

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.T.03.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ABDULLAYEVA KAMOLA RUSTAMOVNA

**SANOAT KORXONALARINI BOSHQARISH UCHUN MUHANDIS
XODIMLARNI TAYYORLASHNING KOMPYUTERLI
O‘QITISH TIZIMLARI**

**05.01.08 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni avtomatlashtirish va
boshqarish**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Abdullayeva Kamola Rustamovna

Sanoat korxonalarini boshqarish uchun muhandis xodimlarni tayyorlashning kompyuterli o‘qitish tizimlari.....3

Абдуллаева Камола Рустамовна

Компьютерные обучающие системы для подготовки инженерного персонала для управления промышленными предприятиями.....21

Abdullaeva Kamola Rustamovna

Computer-based training systems for the preparation of engineering personnel for industrial enterprise control.....39

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works42

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.T.03.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ABDULLAYEVA KAMOLA RUSTAMOVNA

**SANOAT KORXONALARINI BOSHQARISH UCHUN MUHANDIS
XODIMLARNI TAYYORLASHNING KOMPYUTERLI
O‘QITISH TIZIMLARI**

**05.01.08 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni avtomatlashtirish va
boshqarish**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.3.PhD/T3886 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.tdtu.uz) hamda "ZiyoNet" Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Avazov Yusuf Shodiyevich**
texnika fanlari doktori (DSc), professor

Rasmiy opponentlar: **Sevinov Jasur Usmonovich**
texnika fanlari doktori (DSc), professor

Ivanyan Arsen Ignatyevich
texnika fanlari doktori (DSc)


Yetakchi tashkilot: **Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.T.03.02 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil «25» 10 soat 11⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100095, Toshkent shahar, Universitet ko'chasi, 2. Tel.: (99871) 207-07-32; faks: (99871) 207-14-64; e-mail: tsu_info@tdtu.uz).


Dissertatsiya bilan Toshkent davlat texnika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (46 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100095, Toshkent shahar, Universitet ko'chasi, 2. Tel.: (99871) 207-14-70).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «10» 10 kuni tarqatildi.
(2025-yil «23» 08 dagi 409 raqamli reyestr bayonnomasi).




N.R. Yusupbekov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi,
t.f.d., professor, O'zR FA akademigi

U.F. Mamirov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari doktori (DSc), professor


X.Z. Igamberdiyev
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash doshidagi ilmiy seminar raisi,
t.f.d., professor, O'zR FA akademigi

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda soʻnggi vaqtlarda texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni avtomatlashtirish sohasida ilgʻor mamlakatlar tomonidan qoʻllab-quvvatlanayotgan murakkab texnologik va texnik tizimlarni boshqarish tamoyillarini operatorlarga oʻrgatishda va ularning koʻnikmalarini baholashda kompyuterli trenajyorlardan foydalanishga alohida eʼtibor qaratilmoqda. Bugun simulyatorlar asosida mutaxassislarni oʻqitishning kimyo, neftkimyo, energetika, shuningdek harbiy sohalarda keng qoʻllanilishi sanoat tarmoqlarida yetakchi oʻrinni egallab kelmoqda. Bu borada rivojlangan mamlakatlarda turli texnologik jarayonlarni simulyatsiyalovchi simulyatorlar va kompyuterli trenajyorlar asosida texnologik jarayonlar va qurilmalarni optimal boshqaruvchi muhandis-operatorlarni turli vaziyatlarda jarayonlarni boshqarish koʻnikmalarini yaxshilash va avariya holatlar sonini kamaytirish orqali sanoatda xavfsizlik va ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini oshirishga xizmat qiluvchi, tarkibida kompyuterli trenajyori mavjud oʻqitish tizimlarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanmoqda.

Jahonda turli murakkab aralashmalarni ajratish texnologik jarayonlarini boshqarish sifatini oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, jumladan, mahsulotlarning sifat koʻrsatkichlarini yaxshilash boʻyicha avtomatlashtirilgan tezkor tizimlarni yaratish, ajratish jarayonining dinamikasini yaxshi tavsiflovchi matematik modellarni olish, texnologik jarayonlarni boshqaruvchi operatorlarni oʻqitish, ularning bilim va malakalarini baholovchi takomillashtirilgan kompyuterli trenajyorlarni ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi. Shu jihatdan, turli texnologik jarayonlarni boshqaruvchi energiyatejamkor tizimlarni ishlab chiqish va ularni turli avariya holatlarsiz boshqarishga xizmat koʻrsatuvchi muhandis-operatorlarning malaka va koʻnikmalarini ishlab chiqarish vaziyatlariga mos ravishda oshirish, bilimlarini baholashga xizmat qiluvchi virtual funksiyali kompyuterli trenajyorlarni yaratish boʻyicha tadqiqotlarga alohida eʼtibor qaratilmoqda.

Respublikamizda hozirgi kunda fan va texnikaning texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni avtomatlashtirish va boshqarish yoʻnalishlariga katta eʼtibor qaratilib, jumladan, aralashmalarni ajratish texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish va boshqarishda energiya va resurs tejamkorlikni, texnologik jarayonlar va qurilmalar ishini operatorlar tomonidan boshqarishda texnik va texnologik xavfsizlikni taʼminlashga xizmat qiluvchi malakalarni hosil qilishda muhim rol oʻynaydigan kompyuterli trenajyorli oʻqitish tizimlarini yaratishga alohida eʼtibor qaratilmoqda. 2022-2026 yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan, "... iqtisodiyotning energiya va resurs sarfini qisqartirish, ishlab chiqarishga energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish, iqtisodiyot tarmoqlaridagi mehnat unumdorligini oshirish"¹ vazifalari belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish, jumladan, sanoat korxonalaridagi murakkab texnologik jarayonlar va qurilmalarni boshqarishning intellektual tizimlarini yaratish va ularni boshqaruvchi muhandis-operator bilim va malakalarini oshirishda real ishlab

¹ Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022–2026 yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasida toʻgʻrisida"gi Farmoni

chiqarish vaziyatlarini o‘zida aks ettiruvchi kompyuterli trenajyorlarni ishlab chiqish muhim masalalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktyabrdagi PF – 6079-son “Raqamli O‘zbekiston-2030 strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi, 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning Taraqqiyot Strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmonlari hamda 2018-yil 21-noyabrdagi PQ-4022 “Raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish maqsadida raqamli infratuzilmani yanada modernizatsiya qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2018-yil 18-apreldagi PQ-3673 “Idoraviy axborot tizimlarini jadal integratsiyalash va innovatsion loyihalarni amalga oshirish bo‘yicha tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining III. “Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish” hamda VI. “Kimyo texnologiyalari, neftkimyo va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishlari doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Jahon miqyosida ilmiy-tadqiqotlar natijasida ajratishning murakkab texnologik jarayonlarini nazorat qilish va boshqarishning yuqori samarali tizimlarini rivojlantirishga: “Honeywell”, Massachusetts Institute of Technology (AQSh), “Siemens” va University of Münster (Olmoniya), Imperial College London (Buyuk Britaniya), Osaka University va Tokyo Institute of Technology (Yaponiya), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Janubiy Koreya), “Alstom” (Fransiya), “Simatek-Energo” (Belarus), Rossiya kimyo-texnologiya universiteti (Rossiya) kabi yetakchi ilmiy va oliy ta‘lim muassasalari hamda Erik Claesson², V.M.Dozorov³, D.V.Kneller⁴, N.V.Livensova⁵, Kim Min Su⁶, O.V.Nagayseva⁵, N.G.Rakhimov⁷, D.S.Ribakov⁸, Van Wyk⁹, S.I.Magid¹⁰, I.Sh.Zagretdinov¹⁰ va boshqa xorijiy olimlar hissa qo‘shishgan.

² Erik Claesson *et al.* Evolution of iron carbides during tempering of low-alloy tool steel studied with polarized small angle neutron scattering, electron microscopy and atom probe: <https://www.researchgate.net/publication/365151046>

³ В.М.Дозорцев. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. -М.: Синтер, 2009. -365с.

