



Metallurgiya korxonalarida ISO 50001 standarti asosida energetika menejmenti tizimini funksional modellash va samaradorligini baholash metodikasini takomillashtirish

Nodira A. Inatova

doktorant, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; nodirakhaitmetova@gmail.com
https://orcid.org/0009-0006-4936-1458

Dolzarbli: bugungi kunda metallurgiya korxonalarida energiya resurslaridan oqilona foydalanish, energiya iste'molini boshqarish va energiya samaradorligini oshirish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Ishlab chiqarish jarayonlarining yuqori energiya sig'imi hamda energetik jarayonlarning murakkabligi energiya menejmenti tizimini aniq va tizimli tashkil etishni talab etadi. Shu bois, ISO 50001 standarti talablari asosida energetika menejmenti jarayonlarini funksional modellash, ularning o'zaro bog'liqligini aniqlash va samaradorligini baholash alohida ahamiyat egadir. Mazkur maqolada metallurgiya korxonalarida energetika menejmenti jarayonlarini IDEF0 metodologiyasi asosida funksional modellash hamda EnPI va KPI ko'rsatkichlari orqali tizim samaradorligini bosqichma-bosqich baholash metodikasi taklif etilgan.

Maqsad: metallurgiya korxonalarida energetika menejmenti jarayonlarining funksional bog'lanishlarini aniqlash va EnPI hamda KPI ko'rsatkichlari asosida ularning samaradorligini baholash metodikasini takomillashtirish.

Usullari: tadqiqotda IDEF0 va BPMN funksional modellash, tizimli tahlil baholash usullaridan foydalanilgan.

Natijalar: energetika menejmenti jarayonlarining funksional modeli shakllantirildi hamda EnPI va KPI ko'rsatkichlarini ketma-ket baholash metodikasi taklif etildi. Ushbu yondashuv energetik natijadorlik bilan boshqaruv jarayonlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash va tizim faoliyatini kompleks baholash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: ISO 50001, energetika menejmenti tizimi, IDEF0, funksional model, EnPI, KPI, energiya samaradorligi, metallurgiya korxonasi.

Совершенствование методики функционального моделирования и оценки эффективности системы энергетического менеджмента на металлургических предприятиях на основе требований стандарта ISO 50001

Нодира А. Инатова

докторант, Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; nodirakhaitmetova@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-4936-1458

Актуальность: в настоящее время на металлургических предприятиях рациональное использование энергетических ресурсов, управление энергопотреблением и повышение энергоэффективности являются одними из наиболее актуальных задач. Высокая энергоёмкость производственных процессов и сложность энергетических процессов обуславливают необходимость чёткой и системной организации системы энергетического менеджмента. В связи с этим особое значение приобретает функциональное моделирование процессов энергетического менеджмента на основе требований стандарта ISO 50001, определение их взаимосвязей и оценка эффективности. В данной статье предложена методика функционального моделирования процессов энергетического менеджмента на металлургических предприятиях на основе методологии IDEF0, а также поэтапной оценки эффективности системы с использованием показателей EnPI и KPI.

Цель: совершенствование методики определения функциональных взаимосвязей процессов энергетического менеджмента на металлургических предприятиях и оценки их эффективности на основе показателей EnPI и KPI.

Методы: в исследовании использованы методы функционального моделирования IDEF0 и BPMN, а также методы системного анализа и оценки.

Результаты: сформирована функциональная модель процессов энергетического менеджмента и предложена методика последовательной оценки показателей EnPI и KPI. Данный подход позволяет определить взаимосвязь между энергетической результативностью и процессами управления, а также комплексно оценить функционирование системы.

Ключевые слова: энергетические ISO 50001, система энергетического менеджмента, IDEF0, функциональная модель, EnPI, KPI, энергоэффективность, металлургическое предприятие.

For citation: N.A. Inatova. Improving the methodology for functional modeling and performance evaluation of ISO 50001 based energy management systems in metallurgical enterprises. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 3, pp. 157-165.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23219852>

Received: 17.02.2026
Revised: 25.03.2026
Accepted: 20.04.2026
Published: 25.09.2026

Copyright: © Nodira A. Inatova, 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/>).



Improving the methodology for functional modeling and performance evaluation of ISO 50001 based energy management systems in metallurgical enterprises

Nodira A. Inatova

doctoral student, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; nodirakhaitmetova@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-4936-1458>

Relevance: the rational use of energy resources, effective energy consumption management, and improvement of energy efficiency have become key priorities for metallurgical enterprises. The high energy intensity of production processes and the complexity of energy-related operations require a systematic and structured approach to energy management. Therefore, functional modeling of energy management processes in accordance with the requirements of the ISO 50001 standard, identification of their interrelationships, and comprehensive performance assessment are of particular importance. This paper proposes a functional model of energy management processes based on the IDEF0 methodology and a step-by-step methodology for evaluating system performance using Energy Performance Indicators (EnPI) and Key Performance Indicators (KPI).

Aim: improvement of the methodology for identifying functional interrelationships among energy management processes at metallurgical enterprises and evaluating their effectiveness based on EnPI and KPI indicators.

Methods: The study employs IDEF0 and BPMN functional modeling methods together with systems analysis and performance assessment techniques.

Results: a functional model of energy management processes was developed, and a sequential methodology for evaluating EnPI and KPI indicators was proposed. The proposed approach enables the identification of relationships between energy performance and management processes and provides a comprehensive assessment of the overall effectiveness of the energy management system.

Keywords: ISO 50001, Energy Management System, IDEF0, functional model, EnPI, KPI, energy efficiency, metallurgical enterprise.

