ISSIQLIK ENERGETIKA OBYEKTLARINI KVANT HISOBLASH USULLARI ASOSIDA TADQIQ ETISH

Yakubova Noilaxon Sobirjonovna
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: noila.yakubova@gmail.ru
Tel: +998946853505
Sadikova Shaxnozaxon Shukurillayevna
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: shaxnoza.sadikova@gmail.ru

Annotatsiya. Energiya resurslaridan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish bugungi kunda issiqlik energetika tizimlarida eng dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Mazkur maqolada texnologik jarayonlarning ko‘p o‘lchamli, noaniqlik va tasodifiylik xususiyatiga ega bo‘lgan sharoitlarida boshqaruv samaradorligini oshirish masalasi ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot doirasida boshqaruv parametrlarining noaniqlik sharoitida imitatsion modelini qurish, kvant superpozitsiya va interferensiya xususiyatlaridan foydalangan holda optimal boshqaruv qarorlarini ishlab chiqish, kvant noravshan rostlagichlar asosida boshqaruv tizimini loyihalash masalalari yoritilgan. Taklif etilgan yondashuv issiqlik energetikasi obyektlarida zamonaviy intellektual texnologiyalarning samarali qo‘llanishi uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: Kvant algoritmlari, issiqlik energetikasi, ko‘p o‘lchamli tizim, noaniqlik, interferensiya, superpozitsiya, kvant noravshan rostlagich, intellektual boshqaruv, energetik samaradorlik, isitish qozoni, matematik modellashtirish, optimal boshqaruv.

Аннотация. Рациональное использование энергоресурсов и повышение энергоэффективности являются сегодня одной из наиболее актуальных проблем в теплоэнергетических системах. В статье рассматривается вопрос повышения эффективности управления в условиях многомерных, неопределенных и случайных технологических процессов. В исследовании рассматриваются вопросы построения имитационной модели параметров управления в условиях неопределенности, выработки оптимальных управляющих решений с использованием свойств квантовой суперпозиции и интерференции, проектирования системы управления на основе квантово-нечетких регуляторов. Предложенный подход создает научную основу для эффективного использования современных интеллектуальных технологий на объектах теплоэнергетики..

Ключевые слова: Квантовые алгоритмы, тепловая энергетика, многомерная система, неопределенность, помехи, суперпозиция, квантовая

ISSN 3030-3907

неопределенность, интеллектуальное управление, энергоэффективность, производственное оборудование, математическое моделирование, оптимальное управление.

Abstract. Rational use of energy resources and increasing energy efficiency are today one of the most pressing problems in thermal power systems. The article considers the issue of increasing control efficiency in conditions of multidimensional, uncertain and random technological processes. The study considers the issues of constructing a simulation model of control parameters under uncertainty, developing optimal control decisions using the properties of quantum superposition and interference, designing a control system based on quantum fuzzy controllers. The proposed approach creates a scientific basis for the effective use of modern intelligent technologies at thermal power facilities.

Keywords: Quantum algorithms, thermal energy, multidimensional system, uncertainty, interference, superposition, quantum uncertainty, intelligent control, energy efficiency, production equipment, mathematical modeling, optimal control.