⁴ D.V.Kneller. Supercomputer-Based Ensemble Docking Drug Discovery Pipeline with Application to Covid-19 Cover: (2020) Journal of Chemical Information and Modeling. 60(12).-PP.5832-5852.

⁵ О.В.Нагайцева, Н.В.Ливенцова, С.Н.Ливенцов. Концепция тренажерной модели электрохимического производства // Известия Томского политехнического университета, 2009. -Т.315. “Управления, вычислительная техника и информатика”, 2009. –С.89-92.

⁶ Kim Min Su. LLM Serving Sim: A HW/SW Co-Simulation Infrastructure for LLM Inference Serving at Scale // School of Computing KAIST Daejeon, South Korea jhcho@casys.kaist.ac.kr

⁷ Н.Г.Рахимов и др. эффективность симуляционного обучения по базовым реанимационным мероприятиям в условиях центра обучения практическим навыкам ТГМУ имени Абу Али Ибни Сино // ВЕСТНИК АВИЦЕННЫ, 2017. –Т.19. -№ 4 -С.467-470. [doi: 10.25005/2074-0581-2017-19-4-467-470](https://doi.org/10.25005/2074-0581-2017-19-4-467-470)

⁸ Рыбаков Д.С., Дергачёва Л.М. Компьютерное моделирование: задачи оптимизации // Вестник РУДН. Сер. Информатизация образования, 2007. -№ 2-3.

⁹ Van Wyk, E.A., De Villiers, M.R., 2019. An evaluation framework for virtual reality safety training systems in the South African mining industry. J. South Afr. Inst. Min. Metall. 119 (5), 427–436. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/53/2019>

¹⁰ Магид С.И., Загретдинов И.Ш. и др. Нормирование цифровых технологий тренажерных систем как способ обеспечения надежности условий обслуживания объектов электроэнергетики. Надежность и безопасность энергетики. 2019;12(3):177-189. <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2019-12-3-177-189>

Mamlakatimizda aralashmalarni ajratish texnologik jarayonlarini matematik modellashtirish, optimallashtirish va boshqarish tizimlarini ishlab chiqishning ilmiy muammolarini yechishga T.F.Bekmuradov¹¹, Sh.M.Gulyamov¹², M.A.Ismailov¹³, U.V.Mannanov¹⁴, D.P.Muxitdinov¹⁵, Sh.N.Nuritdinov, N.R.Yusupbekov¹², S.G.Zakirov¹⁶ kompyuterli trenajyorlarni ishlab chiqish masalalarini rivojlantirishga F.T.Adilov¹⁷, A.I.Ivanyan¹⁸, E.A.Migranova¹⁷ va boshqa olimlar o‘zlarining ulkan hissalarini qo‘shishgan.

Biroq so‘nggi yillarda sanoat korxonalaridagi texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlari murakkablashib, ular yordamida turli texnologik jarayonlarni samarali va xavfsiz boshqarish ko‘nikmalarini hosil qiluvchi kompyuterli trenajyorlarga ega o‘qitish tizimlarini ham takomillashtirish talab etilmoqda. Shu bilan birgalikda, yuqori samarali boshqarish tizimlarini yaratishda intellektual texnologiyalar va usullardan to‘laqonli foydalanish imkoniyatlariga yetarli darajada e‘tibor qaratilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejalarning OT-F7-88 – “Toza mahsulotlar olishning energiya va resurstejamkor issiqlik-massa almashinish jarayonlarining istiqbolli murakkab kimyo-texnologik tizimlarining nazariy asoslarini takomillashtirish” (2017–2020) va FL-9524115110 – “Sanoat 4.0” strategiyasi asosida murakkab texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni boshqarishda sun‘iy intellektdan foydalanish va raqamlashtirishning ilmiy-nazariy asoslari” (2025-2029) mavzularidagi loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi aralashmalarni ajratish texnologik jarayonlarini boshqarishning intellektual tizimlari hamda jarayonlarini boshqaruvchi muhandis-operatorlarni o‘qitish uchun takomillashgan funktsiyali kompyuterli trenajyorni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

sanoat korxonalaridagi muhandis xodimlarning bilim va malakalarini baholash imkonini beradigan kompyuterli trenajyor qurish uchun boshqariladigan texnologik

¹¹ Bekmuratov T.F. Systematization of intellectual decision support systems // Uzb. journal “Problems of Informatics and Energy”. 2003. № 4. -PP. 25–35.

¹² N.R.Yusupbekov, Sh.M.Gulyamov *et al.* Simulation of Chemical-Technological Complexes / 10th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perceptions - ICSCCW-2019. Springer Nature Switzerland AG, 2020. -PP.588–595.

¹³ M.A. Ismailov, M.A. Isokova. (2023). An information-conceptual model of the extraction process of plant raw materials. *Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research*, 10(09), 458–462. Retrieved from <https://www.eijmr.org/index.php/eijmr/article/view/282>

¹⁴ U.Mannanov *et al.* Modeling of Vegetable Oil Miscellaneous Drive Process in Final Distiller Spray Zone // Proceedings of the 11th International Conference on Applied Innovations in IT, (ICAIIIT), March 2023. –PP.193-198.

¹⁵ D.Mukhitdinov, Yo.Kadirov *et al.* Rectification process control by separation process efficiency evaluation using a predictive model / EPJ Web Conf., 321 (2025) 01013. DOI: <https://doi.org/10.1051/epjconf/202532101013>

¹⁶ Zakirov, S.G., Karimov, K.F. *et al.* Performance of refrigerating plant with efficient heat exchangers. *Chem Petrol Eng* 44, 198–201 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10556-008-9036-4>

¹⁷ Ф.Т.Адиллов, Э.А.Мигранова Построение концептуальных моделей деятельности оператора. Респуб. межвуз. сб. науч. трудов. «Актуальные вопросы в области технических и фундаментальных наук»: – Ташкент.2011. - С.295-297.

¹⁸ A.I.Ivanyan *et al* (2024). Development and Optimization of Digital Twin Model for the Deethanizer Distillation // 12th World Conference “Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2022). Lecture Notes in Networks and Systems, vol 912. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53488-1_14

jarayonni tavsiflovchi matematik modellarni ishlab chiqish;

murakkab texnologik jarayonlarni boshqaruvchi operatorlarning bilim va malakalarini diagnostika qiluvchi algoritm ishlab chiqish;

sanoat ishlab chiqarishidagi turli vaziyatlar (avariyalar, insidentlar)ning ssenariylari asosida operatorlarning bilim va malakalarini nazorat qilish uslubiyatini ishlab chiqish;

ajratish jarayonini tavsiflovchi matematik modellar asosida takomillashgan funksiyali intellektual kompyuterli trenajyorni ishlab chiqish;

ajratish jarayonini boshqarishning sifatini yaxshilash imkonini beradigan boshqarish tizimining strukturasi takomillashtirish.

Tadqiqotning obyekti aralashmalarni ajratish kolonnalari, ajratish jarayonlarini boshqarish tizimlari va kompyuterli trenajyorlari hisoblanadi.