1. Kirish (Introduction)

So'nggi yillarda sanoat ishlab chiqarishining rivojlanishi, texnologik jarayonlarning murakkablashuvi va resurslardan foydalanish hajmining ortib borishi korxonalarda boshqaruv jarayonlarini yanada aniq va tizimli tashkil etishni talab qilmoqda. Ayniqsa, energiya sig'imi yuqori bo'lgan tarmoqlarda ishlab chiqarish jarayonlari bilan energetik boshqaruv vazifalarini o'zaro muvofiqlashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday sharoitda energiya iste'molini faqat alohida ko'rsatkichlar bo'yicha nazorat qilish emas, balki energetik jarayonlarning korxona boshqaruv tizimidagi o'rni va funksional bog'liqliklarini aniqlash zarurati yuzaga keladi [1–2,5]. Ma'lumki, metallurgiya korxonalarining ishlab chiqarish jarayonlari ko'p bosqichli tuzilishga ega bo'lib, texnologik agregatlar, sexlar, energetik qurilmalar va boshqaruv bo'linmalari faoliyati o'zaro uzviy bog'langan, ya'ni bir texnologik uchastkadagi ish rejimining o'zgarishi boshqa jarayonlarning yuklanishi, resurslar sarfi va ishlab chiqarish natijalariga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu bois metallurgiya korxonalarida alohida jarayonlarni mustaqil boshqarishdan ko'ra, ular o'rtasidagi funksional aloqalarni aniqlash va boshqaruv vazifalarini yagona tizim doirasida muvofiqlashtirish muhim hisoblanadi. Bunga ko'ra, korxona miqyosida energiya iste'moli energetik qurilmalar, texnologik jarayonlar va ishlab chiqarish sexlari kesimida shakllanadi, yakuniy natijalar esa umumkorxona darajasida baholanadi. Bunda ma'lumotlarni yig'ish, energiya sarfini tahlil qilish, muhim energiya iste'molchilarini aniqlash, ko'rsatkichlarni hisoblash va boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayonlari o'zaro bog'liq funksiyalar sifatida amalga oshirilishi lozim. Funksiyalar va axborot oqimlari o'rtasidagi bog'lanishlarning yetarli darajada aniqlashtirilmaligi energetika menejmenti tizimini ishlab chiqish va joriy qilishda ayrim vazifalarning takrorlanishi yoki boshqaruv bosqichlari o'rtasida uzilishlar yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin.

ISO 50001 standarti tashkilotda energiyadan foydalanish va energiya iste'molini tizimli boshqarish, uning natijadorlik ko'rsatkichlarini kuzatish hamda ularni muntazam yaxshilashga qaratilgan umumiy talablarni belgilaydi [3,4,11]. Biroq metallurgiya korxonalarining murakkab ishlab chiqarish tuzilishi ushbu talablarni amaldagi texnologik va boshqaruv jarayonlariga moslashtirishni talab etadi. Xususan, energetik qurilmalar darajasida shakllanadigan boshlang'ich ma'lumotlarning texnologik jarayon, sex va korxona boshqaruvi darajalariga uzatilishi, qayta ishlanishi hamda natijaviy ko'rsatkichlarga aylantirilishi aniq funksional ketma-ketlik asosida tashkil etilishi zarur.

Energetika menejmenti tizimining holatini baholashda faqat energiya sarfi yoki uning kamayish miqdoriga tayanish tizim faoliyatini to'liq tavsiflamaydi. Energetik natijadorlik bilan bir qatorda monitoring jarayonlarining qamrovi, ma'lumotlarning ishonchliligi, muhim energiya iste'molchilarining nazorat qilinishi, texnologik rejimlarning barqarorligi va boshqaruv vazifalarining bajarilishi ham ya-



kuniy natijalarga ta'sir ko'rsatadi [6-8, 14]. Shu bois metallurgiya korxonalarida ISO 50001 talablari asosida energetika menejmenti jarayonlarining funksional tuzilishini shakllantirish va uning natijadorligini energetik hamda boshqaruv ko'rsatkichlari asosida o'zaro bog'liq holda baholash dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

2. Metod va materiallar (Methods and materials)

Tadqiqot obyekti sifatida metallurgiya korxonalarida ISO 50001 talablari asosida tashkil etiladigan energetika menejmenti jarayonlari olindi. Tadqiqot materiallarini shakllantirishda energetik qurilmalar, ishlab chiqarish sexlari, texnologik jarayonlar va korxona boshqaruvi darajasida bajariladigan energetik vazifalar o'rganildi. Tizim tarkibidagi funksiyalarni ajratish va ular o'rtasidagi axborot almashinuvini ifodalash uchun IDEF0 hamda BPMN metodologiyalaridan foydalanildi. Bunga ko'ra, IDEF0 tizimni funksional nuqtai nazardan ochib beradi, ya'ni muayyan jarayon uchun boshlang'ich ma'lumotlarni ko'rsatadi, qaysi talablar uning bajarilishini boshqarishi, jarayon qaysi vosita yordamida amalga oshirilishi va yakunda qanday natija shakllanishini ko'rsatadi. BPMN esa jarayonning bajarilish ketma-ketligini ifodalashga yo'naltirilgan [7, 9-10]. Unda vazifalarning boshlanishi, ijrochilar o'rtasida uzatilishi, qaror qabul qilinadigan nuqtalar va keyingi harakatlarning davom etish yo'nalishi ko'rsatiladi.

IDEF0 modelida funksiya to'rtta asosiy bog'lanish orqali tavsiflanadi: kirish, boshqaruv, mexanizm va chiqish. Energetika menejmenti jarayoniga nisbatan qaralganda, energiya sarfi va ishlab chiqarish haqidagi dastlabki ma'lumotlar kirish qismini tashkil etadi. ISO 50001 talablari, energetika siyosati, ichki tartib va belgilangan me'yorlar boshqaruv ta'sirini ifodalaydi. Mas'ul xodimlar, o'lchash vositalari, monitoring tizimlari hamda mavjud axborot resurslari jarayonni bajaruvchi mexanizmlar hisoblanadi. Tahlil qilingan energetik ko'rsatkichlar, aniqlangan og'ishlar va boshqaruv uchun tayyorlangan ma'lumotlar esa chiqish natijasi sifatida shakllanadi (1-rasm).

