical consumption standards in the textile sector." *Journal of Textile Engineering*, 45(2), 123-134.

6. Chen, L. (2020). The textile industry's guide to sustainable energy. Beijing: China Textile Press.

7. Zhelezko Yu.S. Electricity losses, reactive power, quality of electricity. *M.: ENAS*, 2009. pp. 456. (In Russ.)

8. Soldatkina L.A. Electric system set. *M.: Energy, 1978*.pp. 216. (In Russ.)

9. Allaev K.R., Khoshimov F.A. Energy saving in industrial enterprises. *T.: Fan, 2011*. pp. 208. (In Russ.)

10. F.A. Khoshimov, Kh.M. Muratov, I.U. Rakhmonov. The main patterns of changes in the energy indicators of technological equipment in the cotton ginning industry. *Scientific and technical journal "Problems of energy and resource conservation"*. Tashkent, 2019, no. 3-4, pp. 355-359. (In Russ.)

11. Dzeventskiy A.Ya., Khoshimov F.A., Ibragimov K. Kh. Multivariate solution of problems of analysis, forecasting and rationing of electricity at industrial enterprises producing diverse products. *Industrial energy*. 2000, no. 5. pp. 43 - 46. (In Russ.)

12. F.A. Khoshimov. Optimizing the use of energy resources in the textile industry. *T. Fan, 2005*. pp. 252. (In Russ.)

13. Research and development of methods for analyzing and calculating energy indicators of production departments and the enterprise as a whole (interim report). Report on budget topic A-3-82. – Tashkent: 2015. – 72 p. (In Russ.)

14. Rakhmonov I.U., Jalilova D.A. Rationalization of the operating mode of ventilation, water supply and lighting installations at textile enterprises. *Asademi. "Problems of Science"*. ISSN 2412-8236, no. 8. December 2021, pp. 13-14 (05.00.00; No. 71). (In Russ.)

15. Rakhmanov I.U., Ushakov V.Y., Najimova A.M., Omonov F.B., Jalilova D.A. Minimization of energy production management consumption. *Energy Systems Research 2021. E3S Web of Conferences* 289, 07013 (2021).

16. H.M. Penalver. The influence of voltage deviation on the productivity of textile mechanisms and the quality of the manufactured products under Kubi conditions. *Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Moscow, 1984*, pp. 6-9. (In Russ.)

17. Rakhmonov I.U. Methodology for managing power consumption of industrial enterprises with a continuous nature of production. *Dissertation for the degree of Doctor of Science (DSc) in technical sciences*, Tashkent 2022. (In Russ.)

18. Stepanov V.A. Models control algorithms in economic systems of enterprises of multi-item small-scale production: *Dis. ...cand. tech. Sciences: 05.13.10 Voronezh*, 2006, pp. 165. RSL OD, 61:06-5/2651. (In Russ.)

19. Niyozov N.N., Rikhsitillaev B.Kh., Jalilova D.A., Kuatbaev P.M. Forecasting of electricity consumption by industrial enterprises with a continuous nature of production based on the principal component method (PCA). *Energy Systems Research 2023 E3S Web of Conferences* 384, 01031 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401031>.

20. Najimova A.M. Prediction of electricity consumption of agricultural enterprises (on the example of cotton gin). *Dissertation, Tashkent* 2021, pp. 168.