Tadqiqotning predmeti ajratishning murakkab texnologik jarayonlarini boshqarish usullari, algoritmlari va operatorlarning boshqarish malakalarini nazorat qilish va baholash usullarini tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida avtomatik boshqarishning zamonaviy nazariyasi, noaniq mantiq usullari, sun'iy intellekt nazariyasi, qaror qabul qilish usullari, analitik hisob usullari, texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishlarni modellashtirish va optimallashtirish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ma'lumotlarni neyron tarmoqli intellektual tahlil qilish asosida muhandis-operatorlarning bilimini diagnostika qilish va baholash imkonini beradigan va aralashmalarni ajratish jarayonini aks ettiradigan takomillashgan funksiyali intellektual kompyuter trenajyori ishlab chiqilgan;

aralashmalarni ajratish texnologik jarayonining noaniq mantiqli modeli asosida turli vazifalarga mo'ljallangan boshqarish tizimlari va kompyuter trenajyor-o'quv majmualarini yaratish imkonini beruvchi algoritm ishlab chiqilgan;

sanoat ishlab chiqarishidagi vaziyatlar ssenariylari asosida turli avariya va insidentlarda qaror qabul qilish ko'nikmalarini baholash imkonini beruvchi texnologik jarayonlarni boshqarish operatorlarining bilimlarini nazorat qilish uslubiyati ishlab chiqilgan;

matematik tavsif va moddiy balans qonuniyatlaridan foydalangan holda aralashmalarni ajratish jarayonini bosqichma-bosqich tavsiflash usuli asosida matematik modelning aniqligini oshirish imkonini beradigan matematik modellashtirish algoritmi ishlab chiqilgan;

vaziyatli boshqarish usuli va Ashyolar interneti texnologiyalari asosida aralashmalarni ajratish jarayonini boshqarish sifatini oshirish imkonini beruvchi intellektual boshqarish tizimlarining strukturalari taklif etilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

aralashmalarni ajratish jarayonini intellektual boshqarish tizimlarining strukturaviy sxemalari ishlab chiqilgan;

ajratish texnologik jarayonini boshqarish tizimi uchun dasturiy ta'minot ishlab chiqilgan;

muhandis-operatorlar bilimi va ko'nikmalarini baholovchi takomillashgan funksiyali kompyuterli trenajyor uchun dasturiy ta'minot ishlab chiqilgan;

operatorlar bilim va ko'nikmalarini tashxislash algoritmi ishlab chiqilgan; ajratish jarayonini boshqarishni o'rgatuvchi kompyuterli trenajyor uchun dasturiy ta'minot ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi vaziyatli boshqarish usullari va intellektual texnologiyalarga asoslanib, aralashmalar ajratish jarayonlarini intellektual boshqarish tizimining strukturaviy sxemalari va operatorlar uchun kompyuterli intellektual trenajyorni ishlab chiqish, shuningdek, o'tkazilgan nazariy va tajribaviy tadqiqotlar natijalarining o'zaro muvofiqligi, sanoat-sinov tajribalari natijalarining ijobiyligi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ajratish jarayonining matematik modeli, intellektual boshqarish tizimining strukturalarini sintezlash va takomillashgan funksiyali kompyuterli intellektual trenajyorni ishlab chiqish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ajratish jarayonini boshqarish uchun ishlab chiqilgan intellektual tizim, operatorlarning bilim va ko'nikmalarini nazorat qilish va baholash usuli, algoritmidan kimyo, neftkimyo va oziq-ovqat sanoati korxonalaridagi ajratish jarayonlarini boshqarishda foydalanish va boshqaruvchi muhandis-operatorlarning ko'nikmalarini oshirishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Sanoat jarayonlarini boshqaruvchi muhandis xodimlarni o'qitish tizimi va boshqarish tizimini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

muhandis-operatorlarning bilim va ko'nikmalarini baholash imkoniyatini beruvchi ko'p funksiyali kompyuterli trenajyor "Maxam-Chirchiq" AJda joriy qilingan ("O'zkimyosanoat" AJ ning 2025-yil 28-fevraldagi 13-647-son ma'lumotnomasi). Natijada ajratish jarayonini boshqarish tizimini boshqaruvchi operatorlarning malaka va ko'nikmalari oshib, boshqarishning sifatini yaxshilash imkonini bergan;

muhandis-operatorlarning bilim va ko'nikmalarini diagnostika qilish, baholash algoritmi va uslubiyati "Maxam-Chirchiq" AJda joriy qilingan ("O'zkimyosanoat" AJ ning 2025-yil 28-fevraldagi 13-647-son ma'lumotnomasi). Natijada muhandis-operatorlarning bilim va ko'nikmalarini yanada obyektiv baholash imkonini bergan;

aralashmalarni ajratish jarayonini boshqarishning intellektual tizimi "Maxam-Chirchiq" AJda joriy qilingan ("O'zkimyosanoat" AJ ning 2025-yil 28-fevraldagi 13-647-son ma'lumotnomasi). Natijada texnologik jarayonlarni boshqarish sifati yaxshilanishiga va energiya tejamkorlikka erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 7 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-texnika anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Bajarilgan tadqiqot natijalari bo'yicha 22 ta ilmiy ish, jumladan, O'zR OAK e'tirof etgan ilmiy jurnallarda 8 ta maqola, shundan 2 tasi xorijda chop etilgan, EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarning qayd qilinganligi to'g'risida 4 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 120 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o‘tkazilgan tadqiqot ishining dolzarbligi va zarurati asoslab berilgan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi aniqlangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalar asosida ilmiy va amaliy ahamiyati yoritib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar berilgan.

Dissertatsiyaning **“Sanoat korxonalaridagi texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlari va ularni boshqaruvchi muhandislarni o‘qitish uchun kompyuterli trenajyorlarning zamonaviy holati”** deb nomlangan **birinchi bobida** sanoat korxonalaridagi texnologik jarayonlarni boshqaruvchi muhandis-xodimlarni o‘qitish uchun foydalanilayotgan kompyuterli trenajyorlarni loyihalash usullari va qurish tamoyillari tahlil qilingan. Kompyuterli trenajyorlar va simulyatorlarni ishlab chiqish usullari va uslubiyatlarini rivojlantirishning umumiy tendensiyalari, texnologik jarayonlardagi vaziyatlarni kompyuterli trenajyorlarda aks ettirish, modellashtirish va operatorlar uchun topshiriqlarni shakllantirish masalalarini yechishdagi yutuqlar va kamchiliklari tahlil qilingan.

Kiritik tahlil asosida ajratish jarayonlarini boshqarishning intellektual tizimlarini va bu tizimlar uchun matematik modellarni hamda operatorlar uchun topshiriqlarni avtomatik tarzda o‘zi shakllantiruvchi, ularning bilim va ko‘nikmalarini diagnostika qilish va baholash imkonini beruvchi intellektual kompyuterli trenajyorni ishlab chiqishdan iborat dissertatsiya tadqiqotining maqsadi shakllantirilgan va tadqiqot vazifalari belgilab olingan.

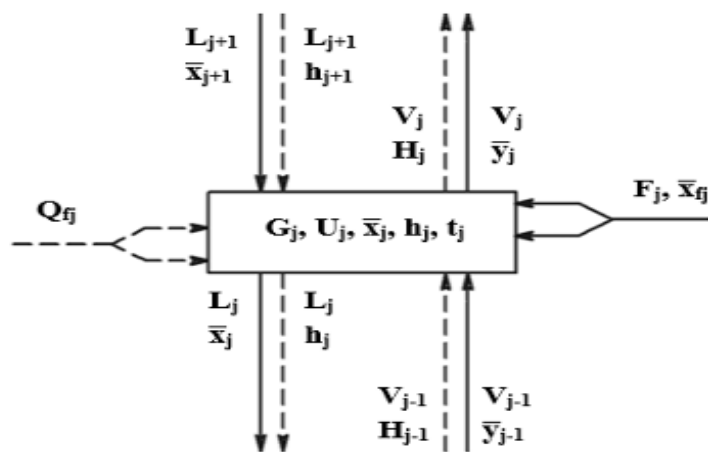
Dissertatsiyaning **“Kompyuterli trenajyor qurish uchun aralashmalarni ajratish jarayonini matematik tavsiflash”** deb nomlangan **ikkinchi bobida** muhandis-xodimlarni o‘qitish uchun foydalaniladigan kompyuterli trenajyorlarni qurishda asos vazifasini bajaradigan texnologik jarayonning matematik modellarini ishlab chiqish amalga oshirilgan. Mazkur bobda turli murakkab aralashmalarni ajratish texnologik jarayoni tanlanib, uning matematik tavsiflanishi va modellari olingan.

Modellashtirishda ajratish jarayoni bitta tarelkaga, kub bug‘latgichiga, kondensatorga va kolonna yuqori qismi flegmasini yig‘ishga teng bo‘lgan elementar bo‘g‘inlar yig‘indisi sifatida qaraladi. 1-rasmda kolonnaning kontakt qurilmasiga kiruvchi va undan chiquvchi asosiy moddiy va issiqlik oqimlari sxematik tarzda aks ettirilgan.