BPMN modelida esa mazkur funksiyalarning amalda bajarilish tartibi kuzatiladi. Masalan, energetik ma'lumotlarni olish jarayoni ma'lumotlarning mavjudligini tekshirish bilan davom etadi. Ma'lumot yetarli bo'lmasa, uni aniqlashtirish yoki qayta yig'ish zarurati yuzaga keladi. Yetarli bo'lgan holatda esa ma'lumot tahlil bosqichiga uzatiladi, belgilangan qiymatlardan og'ish tekshiriladi va natijaga qarab tegishli boshqaruv harakati tanlanadi.

Energetika menejmenti tizimini funksional jihatdan shakllantirishda dastlab jarayonning umumiy chegarasi belgilandi. Birinchi modelda ISO 50001 talablari asosida energetika menejmenti tizimini ishlab chiqish va joriy qilish yaxlit boshqaruv jarayoni sifatida qaraldi. Bunda korxonaning energiyadan foydalanish holati va ishlab chiqarish ma'lumotlari tizimga kiruvchi boshlang'ich axborot sifatida qabul qilindi. Ushbu ma'lumotlar belgilangan talablar va korxonaning ichki boshqaruv hujjatlari asosida qayta ishlanib, energetik holatni baholash va boshqaruv qarorlarini shakllantirishga yo'naltiriladi. Uning asosiy vazifasi energetika menejmenti tizimiga taalluqli axborotlarning umumiy harakat yo'nalishini belgilashdan iborat. Modelda ma'lumotlarning faqat yig'ilishi emas, balki ularni boshqaruvchi talablar va jarayonni amalga oshiruvchi mexanizmlar ham birgalikda ko'rsatilgan.

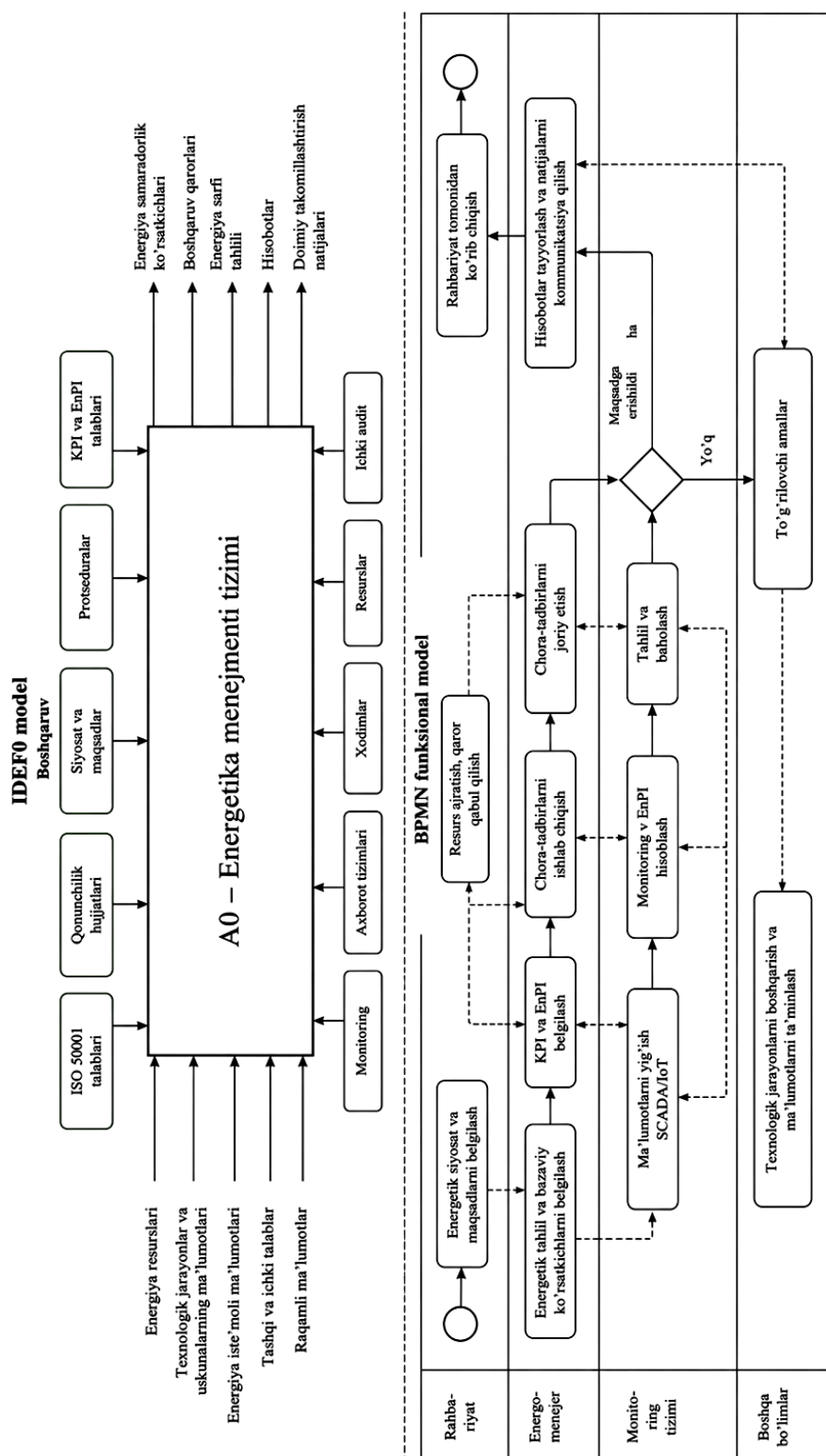
1-rasmdagi model umumiy xususiyatga ega bo'lib, korxona ichida ma'lumotlar qayerda shakllanishi va qaysi boshqaruv darajasiga uzatilishini batafsil ochib bermaydi. Shu sababli keyingi bosqichda modelning ichki tuzilishi funksional dekompozitsiya asosida shakllantirildi. Natijada energetika menejmenti tizimining asosiy vazifalari energetik qurilmalar, sex va bo'linmalar, texnologik jarayonlar hamda korxona darajasiga ajratildi (2-rasm).