1.Kirish

Hozirgi vaqtda issiqlik energetika obyektlarida yuqori samarali boshqaruv tizimlarini yaratish, shuningdek, turli xil g‘alayonlarga nisbatan intellektual boshqaruv tizimlarini sintezlash uchun model va algoritmlarni ishlab chiqish nihoyatda dolzarb hisoblanadi. Tizimlardagi omillarning noaniqligi va o‘zgaruvchanligi, ayniqsa, dinamik tizimlar holatini bashorat qilishda murakkabliklar tug‘diradi va boshqaruv masalalarining yechilishini qiyinlashtiradi. Shu sababli, dastlabki ma’lumotlarning noaniqlik sharoitida issiqlik energetika obyektlari va ularning texnologik agregatlarini intellektual texnologiyalar yutuqlaridan foydalangan holda zamonaviy boshqaruv usullari asosida takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Ishlab chiqilgan kvant boshqaruv tizimi modelini qurishda taklif etilgan usulning yana bir afzalligi shundaki, o‘qitish va neyron tarmoq parametrlarini tanlash orqali hisoblash samaradorligi oshiriladi. Bu esa obyekt parametrlarini hozirgi qiymat asosida faqat tanlangan neyron tarmoq parametrlarini o‘qitish orqali tarmoq vaznlarini hisoblash va ularni korrigatsiya qilish jarayonini yengillashtiradi. Shunday qilib, boshqaruvning dinamik sohasida kechuvchi turli texnologik jarayonlarning modellarini yaratish mumkin. Bunday yondashuvda tezkorlik va aniqlik asosiy o‘rin tutadi, bu esa jarayon sifat ko‘rsatkichining oshishiga va samaradorlikning yuqori darajada bo‘lishiga olib keladi.

2.ADABIYOTLAR TAHLILI. Hozirgi vaqtda mavjud issiqlik energetikasi obyektlarida asosan tipik boshqarish qonuniyatlari va korrektlovchi qurilmalardan iborat bo‘lgan kombinatsiyalangan boshqarish tizimlari keng

ISSN 3030-3907

qo‘llanilmoqda. Bunday boshqarish tizimlarining asosiy kamchiliklari shundan iboratki, boshqarish obyektining dinamik xossalari, agregatlariining ish rejimlarini o‘zgarishi hamda boshqariluvchi parametrlarini doimiy ravishda sozlashni talab etadi. Hozirda energetika obyektlarining texnologik parametrlarini boshqarishda an’anaviy boshqarish qonunlaridan keng qo‘llanilmoqda, ya’ni ishlab chiqarishning taxminan 90-97% boshqurish qonunlari asosida ishlaydi. Buning sababi shundan iboratki, ularni boshqarishda qulayligi, funksional ravshanligi, hamda amaliyotga tadbig‘ining soddaligi hisoblanadi.

2.1.Ishlab chiqarishda qo‘llanilayotgan boshqarish qonuni parametrlarini sozlashning turli usullari

Turli xil noaniqlik xususiyatlarga ega ba’zi qo‘shimcha omillarni hisobga olish zarurati ushbu usullarni takomillashtirish muammosini keltirib chiqaradi. Chunki yuklamalar haqidagi dastlabki ma’lumotlarning ehtimollik xarakteri va noaniqligi, shuningdek, elektr tizimlari chastotasidagi o‘zgarishlarni hisobga olish zarur. Jumladan, amaliyotda Zigler-Nikols usuli keng qo‘llanilmoqda, lekin bu usullar tizimning barqarorlik xususiyati va robastlik zaxirasi haqida to‘liq ma’lumot bermaydi [1]. Ma’lumki, boshqarish tizimining barqarorligi va robastlik zaxirasi uning ishlashini ishonchliligini ta’minlaydi. Shu nuqtai nazardan, boshqarish qonuni parametrlarini sozlashda boshqarish obyektining dinamikasini o‘zgarishini hisobga olish zaruriyati tug‘iladi. Bunda boshqarish obyektining o‘tkinchi xarakteristikalari, obyektning dinamik xossalarini xususiyatlarini o‘zgarish diapazoni hisobga olgan holda boshqarish obyektini modellashtirish va uning asosida optimallashtirish zaruriyati tug‘iladi [2].

2.2. Noravshan qaror qabul qilish qoidalari

Kirishda sozlanish va teskari bog‘lanish signaliga asoslanib, Matlab dasturi yordamida real va nazariy holatlardan og‘ishi va joriy og‘ish o‘zgarishi hisoblanadi, so‘ngra noravshan qoidalarga asoslanib noravshan xulosalar bo‘yicha qayta ishlanadi, natijada noravshan parametrlar noravshan yechimlar orqali qayta ishlanadi va boshqarish qonuni koeffitsiyentlari aniqlanadi [3].Tizimlardagi omillarning noaniqligi va o‘zgaruvchanligi dinamik tizimlar holatini bashoratlovchi, o‘z navbatida boshqarish masalasini yechishni murakkablashishiga olib keladi. Maqolada ikki qatlamli kvant noravshan avtomatik boshqarish tizimlarini qurish masalasi ko‘rib chiqilgan bo‘lib, uning quyi qatlamida standart PID-kontrollerlar joylashgan. Boshqarishning yuqori qatlamida noravshan rostlagich parametrlarini hisoblash algoritmi yotadi. Bu esa quyi qatlamda joylashgan PID-rostlagichlar uchun topshiriq vazifasini bajaradi [4].