O‘tish jarayoni ketma-ketlikda, bir-biridan $\Delta\tau$ vaqt oralig‘i bilan ajratilgan ma’lum vaqt nuqtalarida hisoblanadi:

$$\tau[k+1] = \tau[k] + \Delta\tau = (k+1) \cdot \Delta\tau;$$

bunda $\tau[0] = 0$, k – butun son, $k=0, 1, \dots, m$.



1-rasm. Ajratish kolonnasi kontakt qurilmasining modda va issiqlik oqimlari sxemasi

Kolonnani hisoblash bir yo‘nalishda, pastdan yuqoriga amalga oshiriladi, shuning uchun j -tarelkaga o‘tishda $\tau[k+1]$ vaqt momentida pastda joylashgan kontakt qurilmasini tark etadigan bug‘ oqimining xususiyatlari ma’lum: $V_{j-1}[k+1]$, $\bar{y}_{j-1}[k+1]$, $H_{j-1}[k+1]$. Tarelkaga kelayotgan suyuqlik oqimi uchun hisob-kitoblarda uning $\tau[k]$ vaqt momentidagi tavsiflarini qo‘llash kerak $\tau[k]$: $L_{j+1}[k]$, $\bar{x}_{j+1}[k]$, $h_{j+1}[k]$.

Hisoblanadigan kattaliklar tarelkani tark etayotgan oqimlarning sarfi va xususiyatlari, shuningdek, keyingi vaqt momentidagi undagi suyuqlik harorati va miqdoridir: $\tau[k+1]$, $L_j[k+1]$, $V_j[k+1]$, $\bar{x}_j[k+1]$, $\bar{y}_j[k+1]$, $h_j[k+1]$, $H_j[k+1]$, $G_j[k+1]$, $t_j[k+1]$.

Ishlab chiqilayotgan matematik modelda jarayonga harakatlanuvchi boshqarish ta’sirlarini hisobga olish maqsadida har bir kontakt qurilmasi ta’minot tarelkasi sifatida ko‘rib chiqiladi:

$$\begin{cases} F_j = q \cdot F, & j = N_{f,1}, \\ F_j = (1-q) \cdot F, & j = N_{f,2}, \\ F_j = 0 & j \neq N_{f,1}, j \neq N_{f,2}. \end{cases} \quad (1)$$

Har bir tarelkaga yuqorida joylashgan kontakt qurilmasidan suyuqlik va pastki qismidan bug‘ keladi. Tarelkadan uning tarkibiga mos keladigan suyuqlik va xususiyatlari kontakt qurilmasidagi massa almashinuvi samaradorligiga bog‘liq bo‘lgan bug‘ chiqib ketadi. Qurilmaning umumiy moddiy balansi quyidagicha:

$$\frac{dG_j}{d\tau} = L_{j+1} + V_{j-1} + F_j - L_j - V_j. \quad (2)$$

Komponentlar bo‘yicha moddiy balans tenglamasi:

$$\frac{d(G_j \cdot x_{j,i})}{d\tau} = L_{j+1} \cdot x_{j+1,i} + V_{j-1} \cdot y_{j-1,i} + F_j \cdot x_{f,j,i} - L_j \cdot x_{j,i} - V_j \cdot y_{j,i}. \quad (3)$$

(3) tenglamani komponentlar konsentratsiyasi bo‘yicha yozamiz:

$$G_j \cdot \frac{dx_{j,i}}{d\tau} = L_{j+1} \cdot (x_{j+1,i} - x_{j,i}) + V_{j-1} \cdot (y_{j-1,i} - x_{j,i}) + V_j \cdot (x_{j,i} - y_{j,i}) + F_j \cdot (x_{f,j,i} - x_{j,i}). \quad (4)$$

Issiqlik balansi tenglamasi (4) ga o'xshash bo'lib, issiqlik to'planishi tarelkadagi suyuqlik entalpiyasining o'zgarishi bilan bog'liq, atrof-muhitga issiqlik yo'qotilishi esa hisobga olinmaydi:

$$G_j \cdot \frac{dh_j}{d-} - L_{j-1} - (h_{j-1} - h_j) - V_{j1} - (H_{j1} - h_j) - V_j - (h_j - H_j) - F_j - (h_{f,j} - h_j). \quad (5)$$

Bug' fazasining muvozanat tarkibi \bar{y}^* fazaviy muvozanat modeli asosida aniqlanadi va umumiy ko'rinishda suyuqlik fazasi tarkibi hamda qurilmadagi bosimning funksiyasi sifatida ifodalanishi mumkin:

$$\bar{y}^* = f(\bar{x}_j, P_j). \quad (6)$$

Mos ravishda ajratish kolonnasidagi harorat, suyuqlik va bug' fazalarining entalpiyalari quydagicha hisoblanadi:

$$t_j = f(x_j, P_j); h_j = f(\bar{x}_j, P_j) \text{ va } H_j = f(\bar{y}_j, P_j). \quad (7)$$

Quyidagi fazaviy holat xomashyo oqimining entalpiyasini belgilaydi:

$$h_{f,j} = f(\bar{x}_{f,j}, P_{f,j}, t_{f,j}). \quad (8)$$

(1) (8) ifodalar kolonnaning alohida kontakt qurilmasi dinamik rejimlarini hisoblash masalasini yechish imkonini beradi. Izlanayotgan kattaliklarni aniqlash uchun quyidagi algoritm taklif etiladi:

1) Modellashtiriladigan tarelkaga ta'minot oqimini uzatish sharti tekshiriladi. Shart bajarilganda xomashyo entalpiyasi $h_{f,j}[k+1]$ (8) va kolonnaga berilayotgan issiqlik sarfi hisoblanadi.

2) Qurilmada suyuqlik fazasining konsentratsiyasi aniqlanadi:

$$x_{j,i}[k+1] = x_{j,i}[k] + \Delta\tau \cdot \frac{L_{j+1}[k] \cdot (x_{j+1,i}[k] - x_{j,i}[k]) + V_{j-1}[k] \cdot (y_{j-1,i}[k] - x_{j,i}[k])}{G_j[k]} + \Delta\tau \cdot \frac{V_j[k] \cdot (x_{j,i}[k] - y_{j-1,i}[k]) + F_j[k] \cdot (x_{f,j,i}[k] - x_{j,i}[k])}{G_j[k]}. \quad (9)$$

3) Qurilmadagi tarkib va bosim suyuqlik fazasining entalpiyasini aniqlash imkonini beradi:

$$h_j[k+1] \quad (10)$$

4) Bug' fazasining tarkibi $H_j[k+1]$ entalpiyani belgilaydi.

5) Qurilmaning umumiy moddiy muvozanat tenglamasi (2) oxirgi noma'lum kattalikni - tarelkadan chiqayotgan suyuq fazaning sarfini aniqlash imkonini beradi:

$$L_j[k+1] = L_{j+1}[k] + V_{j-1}[k] + F_j[k] - V_j[k] - \frac{G_j[k+1] - G_j[k]}{\Delta\tau}.$$

Yoki (10) ni inobatga olgan holda yozamiz:

$$L_j[k+1] = L_{j+1}[k] + V_{j-1}[k] + F_j[k] - V_j[k] - \frac{G_j[k] \cdot \left(\frac{\mu_j[k] \cdot \rho_j[k+1]}{\mu_j[k+1] \cdot \rho_j[k]} - 1 \right)}{\Delta\tau}.$$

Ajratish kolonnasini hisoblashda ushbu jarayonlar apparatning pastki qismidan yuqoriga qarab ketma-ket amalga oshiriladi. So'ngra k qiymati 1 ga oshirilib, barcha hisob-kitoblar keyingi vaqt nuqtasi uchun takrorlanadi.