2-rasmdagi modelda A_1 funksional element energetik qurilmalar darajasidagi jarayonlarni qamrab oladi. Mazkur bosqichda elektr energiyasi sarfi, qurilma yuklamasi, ishlash vaqti va texnik ish rejimiga oid dastlabki ko'rsatkichlar shakllanadi. Ushbu ma'lumotlarning aniqligi keyingi funksional bosqichlardagi tahlil natijalariga bevosita ta'sir qiladi. Shu sababli A_1 elementi faqat energiya sarfini qayd qilish emas, balki dastlabki energetik axborotni shakllantirish nuqtasi sifatida qaralgan. Energiya agregatlari (A_1) jarayoni uchun kirish va chiqish funksiyasi $y_1(t)$ quyidagicha ifodalanadi:

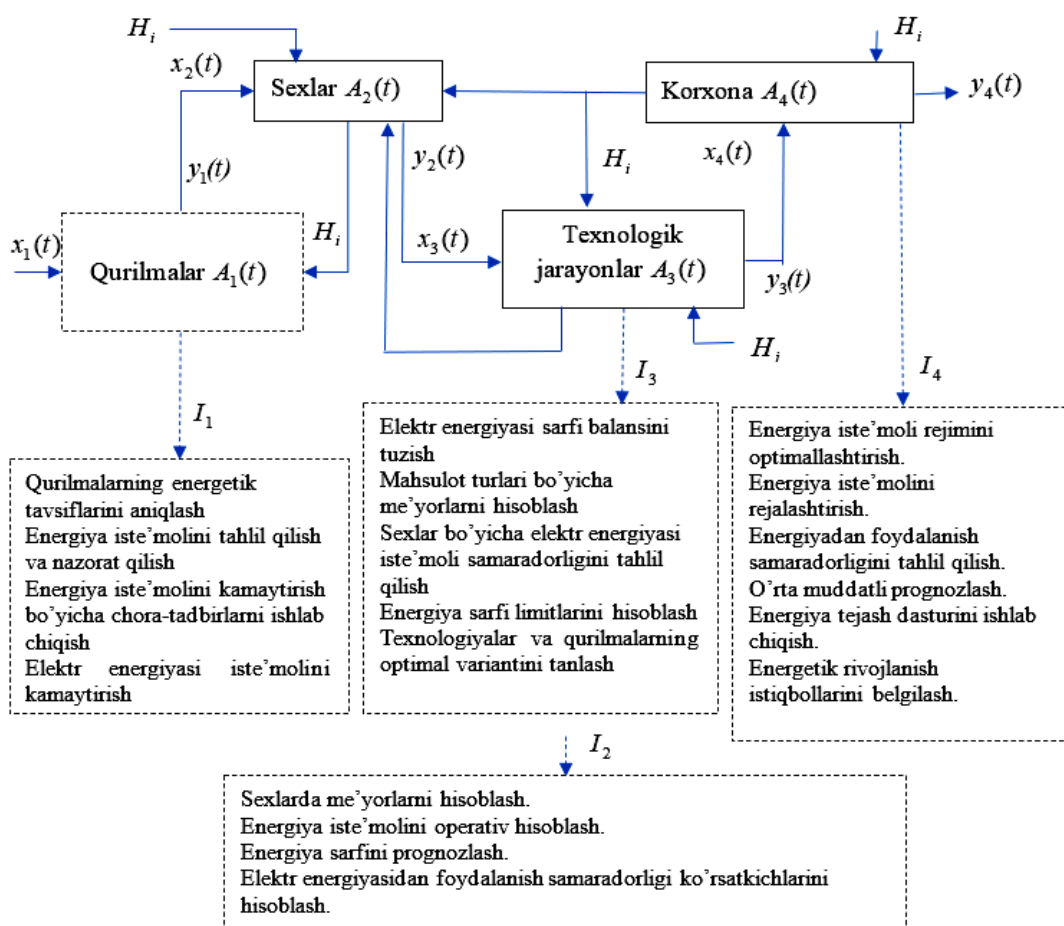
$$y_1(t) = f_1(x_1(t)H_i); \quad (1)$$

bunda $x_i(t)$ - elementning kirishi; H_i - tashqi ta'sirlar vektori.

A_2 funksional elementida ma'lumotlar sex va ishlab chiqarish bo'linmalari miqyosida umumlashtiriladi. Alohida energetik qurilmaning ko'rsatkichi ushbu bosqichda sexning ishlab chiqarish hajmi va faoliyat xususiyati bilan bog'lanadi. Bunda sexlar bo'yicha energiya iste'moli holatini solishtirish, belgilangan me'yorlardan og'ishlarni aniqlash va energiya sarfining o'zgarish yo'nalishini ko'rish mumkin bo'ladi. Shunday qilib, A_1 bosqichida shakllangan texnik ma'lumot A_2 darajasida ishlab chiqarish bo'linmasiga tegishli axborotga aylantiriladi. Korxonadagi sexlar darajasi energiya sarfi $y_2(t)$ quyidagi formula bilan ifodalanadi:



1-rasm. Metallurgiya korxonalari uchun energetika menejmenti tizimining funksional modeli
Fig. 1. Functional model of the energy management system for metallurgical enterprises