2.3. Mamdani qaror qabul qilish algoritmi

ISSN 3030-3907

Noravshan boshqarish tizimi dinamik rostlash xatoligi va uning chegara qiymatlariga nisbatan integraldagi o‘zgarishlar diapazoni boshqaruv g‘alayonlarini ishlab chiqarish vazifasi yuklatiladi. Shuning uchun noravshan boshqarish tizimlarini sintezlashning eng sodda usuli sifatida Mamdani qaror qabul qilish algoritmidan foydalaniladi [5]. Mamdani algoritmini boshqa sohalarda (ekspert tizimlari va qaror qabul qilish tizimlari) foydalanish uchun tavsiya etilganligiga qaramay, u texnologik jarayonlarni noravshan boshqarish tizimlarini ishlab chiqishda ham samarali qo‘llanilishi mumkin [6].

3.TADQIQOT METODOLOGIYASI. Texnologik jarayonlarning modellarini ishlab chiqish muammosi yuqori sifatli boshqarish tizimlarini yaratish va uni ishlab chiqarishga tadbiq etishning muhim bosqichlaridan biri shu jarayonni dinamik xossalarini to‘liq ifodalovchi matematik model qurishdan iboratdir. Noravshan kvant xulosalashga asoslangan intellektual boshqarish tizimi bir necha noravshan rostlagich hamda noravshan kvant xulosasidan tashkil topgan bo‘ladi[7]. Kvant algoritm yacheykasi uchta matritsali operatorlarni o‘z ichiga oladi: superpozitsiya, kvant korrelyatsiyasi (yoki orakul) va interferensiya. Kvant algoritmi yacheykasini matematik ko‘rinishi quyidagicha:

$$QAG = \left[(Int \otimes^{n} I) \cdot U_F \right]^{h+1} \times \left[QAG \left[{}^{n}H \otimes^{m} S \right] \right], \quad (1)$$

bu yerda: I - operator; $\otimes$ – tenzor ko‘paytma; $S = IVH$ - obyekt xossasi.

Yuqoridagi tenglamaning o‘ng tomoni o‘rganilayotgan funksiyaning sifat xususiyatlarini fizik jihatdan tavsiflovchi kvant algoritmi yacheykasining turini ifodalovchi holat operatoridir [8].

Signalning ehtimoliy qonunini quyidagicha ifodalaniladi:

$$p\left(|0\rangle\right) + p\left(\langle 1|\right) = 1, \quad (2)$$

bu yerda $p(|0\rangle)$ –signalning joriy qiymati; $p(\langle 1|)$ - signalning virtual qiymati.

Superpoziyalashda signalning joriy qiymati va signalning virtual qiymati quyidagi matematik munosabat orqali ifodalanadi:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\sqrt{p(|0\rangle)}|0\rangle + \sqrt{(1 - p(|0\rangle))}|1\rangle\right). \quad (3)$$

Interferensiyalash operatori $U(t)$ quyidagicha aniqlanadi:

$$U(t) = \begin{pmatrix} \cos\left(\delta\theta_j\right) & -\sin\left(\delta\theta_j\right) \\ \sin\left(\delta\theta_j\right) & \cos\left(\delta\theta_j\right) \end{pmatrix}. \quad (4)$$

I. Keltirilgan holatlarning superpozitsiya va ehtimolilik amplitudasini maksimallashtirishga muvofiq ravishda $|K_P{}^{FC1}\rangle \otimes |K_P{}^{FC2}\rangle \otimes |K_P{}^{FC3}\rangle \otimes |K_P{}^{FC4}\rangle$ holatlarning yangi munosabati hosil bo‘ladi [9].