PID-rostlagich ishlatilganda boshqarish ta'sirining tarkibiy qismlari quyidagicha tavsiflanadi:

$$u_p[k+1] = K_p \cdot \Delta U_0[k+1], \quad (11)$$

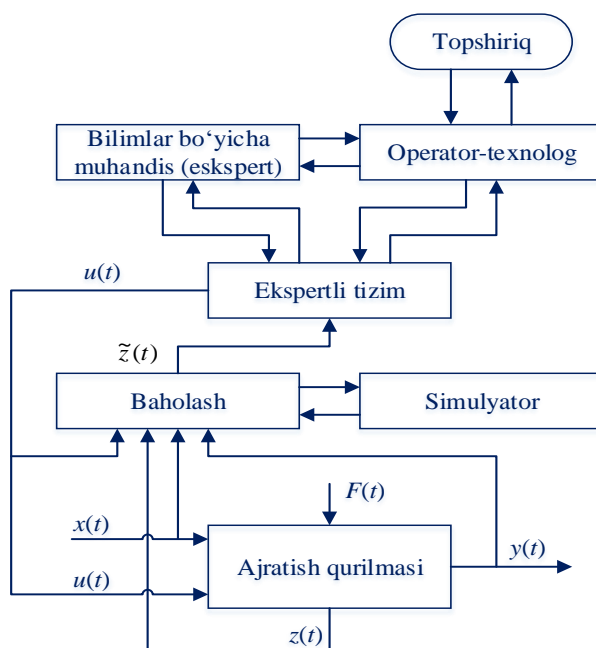
$$u_i[k+1] = u_i[k] + K_p \frac{\Delta\tau}{T_i} \cdot \Delta U_0[k+1], \quad (12)$$

$$u_d[k+1] = K_p \frac{T_d}{\Delta\tau} \cdot (\Delta U_0[k+1] - \Delta U_0[k]). \quad (13)$$

Dissertatsiyaning **“Aralashmalarni ajratish jarayonlarini boshqarishning intellektual tizimlari strukturalarini ishlab chiqish”** deb nomlangan **uchinchi bobida** aralashmalarni ajratish jarayonlarini boshqarishning intellektual tizimlarini ishlab chiqish va tadqiq etish amalga oshirilgan.

Zamonaviy sanoatdagi ajratish jarayonini amalga oshiruvchi qurilmalar ko‘plab nazorat qilinadigan, g‘alayon va chiqish ta'sirlariga, shuningdek, turli holatlarga ega bo‘lgan murakkab yuqori unumli qurilmalarni namoyon etadi. Bunday jarayonlarning matematik modellarining nostatsionarliligi va nochiziqliligi, ulardagi kechikishlarni sezilarli ekanligi parametrlarning taqsimlanganligi va shu kabi xususiyatlari bilan ajralib turadi, bu esa avtomatlashtirilgan boshqarishni amalga oshirishni qiyinlashtiradi. Shu sababli, ajratish qurilmalari kabi murakkab obyektlar uchun intellektual boshqarish tizimlarini qo‘llash nihoyatda istiqbolli hisoblanadi.

Birinchi galda ajratish qurilmalari uchun vaziyatli boshqarish usuli asosida amalga oshiriladigan intellektual boshqarish tizimi strukturasi taklif etilgan (2-rasm).

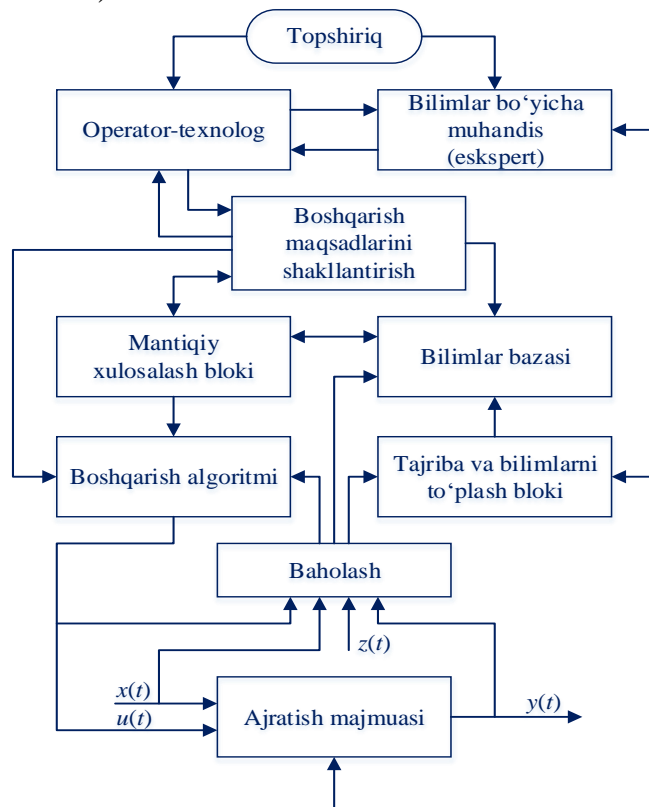


2-rasm. Vaziyatli boshqarish usuli asosida amalga oshiriladigan intellektual boshqarish tizimining strukturasi

Ajratisht jarayoni uchun taklif etilayotgan intellektual boshqarish tizimining arxitekturasida tajribali muhandislarning bilimlari bloki va ekspert tizimi mavjud. Bunda bilimlar bazasi turli manbalardan olingan ma'lumotlar, ajratish jarayonini boshqarish bo'yicha tajribali mutaxassislarining bilimlari asosida shakllantiriladigan axborotlar va ko'rsatmalar bilan to'ldiriladi. Ekspertli tizim soha bo'yicha mutaxassis

bilimlari asosida shakllantiriladigan qoidalar bazasi va u asosida ishlaydigan mantiqiy xulosalashni amalga oshiradi.

Ishlab chiqarishda aralashmalarni ajratish jarayoni bir paytda uchtadan yettitagacha bo'lgan ajratish kolonnalariga ega bo'lgan majmualarda amalga oshiriladi. Bunday majmualar ishini boshqarish uchun quyidagi intellektual tizimning tuzilishi taklif etilgan (3-rasm).

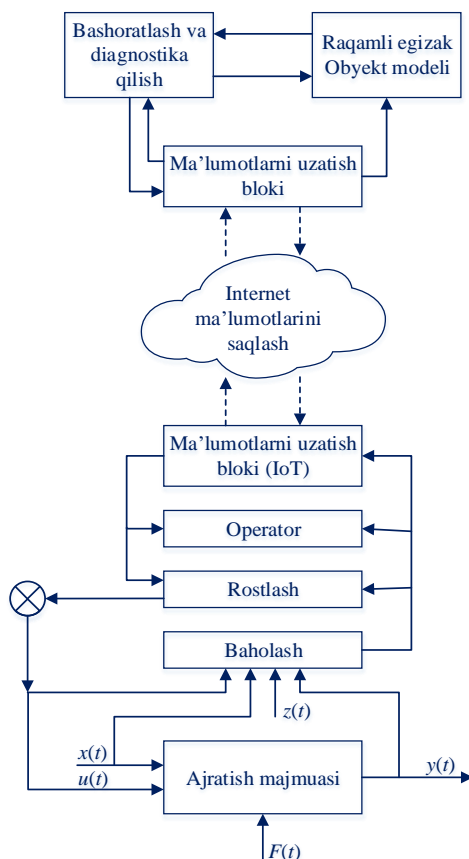


3-rasm. Ko'p sonli qurilmalarga ega ajratish majmualarini boshqarish uchun taklif etilayotgan intellektual boshqarish tizimining tuzilishi

Taklif etilayotgan intellektual boshqarish tizimi murakkab dinamik obyekt hisoblanadigan ajratish majmualari ishini boshqarishga mo'ljallangan. Taklif etilayotgan yangi intellektual boshqarish tizimi oldingi tizimdan tajribalarni to'plashi va ularni tahlil qilish orqali ekspert tizimi natijalariga o'zgartirish kiritish imkonini berishi bilan farqlanadi va boshqarish sifati bo'yicha biroz ustunlikka ega. Bu noaniqlik sharoitlarida g'alayon ta'sirlarini minimallashtirish masalasini yechishda o'zining afzalligini yaqqol namoyon etadi.