2-rasm. Metallurgiya sanoati uchun IDEF0 metodologiyasi asosida energetik jarayonlarni boshqarish:
Fig. 2. Management of energy processes in metallurgical industry based on the IDEF0 methodology:

$$y_2(t) = f_2(y_1(t), x_2(t), H_i). \quad (2)$$

A_3 funksional elementining mazmuni energiya iste'molini texnologik jarayon sharoitlari bilan bog'lashdan iborat. Metallurgiya ishlab chiqarishida energiya sarfining o'zgarishi har doim ham energetik qurilmaning holati bilan izohlanmaydi. Eritish vaqtining uzayishi, texnologik to'xtashlar, agregat yuklamasining o'zgarishi yoki ishlab chiqarish rejimining barqaror emasligi ham iste'mol ko'rsatkichlariga ta'sir etadi. Shu sababli mazkur darajada energetik ko'rsatkichlar texnologik parametrlar bilan birgalikda ko'rib chiqiladi. Bu esa aniqlangan og'ishni faqat son jihatdan qayd etmasdan, uning yuzaga kelish sharoitini aniqlash imkonini beradi. Texnologik jarayonlar uchun jarayonning energiya modeli $y_3(t)$ quyidagicha ifodalanadi:

$$y_3(t) = f_3(y_2(t), x_3, H_i). \quad (3)$$

A_4 funksional elementida quyi bosqichlarda olingan natijalar korxona darajasida umumlashtiriladi. Bu yerda alohida qurilma yoki sexning ko'rsatkichi emas, balki energetika menejmenti tizimining umumiy holati muhim hisoblanadi. Aniqlangan og'ishlar, bajarilgan tadbirlar, energetik ko'rsatkichlarning o'zgarishi va boshqaruv vazifalarining bajarilish holati birgalikda tahlil qilinadi. Shundan so'ng keyingi boshqaruv qarorlari uchun zarur bo'lgan yakuniy axborot shakllanadi va energianing umumiy iste'molini $y_4(t)$ ifodalaydi:

$$y_4(t) = f_4(y_3(t), x_4, H_i). \quad (4)$$

Ikki modelning o'zaro bog'lanishi energetika menejmenti tizimining ishlash mexanizmini izchil ko'rsatadi, biroq energetika menejmenti tizimining qay darajada samarali ishlayotganini ko'rsatib bermaydi. Energetik natijadorlikni ifodalovchi EnPI ko'rsatkichlari energiyadan foydalanish holatidagi o'zgarishlarni baholashga imkon beradi [12,13]. Ammo energetika menejmenti tizimining ishlashi faqat energiya sarfining o'zgarishi bilan belgilanmaydi. Shu nuqtai nazardan KPI ko'rsatkichlari funksional modelda belgilangan jarayonlarning bajarilish holatini baholash uchun

qo'llanildi (1-jadval).

KPI ko'rsatkichlarini baholash algoritmi boshlang'ich ma'lumotlarni shakllantirishdan boshlanadi. Dastlab baholash obyekti va unga tegishli ko'rsatkich tanlanadi. Keyin ko'rsatkichning haqiqiy qiymati aniqlanib, oldindan belgilangan mezon yoki rejalashtirilgan qiymat bilan taqqoslanadi. Agar natija belgilangan chegarada bo'lsa, jarayonning holati qoniqarli deb qayd etiladi va monitoring davom ettiriladi. Og'ish aniqlangan holatda esa uning qaysi funksional elementga tegishli ekanligi aniqlanadi (2-jadval).

1-jadval. KPI va EnPI baholash algoritmi

Table 1. KPI and EnPI evaluation algorithm

Bosqich	Nomlanishi	Tavsifi	Natija
1-bosqich	Ma'lumotlarni yig'ish va tizimlashtirish	Energiya hisoblagichlar ko'rsatkichlari Texnologik jarayon Energiya resurslari sarfi SCADA tizimi Ishlab chiqarish hajmi Tashqi omillar va me'yoriy ma'lumotlar	To'liq va ishonchli ma'lumot shakllanadi
2-bosqich	Energetik bazaviy ko'rsatkichlarni (EnB) aniqlash	O'tgan davr ma'lumotlari yig'iladi (1–3 yil) Normallashtiruvchi omillar hisobga olinadi. Masalan, ishlab chiqarish hajmi, ob-havo va ish vaqti	Bazaviy ko'rsatkichlarni solishtirish bazasi yaratiladi
3-bosqich	Energiya samaradorligi ko'rsatkichlarini (EnPI) hisoblash	Spetsifik energiya sarfi Energiya intensivligi Energiya tejamkorlik koeffitsiyenti ish vaqti	Energetik jarayonlar samaradorligi baholanadi
4-bosqich	KPI ko'rsatkichlarini aniqlash	Monitoring samaradorligi Ichki audit Ma'lumotlarni boshqarish Boshqaruv natijadorligi	Boshqaruv jarayonlari natijadorligi baholanadi
5-bosqich	Haqiqiy va me'yoriy qiymatlarni solishtirish hamda og'ishlarni aniqlash	EnPI va KPI ko'rsatkichlarining haqiqiy qiymatlarini belgilangan me'yoriy yoki maqsadli qiymatlar bilan solishtirish hamda og'ishlarni aniqlash	Og'ishlar va muammoli yo'nalishlar aniqlanadi
6-bosqich	Boshqaruv qarorlarini qabul qilish	Og'ish me'yor chegarasida bo'lsa jarayon davomi, aks holda og'ish sabablariga ko'ra tuzatuvchi tadbirlarni ishlab chiqish	Boshqaruv qarorlari va chora-tadbirlar rejasini ishlab chiqiladi
7-bosqich	Natijalarni baholash va doimiy takomillashtirish	Samaradorlikni qayta baholash Natijalarning monitoringi Jarayonlarni takomillashtirish	Energiya samaradorligi uzluksiz oshiriladi, KPI va EnPI maqsadlari ta'minlanadi

Masalan, ma'lumotlarning to'liq yoki ishonchli shakllanmasligi A_1 va A_2 funksional elementlaridagi monitoring jarayonlarini tekshirishni talab qiladi. Energetik ko'rsatkichning yomonlashishi texnologik parametrlarning o'zgarishi bilan bog'liq bo'lsa, tahlil A_3 bosqichiga yo'naltiriladi. Boshqaruvda tuzatish choralari kechikishi yoki belgilangan maqsadlarga erishilmasligi esa A_4 darajasidagi boshqaruv jarayonlari bilan bog'liq holda baholanadi. Shu tariqa KPI algoritmidagi aniqlangan og'ish faqat foiz yoki ball ko'rinishida qayd etilib qolmaydi, balki uning tizimdagi funksional manbasi ham ko'rib chiqiladi.