ISSN 3030-3907

II. $\left|K_P^{FC1}\right\rangle$ - kvant holati hisoblanib, u quyidagicha matematik munosabat orqali tavsiflanadi:

$$\left|K_P^{FC1}\right\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(y_{1,P}^{0}|0\rangle_{1,P} + y_{1,P}^{1}|1\rangle_{1,P}\right) \quad (5)$$

Noravshan kvant xulosalash algoritmi kvant qidiruv algoritmining yangi turi bo‘lib, algoritmik ravishda yechimi murakkab bo‘lgan boshqaruv muammolarini ham samarali hal qilish imkonini beradi. Bu tizimning asosiy xususiyati shundan iboratki, unda bilimlar bazasi o‘zshakllanish xossasiga ega va buning asosida sifat jihatidan yangi boshqalarini yaratish imkoniyati mavjud. Noravshan kvant xulosasini shakllantirishda dastlab bilimlar bazasini yaratish talab etiladi [10]. Bunda bilimlar bazasida qoidalar soni cheklangan bo‘lishligiga xizmat qilinadi, chunki qidirish vaqti kamayadi. Taklif etilayotgan noravshan kvant xulosalash algoritmi $(|0\rangle$ va $(\langle 1|$ hisoblash bazisida kodlash orqali axborotni to‘playdi. Kvant hisoblash usullari o‘tish jarayonining ko‘rsatkichlariga qat’iy talablar qo‘yilganda ham rostlagich bilan boshqarish tizimini parametrlarini optimal qiymatlarini topishni imkonini beradi [11].

4.MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Ma’lumki, yoqilg‘i, havo, qizdirilgan bug‘ sarfi va uning bosimi kabi asosiy boshqariluvchi parametrlar keng diapazonda o‘zgarishi nochiziqli hisoblanadi. Bunday holda, tipik boshqaruv qonunlaridan foydalanish zaruriy natijani bermaydi, chunki jarayonning inersiyasi sababli boshqarish tizimining tezligi pasayadi, bu esa energiya xarajatlarining oshishiga olib keladi. Bundan tashqari, issiqlik yuklamasidagi o‘zgarishlarining noaniqligi va ehtimollik xususiyatlari va boshqarish sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu munosabat bilan bug‘ generatorining ish rejimlarini boshqarish algoritmlarini ishlab chiqish uchun intellektual texnologiya usullaridan hisoblangan kvant algoritmlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Mazkur maqolada issiqlik energetikasi obyektlarini boshqarish uchun noravshan kvant rostlagichli sintezlash algoritmi taklif etilib, tegishlilik funksiyalarining standart shakllari va boshqarish qoidalarining minimal qiymatlaridan foydalanish imkonini beradi Issiqlik energetikasi obyektlarini boshqarishning muhim bosqichi shundan iboratki, tadqiq qilinayotgan jarayonlarning xususiyatini aniqlash uchun issiqlik qozonining dinamikasini ifodalash zarur hisoblanadi [12].

Gidrodinamik hamda termodinamik tenglamalardan foydalanilib issiqlik qozonining matematik modelini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$T_1\frac{d\varphi_{bb}}{dt} + T_2\frac{d\varphi_{bx}}{dt} + T_5\frac{d\varphi_{bss}}{dt} + B_1\lambda_{bs-1} + B_2\lambda + B_3\lambda_{sss} = 0$$