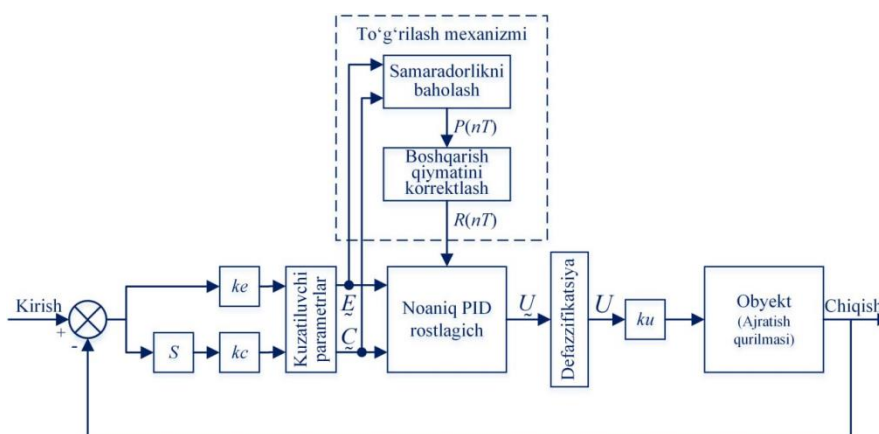
Fan va texnologiyalar yutuqlarining hozirgi vaqtdagi holati intellektual boshqarish tizimlarini sun'iy intellekt texnologiyalari elementlari bilan uyg'unlikda takomillashtirish imkonini beradi (4-rasm).

Taklif etilayotgan yangi boshqarish tizimi bugungi kunning zamonaviy usulini qo'llashni nazarda tutganligi bilan ajralib turadi va ajratish qurilmasi ishini uning butun hayotiy sikli davomida samarli boshqarish va buzilishlarga to'xtalishlar sonini, resurs va energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi.



4-rasm. Sun'iy intellekt usullaridan foydalanib, quriladigan intellektual boshqarish tizimining tuzilishi

Taklif etilayotgan intellektual boshqarish tizimining samaradorligini etalon modeli roslash konturi orqali tekshiramiz (5-rasm).



5-rasm. Etalon modeli noaniq roslash konturi

Bu obyektning xulq-atvor xususiyatlarini lingvistik o'zgaruvchilar orqali ifodalab, tizimning dinamik xususiyatlarini tadqiq etish imkonini beradi.

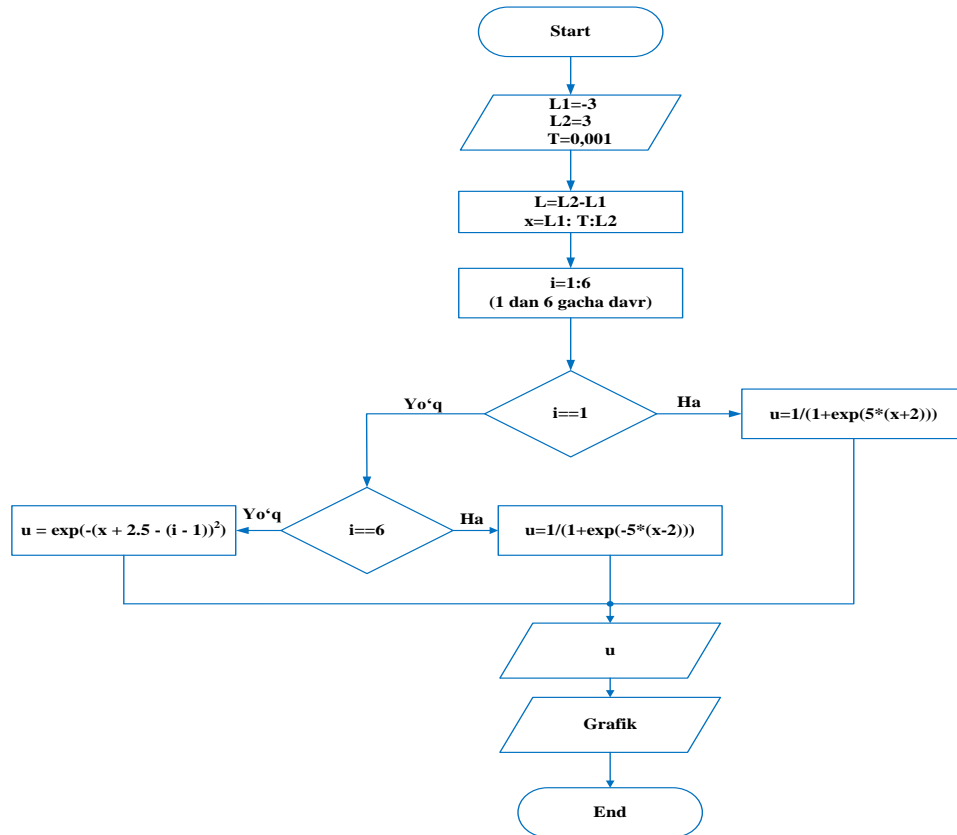
Noaniq boshqarishda noaniq roslagich modelini quyidagi (14) tenglama asosida yozishimiz mumkin:

$$\dot{x} = -15\dot{x} + 122u . \quad (14)$$

Unda holat o'zgarishini ifodalovchi umumlashtirilgan matematik tenglamani quyidagi ko'rinishda olamiz:

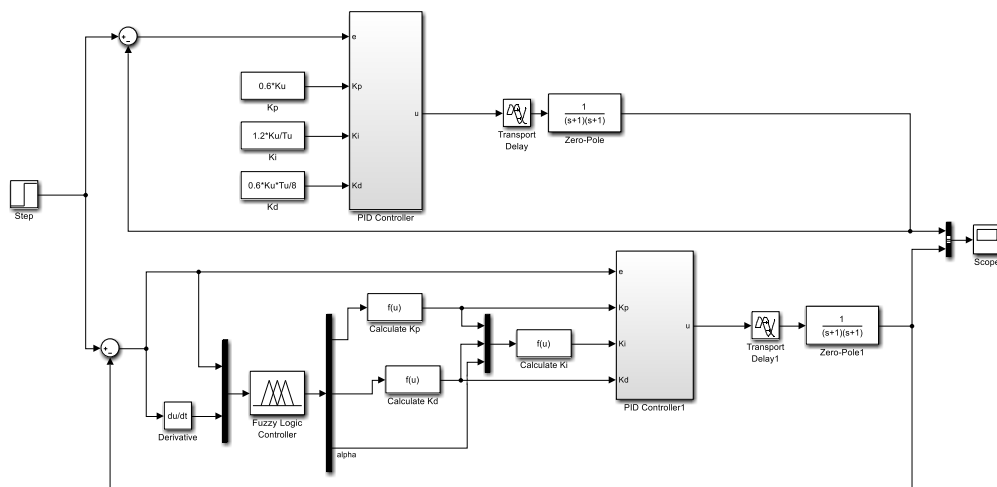
$$u_D(x|\theta) = \frac{\sum_{l_1=1}^{m_1} \sum_{l_2=1}^{m_2} y_u^{-l_1 l_2} \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}^{l_i}(x_i) \right)}{\sum_{l_1=1}^{m_1} \sum_{l_2=1}^{m_2} y_u^{-l_1 l_2} \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}^{l_i}(x_i) \right)}; \quad (15)$$

Noaniq boshqarish tenglamasini amalga oshirish algoritmi 6-rasmda keltirilgan.



6-rasm. Noaniq boshqarish tenglamasini amalga oshirish algoritmi

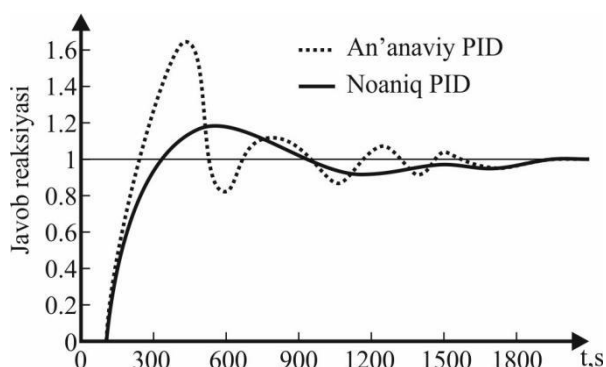
Noaniq PID-rostlagichli boshqarishda rostlagichning parametrlarini optimallashtirish uchun 7-rasmda keltirilgan strukturaviy sxemadan foydalaniladi.