Baholash jarayonining keyingi bosqichida aniqlangan holat bo'yicha tegishli boshqaruv choralari belgilanadi. Amalga oshirilgan tadbir natijasi qayta baholanib, ko'rsatkichning o'zgarishi nazorat qilinadi. Bunda algoritm bir martalik hisoblash bilan yakunlanmaydi. Ko'rsatkich qiymati, aniqlangan og'ish va bajarilgan harakat o'rtasidagi bog'lanish saqlanib qoladi. Natijada energetika menejmenti tizimida qaysi funksionaning barqaror ishlayotgani va qaysi bosqichda boshqaruv ta'sirini kuchaytirish zarurligini aniqlash mumkin bo'ladi.

Shunday qilib, funksional model va KPI baholash algoritmi alohida ikki yechim sifatida emas, balki bir-birini davom ettiruvchi vositalar sifatida shakllantirildi. IDEF0 va BPMN asosidagi model energetika menejmenti jarayonlarining tuzilishi va bajarilish ketma-ketligini ochib bersa, KPI ko'rsatkichlarini baholash ushbu jarayonlarning amaldagi holatini o'lchash imkonini beradi. Bunday bog'lanish ISO 50001 talablarini metallurgiya korxonasining real boshqaruv darajalari bilan uyg'unlashtirish hamda aniqlangan og'ishlarni aniq funksional jarayon doirasida ko'rib chiqishga asos bo'ladi.



2-jadval. ISO 50001 standarti bo'yicha energiya menejmenti tizimi samaradorligining KPI ko'rsatkichlari tizimi

Table 2. System of KPI indicators for evaluating the effectiveness of the energy management system in accordance with ISO 50001

	KPI nomi	Ko'rsatkich nomi
1	Strategik KPIlari	1.1. Energiya maqsadlariga erishish darajasi 1.2. Energiya siyosati qamrovi 1.3. Energiya tejamkor loyihalar samaradorligi
2	Jarayon KPIlari	2.1. Energiya monitoringi qamrovi 2.2. Ma'lumotlar sifati indeksi 2.3. SEU qamrovi
3	Tizim samaradorligi KPIlari	3.1. Energiya tejamkorlik dasturlari samaradorligi 3.2. Nomuvofiqliklarni bartaraf etish tezligi 3.3. Tuzatuvchi choralar samaradorligi
4	Resurs va kompetensiya KPIlari	4.1. Xodimlar malakasi indeksi 4.2. Energiya boshqaruviga ajratilgan resurslar
5	Ichki audit KPIlari	5.1. Audit qamrovi 5.2. Audit samaradorligi
6	Raqamli transformatsiya KPIlari	6.1. Avtomatlashtirish darajasi 6.2. Real-vaqt monitoring darajasi
7	Energiya samaradorligi KPIlari	7.1. Spetsifik energiya sarfi 7.2. Energiya samaradorligi indeksi 7.3. Energiya tejamkorlik darajasi
8	Energiyadan foydalanish KPIlari	8.1. Energiya intensivligi 8.2. Energiyadan foydalanish ko'effitsiyenti
9	Texnologik KPIlar	9.1. Texnologik jarayon barqarorligi ko'effitsiyenti 9.2. Uskunalarining yuklanish samaradorligi 9.3. Texnologik yo'qotishlar darajasi
10	Monitoring KPIlari	10.1. Monitoring ma'lumotlarining ishonchiligi 10.2. Ma'lumotlarni yangilash tezkorligi 10.3. Sensorlar va o'lchash nuqtalari qamrovi
11	Ekologik KPIlar	11.1. CO ₂ chiqindisi 11.2. Karbon intensivligi
12	Energetik KPIlar	12.1. Reaktiv energiya ulushi 12.2. Energiya yo'qotishlari darajasi 12.3. Energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi
13	Muvofiqlik va hujjatlashtirish KPIlari	13.1. ISO 50001 talablari bo'yicha muvofiqlik darajasi 13.2. Hujjatlashtirishning to'liqligi va dolzarbligi 13.3. Majburiy yozuvlar yuritilish darajasi

3. Natija va muhokama (Results and discussion)

Tadqiqot davomida olingan tahlil natijalari metallurgiya korxonasida energetika menejmenti jarayonlari turli boshqaruv darajalarida shakllanishini va energetik ma'lumotlarning mazmuni ushbu darajalarga qarab o'zgarishini ko'rsatdi. Shu asosda ishlab chiqilgan funksional modellar energiya agregatlari, sexlar, texnologik jarayonlar va korxona darajasidagi vazifalarni yagona boshqaruv zanjirida birlashtirish imkonini berdi. Natijada energetik ma'lumotning shakllanish manbasidan boshlab, uning tahlil qilinishi va boshqaruv qaroriga aylanishigacha bo'lgan ketma-ketlik aniqlandi.

Ushbu funksional modelning afzalligi ISO 50001 talablari asosida energetika menejmenti tizimini ishlab chiqish va joriy qilish jarayoni alohida texnik yoki tashkiliy tadbir sifatida emas, balki korxona boshqaruv tizimi, raqamli monitoring va natijaviy baholash jarayonlari bilan bog'langan yaxlit funksional tizim sifatida ifodalangan. Modelda energiya iste'moli, ishlab chiqarish hajmi, energetik qurilmalar holati va monitoring ma'lumotlari qayd etiladigan axborot sifatida va shu bilan birga KPI ko'rsatkichlarini shakllantirish va boshqaruv qarorlarini asoslash uchun kirish elementi sifatida qaraladi.