ISSN 3030-3907

$$T_3\frac{d\varphi_{bb}}{dt}+T_4\frac{d\varphi_{bx}}{dt}+A_1\lambda_{bs-1}+A_2\psi_{io}+A_4\varphi_{bb-1}+A_5\varphi_{bx-1}+A_6\varphi_{bb}+A_7\varphi_{bxs}+A_8\lambda_{sss}+A_9\varphi_{sss}=0$$

$$B_1\lambda_{bs}+B_2\varphi_{bb}+B_3\varphi_{bx}+B_4\varphi_{bb-1}+B_5\varphi_{bx+1}+B_6\varphi_{bx+1}=0 \quad (6)$$

$$A_1\lambda_{bs-1}+A_2\lambda_{bs}+A_3\psi_{io}+A_4\varphi_{yjx-1}+A_5\varphi_{yjx}+A_6\varphi_{bb-1}+A_7\varphi_{bx-1}+A_8\varphi_{bb}+A_9\varphi_{bx}+A_{10}\mu_y+A_{11}\Delta r+A_{12}\mu_x=0$$

$$B_1\psi_{io}+B_2\varphi_{yjx-1}+B_3\varphi_{yjx}+B_4\mu_y+B_5\Delta r+B_6\mu_x=0$$

bu yerda $T_{1\text{-}5}$, $B_{1\text{-}6}$, $A_{1\text{-}12}$ – bug‘ generatorining issiqlik, gidravlik va boshqa xossalarini tavsiflovchi doimiy koeffitsiyentlar; φ_{bb}, φ_{bx}, φ_{bss}– bug‘ generatoridagi bug‘ning bosimi va harorati, barabandagi suv sathi; φ_{yjx}, λ_{bs}, ψ_{io} - yoqiladigan yoqilg‘ining harorati, bug‘ sarfi va issiqlik oqimi; μ_y, μ_x, Δr, λ_{sss} - yoqilg‘i, havo sarfi, yoqilg‘i va havo aralashmasi, sochilishdagi suv sarfining o‘zgarishi.

Ishlab chiqilgan matematik model bug‘ generatori dinamikasining xususiyatlarni tavsiflaydi va uning xossalarini hisobga olgan holda yonish jarayonining yuqori sifatli boshqarish tizimini yaratish uchun xizmat qiladi [13]. Boshqarish obyektining dinamik parametrlari kechikuvchi xususiyatli birinchi tartibli inersial zveno bilan ifodalanib, u o‘choqdagi issiqlik ajralishining o‘zgarishi yoqilg‘ilarning o‘zaro nisbatiga bog‘liq. Turli xil yoqilg‘ilarni yoqish jarayonida bug‘ generatorining statik va dinamik xossalari yonayotgan aralashmadagi yoqilg‘i sarfi nisbatiga bog‘liq bo‘lib, bu esa boshqarish tizimini parametrlarini ushbu nisbatga mos ravishda korrektlashni talab qiladi. O‘choqda gaz-havo aralashmasining yonishi gaz va havo sarfining o‘zaro nisbatiga bog‘liqdir. U holda issiqlik miqdori Q, havo-gaz nisbati α va chiqishdagi gazlar harorati t o‘rtasidagi munosabat quyidagi uzatish funksiyasi ko‘rinishida ifodalandi [14]:

$$W_{Qt}(p)=\frac{a_p-B_pK_Q}{K_S}\cdot\frac{1}{1+T_1p};\quad W_{\alpha t}(p)=\frac{B_pK_\alpha}{K_S}\cdot\frac{1}{1+T_1p}; \quad (7)$$

Chiqishdagi gaz sarfi B_3 quyidagicha aniqlandi:

$$W_{QB_3}(p)=K_Q;\quad W_{\alpha B_3}(p)=K_Q; \quad (8)$$

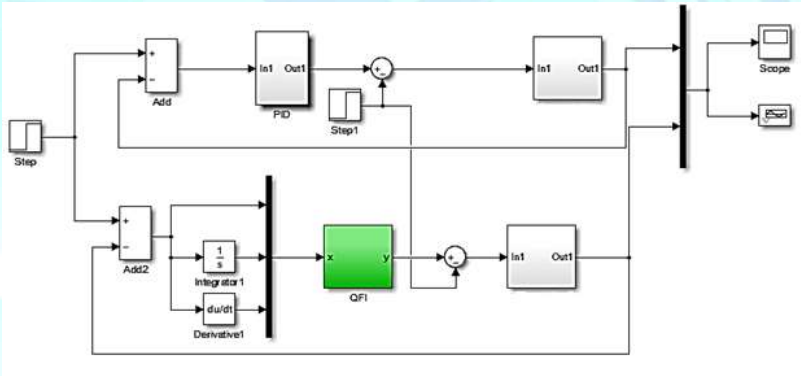
bu yerda K_S– harorat koeffitsiyenti.