7-rasm. Noaniq PID-rostlagichli va an'anaviy PID-rostlagichli boshqarish tizimlari o'tish jarayonlari tavsiflarini olish uchun strukturaviy sxema

Noaniq PID-rostlagich ajratish kolonnalari dinamikasining o'zgarishlariga moslashgan holda boshqarish samaradorligini oshiradi.

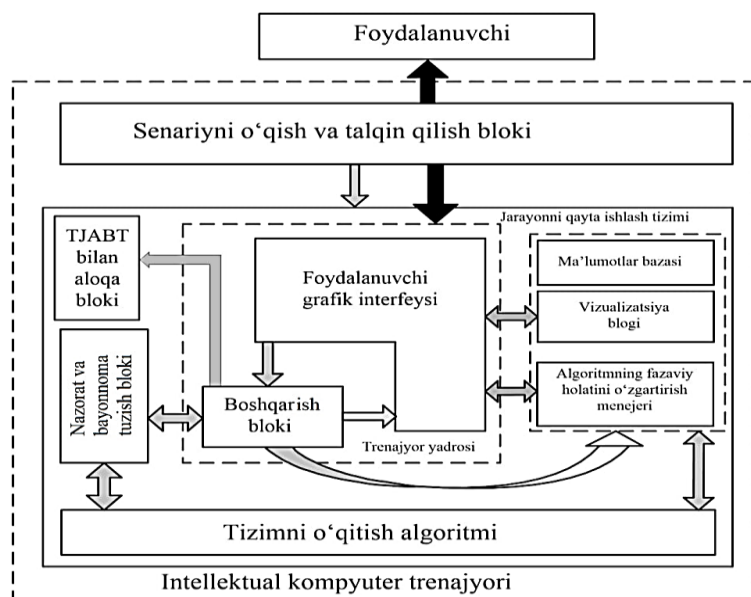
Tayyor mahsulot konsentratsiyasini noaniq PID-rostlagichli va an'anaviy PID-rostlagichli rostlashdagi o'tish jarayoni grafiklarini solishtirish 8-rasmida keltirilgan.



8-rasm. An'anaviy PID-rostlagich va noaniq PID-rostlagichlar orqali tayyor mahsulot konsentratsiyasini rostlash natijalari

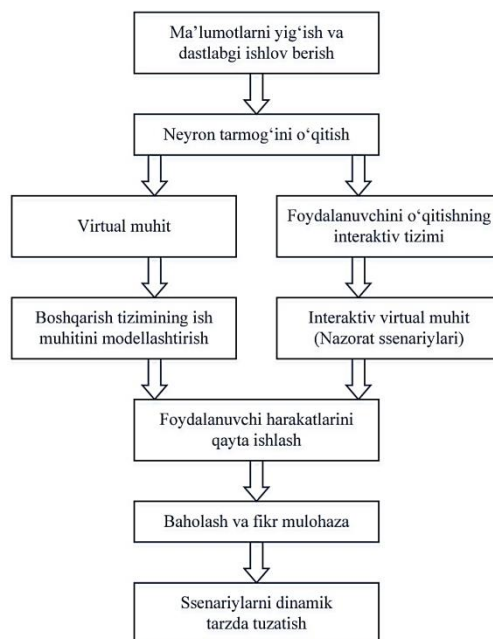
Noaniq mantiq asosida ishlovchi noaniq rostlagichli intellektual boshqarish tizimlari klassik boshqarish tizimlariga nisbatan yaxshiroq sifat ko'rsatkichlarini namoyon etdi.

Dissertatsiyaning **“Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni boshqaruvchi xodimlar uchun kompyuterli trenajyor ishlab chiqish”** deb nomlangan **to'rtinchi bobida** texnologik jarayonlarni boshqaruvchi operatorlar uchun takomillashgan funksiyali kompyuterli intellektual trenajyor ishlab chiqilgan.

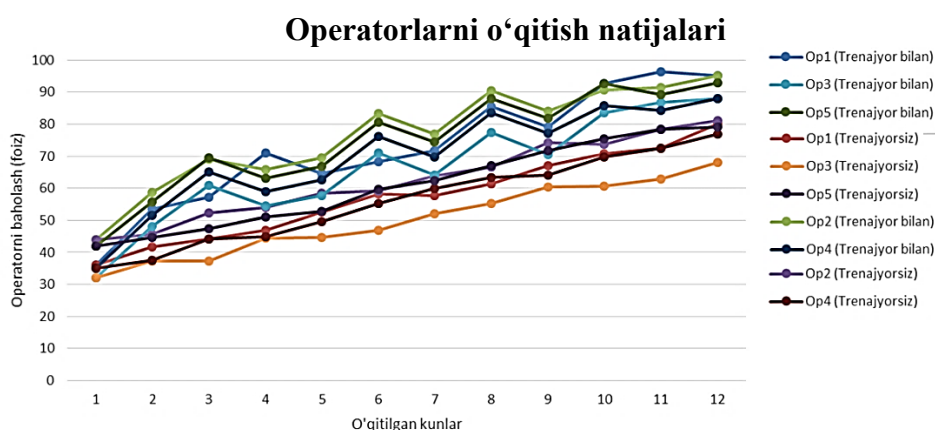


9-rasm. Intellektual kompyuter trenajyorli o'qitish tizimining strukturaviy sxemasi

Ushbu trenajyor operatorlarga o'z ko'nikmalarini haqiqiy ish vaziyatlariga maksimal darajada yaqinlashtirilgan sharoitlarda, xavf-xatarsiz va minimal xarajatlar bilan mashq qilish imkonini beradi. Trenajyor bilan birgalikda kontrollerlar, asboblari paneli yoki haqiqiy asboblari va uskunalarini taqlid qiluvchi boshqa qurilmalar kabi maxsus uskunalaridan foydalanish mumkin.



10-rasm. Muhandis xodimlar-operatorlarning bilim va ko'nikmalarini diagnostika qilish algoritmi

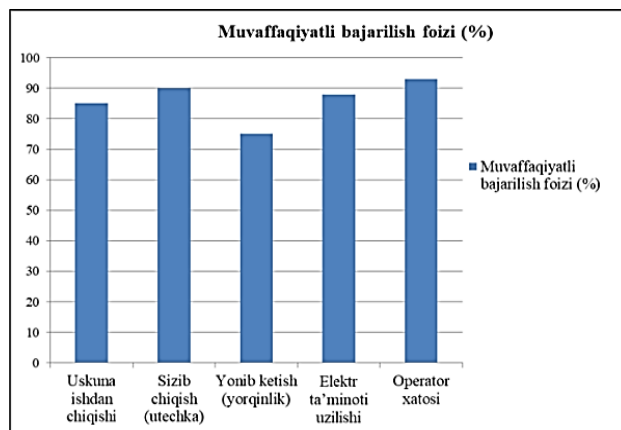


11-rasm. Muhandis - operatorlarning bilim va ko'nikmalarini kompyuterli trenajyorda o'qitishdan keyingi va oldingi natijalari tahlili

1-jadval

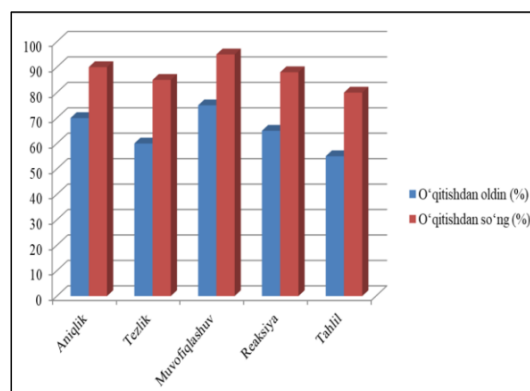
Operatorlarning favqulodda holat ssenariylari bo'yicha harakatlarining muvaffaqiyatli bajarilish ko'rsatkichlari

Senariy	Muvaffaqiyatli bajarilish ko'rsatkichi (%)
Uskunani ishdan chiqishi	85
Sizib chiqish	90
Yonib ketish (yorqinlik)	75
Elektr ta'minoti uzilishi	88
Operator xatosi	93