Modelning yana bir muhim jihati energetik ko'rsatkichlarni ishlab chiqarish, boshqaruv va raqamlashtirilgan nazorat sharoitidan integratsiyalangan holda baholashga imkon beradi. Masalan, energiya iste'molining ortishi har doim ham salbiy natija hisoblanmaydi, chunki bu holat ishlab chiqarish hajmining oshishi, texnologik rejimning o'zgarishi yoki agregat yuklamasi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Shuningdek, KPI ko'rsatkichlari orqali monitoring qamrovi, ma'lumotlarning ishonchiligi, muhim energiya iste'molchilarining nazorat qilinishi va boshqaruv vazifalarining bajarilishi ham raqamli shaklda baholanadi. Natijada model energiya sarfini ISO 50001 talablari, ichki me'yorlar, ishlab chiqarish sharoitlari va raqamlashtirilgan KPI tizimi bilan bog'liq boshqaruv axboroti sifatida tahlil qilishga asos yaratadi.

Ilmiy nuqtai nazardan birinchi modelning farqli tomoni energetika menejmenti tizimining umumiy funksional chegarasini belgilash bilan birga, raqamli ma'lumotlar oqimi va KPI ko'rsatkichlarini shakllantirish uchun metodik asos yaratishidir. U keyingi bosqichlarda jarayonni A₁-A₄ funksional elementlarga ajratish, energetik axborotning korxona ichida qanday shakllanishini ko'rsatish hamda EnPI va KPI ko'rsatkichlari asosida baholash algoritmini qurish uchun tayanch vazifasini bajaradi.

KPI baholashda faqat umumiy ball yoki bajarilish foizini aniqlash emas, balki ko'rsatkichdagi og'ishning qaysi funksional bosqichda yuzaga kelganligini aniqlash nazarda tutiladi. Masalan, monitoring ma'lumotlarining ishonchiligi past bo'lgan holatda aniqlangan EnPI og'ishini bevosita texnologik jarayon bilan bog'lash asosli bo'lmaydi. Bunday vaziyatda dastlab A₁-A₂ darajasidagi ma'lumotlarni shakllantirish va uzatish jarayonlari tekshiriladi. Agar boshlang'ich ma'lumotlar ishonchli bo'lsa, tahlil A₃ darajasidagi texnologik parametrlar bo'yicha davom ettiriladi.



Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, funksional modellar va KPI baholash algoritmining o'zaro bog'lanishi metallurgiya korxonalarida energetika menejmenti tizimini faqat energiya sarfi natijalari asosida emas, balki jarayonlarning bajarilishi va boshqaruv holati bilan birgalikda baholashga imkon beradi. Natijada ISO 50001 talablarini metallurgiya korxonasining amaldagi boshqaruv tuzilishi bilan bog'lashga qaratilgan funksional-baholash yondashuvi shakllantirildi.

4. Xulosa (Conclusion)

Tadqiqot natijalari metallurgiya korxonalarida ISO 50001 talablari asosida energetika menejmenti tizimini ishlab chiqish va joriy qilishda jarayonlarni faqat umumiy energiya sarfi yoki alohida ko'rsatkichlar orqali baholash yetarli emasligini ko'rsatdi. Energiya iste'moli bo'yicha ma'lumotlar agregat, sex, texnologik jarayon va korxona darajalarida turlicha mazmun kasb etadi. Shu sababli energetik axborotning shakllanish manbasi, qayta ishlanish bosqichi va boshqaruv qaroriga aylanish jarayonini yagona funksional tizimda ifodalash zarur hisoblanadi. Ishlab chiqilgan funksional modellar energetika menejmenti jarayonlarining umumiy chegarasini hamda uning ichki tuzilmasini aniqlash imkonini berdi, ya'ni taklif etilgan model energiya oqimini oddiy hisobga olish bilan cheklanmaydi, balki energetik ma'lumotlarning boshqaruv tizimidagi harakatini ham ko'rsatadi. Bu esa aniqlangan og'ishlarning sababini korxona boshqaruvi darajasida ajratib tahlil qilish imkonini beradi. Mazkur yondashuv mavjud energiya balansi yoki alohida texnologik hisoblash modellaridan farqli ravishda energetika menejmenti tizimini funksional bog'langan jarayon sifatida baholashga asos yaratadi.

EnPI va KPI ko'rsatkichlarini baholash algoritmi funksional modellar bilan bog'langan holda energetika menejmenti tizimining amaldagi holatini aniqlash imkonini beradi. Shu orqali baholash jarayoni faqat ko'rsatkich qiymatini aniqlash bilan yakunlanmaydi, balki og'ish yuzaga kelgan funksional bosqichni aniqlash va tegishli boshqaruv choralari belgilashga yo'naltiriladi. Umuman olganda, ishlab chiqilgan funksional modellar va KPI asosidagi baholash algoritmi metallurgiya korxonalarida ISO 50001 talablarini amaldagi ishlab chiqarish va boshqaruv jarayonlari bilan bog'lashga xizmat qiladi. Taklif etilgan yondashuv energetika menejmenti tizimini tizimli tahlil qilish, energiya samaradorligi ko'rsatkichlarini boshqaruv vazifalari bilan uyg'unlashtirish va aniqlangan nomuvofiqliklar bo'yicha asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Bu esa metallurgiya korxonalarida energetika menejmenti tizimini funksional jihatdan takomillashtirish hamda uning samaradorligini kompleks baholash uchun ilmiy-uslubiy asos bo'lib xizmat qiladi.