Kompensatsiyalovchi qurilma parametrlarini to‘g‘ri tanlash asosida chiqishda bug‘ sarfi o‘zgarishining qiymatlari aniqlandi. (7) uzatish funksiyasini hisobga olgan holda g‘alayon signali f_2 bo‘yicha kompensatsiyalovchi qurilmaning uzatish funksiyasini aniqlandi:

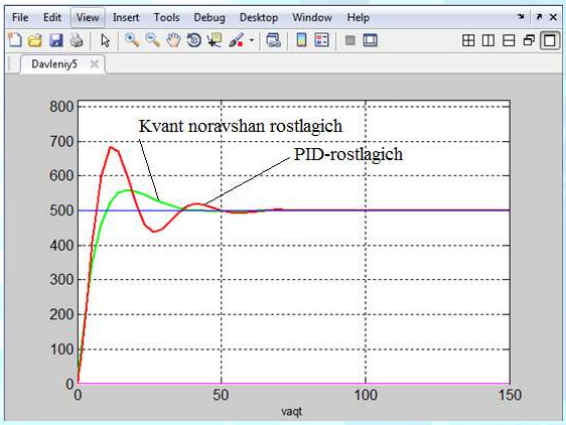
$$W_{kk}^{f2}(p)=\frac{(1-W_{ber2}^{opt}(p))}{W_{ber2}^{opt}(p)}=[W_{ber2}^{bt}(p)]^{-1}=\frac{4T_{ber2}p(\frac{T_{ber2}^3p^3}{4}+T_{ber2}^2p^2+1.5T_{ber2}p+1)}{(T_{ber2}p+1)^2} \quad (9)$$

ISSN 3030-3907

Imitatsion modellashtirish natijasida isitish qozonidagi haroratni o‘zgarishining o‘tkinchi jarayon orqali tasvirlanishi, ya’ni qoidalar bazasi keltirilgan bo‘lib, bu algoritm asosida boshqarish tizimining kompyuter modeli qurildi (1-rasm):



1-rasm. Isitish qozonini kvant noravshan boshqarish tizimining kompyuter modeli



2-rasm. Avtomatik boshqarish tizimi o‘tkinchi jarayon grafiklarining qiyosiy tahlili:

1 – klassik PID-rostlagich; 2 — kvant noravshan rostlagich

XULOSA. O‘tkinchi jarayon grafigi natijalari shuni ko‘rsatadiki, bug‘ qozonining kvant noravshan boshqaruv tizimi yordamida yoqilg‘i va havo sarfini boshqarish jarayonidagi xatoliklar sezilarli darajada kamayadi. Bu boshqaruv tizimi an’anaviy usullarga nisbatan yuqori tezlikda ishlash imkonini beradi, ya’ni tizim tezroq javob qaytaradi va parametrlarni optimal qiymatga yaqinlashtirishda samaradorlik oshadi. Natijada, energiya sarfi kamayadi, chunki yoqilg‘i va havo miqdori oqilona taqsimlanadi va keraksiz isrof oldi olinadi.

Aniqroq qilib aytganda, kvant noravshan boshqaruv tizimi orqali o‘ta rostlash (overshoot) qiymati taxminan 15% ga kamaytirildi. O‘ta rostlash – bu tizim parametrlarining maqsadli qiymatdan oshib ketishi bo‘lib, uning kamayishi boshqaruv jarayonining barqarorligini va samaradorligini oshiradi. Bundan tashqari, boshqaruv aniqligi ±0,12 dan ±0,06 gacha yaxshilandi, ya’ni boshqaruv

ISSN 3030-3907

xatoligi ikki barobar kamaydi. Bu degani, bug‘ qozonining ishlash ko‘rsatkichlari yanada aniqroq va barqarorroq nazorat qilinmoqda.

Umuman olganda, kvant noravshan boshqaruv usuli texnologik jarayonlarda energiya va resurslardan samarali foydalanishga, jarayonlarning optimal holatda ishlashiga va chiqindilarni kamaytirishga xizmat qiladi. Bu boshqaruv tizimining qo‘llanilishi issiqlik energetikasi obyektlarining ish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YHATI

1. Cirac J.I., Zoller P. (2010). “Goals and opportunities in quantum simulation”, Nature Physics. pp. 264–266.
2. Ульянов С.В., Мишин А.А., Миногин А.А. (2010). Информационная технология проектирования робастных баз знаний нечетких регуляторов. Ч. III: квантовый нечёткий вывод и квантовая информация // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. – Дубна, № 3, pp.423- 430.
3. Lee J., Shung W., Kim E., Kim S. (2010). A new genetic approach structure learning of Bayesian networks: matrix genetic algorithm // International Journal of Control, Automation and Systems. – Korean Institute of Electrical Engineers. №4, pp.398-407.
4. Аведян Э.Д., Галушкин А.И., Пантюхин Д.В. (2011). Ассоциативная нейронная сет CMAC и эе модификации в задаче распознавания образов //Информационные технологии. Новые технологии. №7, стр.63–71.
5. Ульянов С.В., Нефедов Н.Ю. (2012). Эффективность и качество интеллектуального управления с применением квантового нечеткого вывода: Глобально неустойчивая динамическая система // Системный Анализ в Науке и Образовании: электрон. науч. журнал. №1. – [Электронный ресурс]. URL: http:/www.sanse.ru/archive/23.
6. S. Rastegar, R. Araújo, J. Sadati, and J. Mendes. (2017). “A novel robust control scheme for LTV systems using output integral discrete-time synergetic control theory,” Eur. J. Control, vol. 34. doi: 10.1016/j.ejcon.2016.12.006.
7. Сидиков, И. Х., Усманов, К. И., Якубова, Н. С., & Казахбаев, С. А. (2020). Нечеткое синергетическое управление нели-нейных систем. Journal of Advances in Engineering Technology, (2), 16-19.
8. Eshbobaev, J., Norkobilov, A., Usmanov, K., Khamidov, B., Kodirov, O., & Avezov, T. (2024). Control of Wastewater Treatment Processes Using a Fuzzy Logic Approach. Engineering Proceedings, 67(1), 39.
9. Usmanov, K. I., Yakubova, N. S., Urmanova, V. T., & Abdurasulova, G. E. (2023). Synthesis of a control system for the process of diesel fuel hydropuring

ISSN 3030-3907

with the Adar method. In E3S Web of Conferences (Vol. 458, p. 01025). EDP Sciences.
10. Усманов, К. И., Сарболаев, Ф. Н., Исломова, Ф. К., & Якубова, Н. С. (2020). Адаптивно нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных динамических объектов. Universum: технические науки, (3-1 (72)), 24-28.
11. Якубова, Н. С., & Абдурасулова, Г. Э. (2023). Исследование нечетких регуляторов в системах интеллектуального управления на основе квантовых вычислений. Universum: технические науки, (3-1 (108)), 22-25.
12. Yakubova, N., Usmanov, K., Turakulov, Z., & Eshbobaev, J. (2025). Application of Quantum Computing Algorithms in the Synthesis of Control Systems for Dynamic Objects. Engineering Proceedings, 87(1), 68.
13. Usmanov, K., Eshbobaev, J., & Yakubova, N. (2023). Modeling and Optimization of the Ammonium Solution Extraction Process. Engineering Proceedings, 56(1), 198.
14. Yakubova Noilaxon. Application of quantum algorithms in optimization of cognitive decision-making systems. Chemical Technology, Control and Management. Vol. 2025: Iss. 2, Article 8. DOI: https://doi.org/10.59048/2181-1105.1658

ISSN 3030-3907