ADABIYOT

1. Knayer T., Kryvinska N. Korxonalardagi umumiy texnologiyalarda energiyadan samarali foydalanish rivojiga energetika menejmenti tizimlarining ta'siri // *Energiya samaradorligi*. — 2023. — 16-jild. — 12-maqola. DOI: 10.1007/s12053-023-10086-9.
2. ISO 50004:2020 Energy management systems – Guidance for implementation, maintenance and improvement of an ISO 50001 EnMS.
3. Д.О. Скобелев, М. В. Степанова. Энергетический менеджмент: прочтение 2020. Руководство по управлению энергопотреблением для промышленных предприятий. Москва 2020. С. 5-17.
4. Nodira A. Inatova. Structural Scheme of the Development and Implementation Process of the Energy Management System According to ISO 50001. Aug. 2025, <https://doi.org/10.5281/zenodo.17217918>.
5. -V.S. Gorbunova, E.Yu. Puzina. Effectiveness of Implementing an Energy Management System in Industrial Companies in Russia. *Transportation Systems and Technology*. 2018; 4(1), pp. 119–137.
6. Nodira A. Inatova. (2025). Information model of the process of effective development and implementation of an energy management system according to ISO 50001 for metallurgical enterprises. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17217938>.
7. Г.Г. Бобоев, Н.А. Инатова. Внедрение системы энергоменеджмента для повышения энергоэффективности на производственных предприятиях. Журнал «Главный энергетик» № 2 (259), 2025. С. 4-9.
8. Поляничко М.В. Методические подходы к управлению энергоэффективностью предприятия // *Современные технологии управления*. 2017. №3 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-upravleniyu-energoeffektivnostyu-predpriyatiya>.
9. Saidov Mash'al Samadovich. Elektr energetika sohasini tartibga solish va boshqarishda olib borilayotgan islohotlar // "Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar" ilmiy elektron jurnali. № 5, sentyabr-oktyabr, 2021 yil // 133-134 bet.
10. Федоськина Л. А., Абрамов Е. И. Методологические аспекты формирования системы энергоменеджмента в организации // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*.



2014. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-aspekty-formirovaniya-sistemy-energomenedzhmenta-v-organizatsii>. 23-29 бет.

11. Узнародов И.М. Энергетический кризис в европе и перспективы низкоуглеродной экономики // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Общественные науки. 2022. №2 (214). С. 95-101 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskiy-krizis-v-evrope-i-perspektivy-nizkouglerodnoy-ekonomiki>.

12. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы её развития /под ред. Салимова А.У. – Т.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 с.

13. N.A. Inatova. ISO 50000 seriyasidagi standartlar tahlili: Energetika menejment tizimlari energosamaradorlikni ta'minlashning asosiy mezon i/Sanoatda innovatsion metrologik ta'minot istiqbollari va uning dolzarb ilmiy-amaliy muammolari III xalq. anjuman, 7-8 aprel, 2025 yil. 27-30 b.

14. Kouaho E.S., N'Guessan Y., Marvillet C. ISO 50001 talablariga muvofiq energetik axborot tizimi va energetika menejmenti tizimining qiyosiy tadqiqoti // Energies. - 2024. - 17-jild. -21-son. DOI: 10.3390/en17215446.

REFERENCES

1. Knayer T., Kryvinska N. The influence of energy management systems on the progress of efficient energy use in cross-cutting technologies in companies // Energy Efficiency. — 2023. — Vol. 16. — Article 12. DOI: 10.1007/s12053-023-10086-9.
2. ISO 50004:2020 Energy management systems – Guidance for implementation, maintenance and improvement of an ISO 50001 EnMS
3. D.O. Skobelev, M.V. Stepanova. Energy Management: 2020 Edition. A Guide to Energy Consumption Management for Industrial Enterprises. Moscow, 2020. pp. 5–17.
4. Nodira A. Inatova. Structural Scheme of the Development and Implementation Process of the Energy Management System According to ISO 50001. Aug. 2025, <https://doi.org/10.5281/zenodo.17217918>.
5. V.S. Gorbunova, E.Yu. Puzina. Effectiveness of Implementing an Energy Management System in Industrial Companies in Russia. Transportation Systems and Technol. 2018; 4(1), pp. 119–137.
6. Nodira A. Inatova. (2025). Information model of the process of effective development and implementation of an energy management system according to ISO 50001 for metallurgical enterprises. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17217938>.
7. G.G. Boboev, N.A. Inatova. Implementation of an Energy Management System to Improve Energy Efficiency at Industrial Enterprises. Journal “Главный энергетик” №.2(259), 2025. pp. 4-11.
8. Polyanchko M.V. Methodological Approaches to Managing Energy Efficiency in an Enterprise //Modern Management Technologies. 2017. №3 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-upravleniyu-energoeffektivnostyu-predpriyatiya>.
9. Saidov Mash'al Samadovich. Reforms Being Carried Out in the Regulation and Management of the Electric Power Sector // “Economy and Innovative Technologies” Scientific Electronic Journal. No. 5, September–October 2021 // pp. 133–134.
10. Fedoskina L.A., Abramov E.I. Methodological Aspects of Forming an Energy Management System in an Organization // National Interests: Priorities and Security. 2014. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-aspekty-formirovaniya-sistemy-energomenedzhmenta-v-organizatsii>. pp. 23-29.
11. Uzнародov I. M. The Energy Crisis in Europe and the Prospects of a Low-Carbon Economy // Proceedings of Universities. North-Caucasus Region. Series: Social Sciences. 2022. №2 (214). С. 95-101 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskiy-krizis-v-evrope-i-perspektivy-nizkouglerodnoy-ekonomiki>.
12. Allaev K.R. Modern energy and prospects for its development / edited by Salimov A.U. – T.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 p.
13. N.A. Inatova. Analysis of ISO 50000 Series Standards: Energy Management Systems as the Main Criterion for Ensuring Energy Efficiency // "Prospects of Innovative Metrological Support in Industry and Its Topical Scientific-Practical Issues" III International Conference, April 7–8, 2025. Pages 27–30.
14. Kouaho E.S., N'Guessan Y., Marvillet C. Comparative study of an energy information system and energy management system according to ISO 50001 // Energies 2024. - Vol. 17. No. 21. DOI: 10.3390/en17215446.