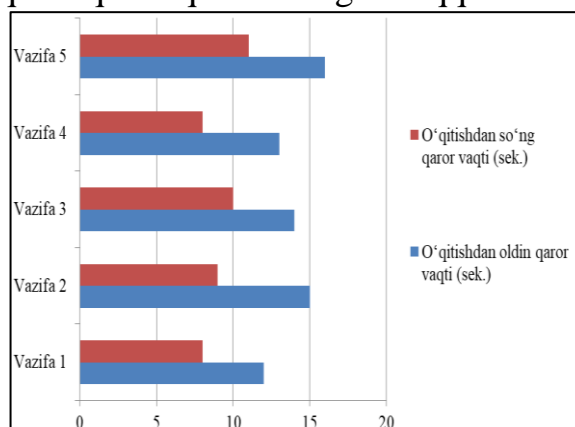
Kompyuterli trenajyorda o'qitishdan oldingi va keyingi holat bo'yicha operatorlarning ko'nikmalarini taqqoslash

Ko'nikmalar	O'qitishdan oldin (%)	O'qitishdan so'ng (%)
Aniqlik	70	90
Tezlik	60	85
Muvofiqlashuv	75	95
Reaksiya	65	88
Tahlil	55	80



Kompyuterli trenajyorda o'qitishdan oldingi va keyingi holat bo'yicha operatorlarning turli vazifalarda qaror qabul qilish tezligini taqqoslash

Vazifa	O'qitishdan oldin qaror vaqti (sek.)	O'qitishdan so'ng qaror vaqti (sek.)
1-vazifa	12	8
2-vazifa	15	9
3-vazifa	14	10
4-vazifa	13	8
5-vazifa	16	11



Kompyuterli trenajyor orqali olib borilgan taqiqot natijalari xodimlarning bilimini mustahkamlash, ularni texnologik jarayonlardagi xatolarga nisbatan sezgirlikni oshirish va favqulodda holatlarga tayyorlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

XULOSA

“Sanoat korxonalarini boshqarish uchun muhandis xodimlarni tayyorlashning kompyuterli o'qitish tizimlari” mavzusidagi dissertatsiya ishini bajarish jarayonida quyidagi natijalar olindi:

1. Sanoat korxonalaridagi murakkab texnologik jarayonlarni boshqaruvchi muhandis xodimlarni o'qitishga xizmat qiluvchi kompyuterli trenajyorlarni qurish usullari va ulardagi kamchiliklar tahlil qilingan va tasniflangan bo'lib, mazkur tahlil natijalari texnologik jarayonlarni boshqarishni o'rganuvchilar uchun tarkibida kompyuterli trenajyori bo'lgan samarali o'qitish tizimlarini qurishga xizmat qiladi.

2. Sanoat korxonalaridagi texnologik jarayonlarni boshqaruvchi muhandis-operatorlarning bilim hamda ko'nikmalarini baholash imkoniyatini beruvchi

takomillashgan funksiyali kompyuterli trenajyor Unisim Design muhitida ishlab chiqilgan. Mazkur kompyuterli trenajyor sanoat korxonalaridagi operatorlar hamda oliy ta'lim muassasalarida talabalarda kimyo, neftkimyo va oziq-ovqat sanoatidagi murakkab texnologik jarayonlarini boshqarishni hamda turli vaziyatlarda tezkor va to'g'ri qaror qabul qilish ko'nikmalarini hosil qilish imkonini beradi.

3. Ajratish jarayonining modeli issiqlik va moddiy balans tenglamalari asosida ishlab chiqilgan bo'lib, mazkur modellar aralashmalarni ajratish texnologik jarayonlarini boshqarishning o'qitish tizimlarini asosi hisoblanuvchi kompyuterli trenajyorlarni qurish imkonini beradi.

4. Texnologik jarayonlarni boshqaruvchi operatorlarning bilim va ko'nikmalarini diagnostika qilish imkonini beruvchi algoritm ishlab chiqilgan. Mazkur algoritm operatorlar va jarayonlarni boshqarish sohasida ta'lim oluvchilarning turli texnologik jarayonlarni boshqarish ko'nikmalarini rivojlantirish imkonini beradi.

5. Sanoat ishlab chiqarishidagi turli vaziyatlarning senariylari asosida operatorlarning qaror qabul qilish ko'nikmalarini baholash va nazorat qilish uslubiyati ishlab chiqilgan. Mazkur uslubiyat sanoat korxonalaridagi texnologik jarayonlarni boshqaruvchi operatorlarning bilim, malaka va ko'nikmalarini baholash imkonini beradigan kompyuterli trenajyorli o'qitish tizimlarini ishlab chiqish imkonini beradi.

6. Texnologik jarayonlarni vaziyatli boshqarish va intellektual texnologiyalar asosida ajratish qurilmasi va majmualarini intellektual boshqarish imkonini beruvchi boshqarish tizimlarining strukturalari ishlab chiqilgan. Mazkur boshqarish tizimi strukturalaridan foydalanish aralashmalarni ajratishning murakkab texnologik jarayonlarini boshqarish sifatini yaxshilash va energiyani tejash imkonini beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АБДУЛЛАЕВА КАМОЛА РУСТАМОВНА

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

**05.01.08 – Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за №В2023.3.PhD/Г3886.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tdtu.uz) и в Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Авазов Юсуф Шодиевич
доктор технических наук (DSc), профессор

Официальные оппоненты: Севинов Жасур Усмонович
доктор технических наук (DSc), профессор

Иваньян Арсен Игнатъевич
доктор технических наук (DSc)

Ведущая организация: Навоийский государственный горно-технологический университет

Защита диссертации состоится « 25 » 10 2025 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2.Тел: (99871)207-07-32; факс: (99871) 207-14-64; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано № 46). (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (998971) 207-14-70)

Автореферат диссертации разослан « 10 » 10 2025 года.
(реестр протокола рассылки № 409 от « 23 » 08 2025 года.)



Н.Р. Юсупбеков
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор, академик АН РУз

У.Ф. Мамиров
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук (DSc), профессор

Х.З. Игамбердиев
Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор, академик АН РУз

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в последние время в сфере автоматизации технологическими процессами и производствами особое внимание уделяется использованию компьютерных тренажеров для обучения операторов принципам управления сложными технологическими и техническими системами, применяемыми передовыми странами, и оценки их навыков. Эти системы поддерживаются развитыми странами в области автоматизации технологических процессов и производств. Сегодня широкое применение обучения специалистов на основе симуляторов при подготовке кадров для химической, нефтехимической, энергетической отраслей, а также военной сферы занимает ведущее место в промышленных отраслях. В этой связи в развитых странах одной из актуальных задач является разработка систем обучения, включающих компьютерные тренажеры, служащие безопасности промышленности и повышению качества выпускаемой продукции за счет улучшения навыков управления процессами инженеров-операторов в различных ситуациях. Более того, указанные системы обучения должны оптимально управлять технологическими процессами и устройствами на основе симуляторов и компьютерных тренажеров, имитирующих различные технологические процессы, а также снижать количество аварийных ситуаций.

В мире ведутся научные исследования, направленные на повышение качества управления технологическими процессами разделения различных сложных смесей. В этом отношении, в частности, актуальными считаются создание автоматизированных оперативных систем по улучшению показателей качества продукции, получение математических моделей, хорошо описывающих динамику процесса разделения, обучение операторов, управляющих технологическими процессами, разработка усовершенствованных компьютерных тренажеров, оценивающих их знания и навыки. В связи с этим особое внимание уделяется исследованиям по разработке энергосберегающих систем управления различными технологическими процессами и повышению квалификации и навыков инженеров-операторов в соответствии с производственными ситуациями для управления безаварийных состояний, а также созданию компьютерных тренажеров с виртуальными функциями, служащих для оценки их знаний.

В нашей республике в настоящее время особое внимание уделяется развитию научно-технических направлений автоматизации и управления технологическими процессами и производствами, в частности, созданию компьютерных тренажерных обучающих систем, играющих важную роль в формировании навыков, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение при автоматизации и управлении технологическими процессами разделения смесей, а также техническую и технологическую безопасность при управлении операторами технологических процессов и оборудования. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, определены задачи, в том числе «...сокращение энергопотребления и ресурсозатрат в экономике, внедрение энергоэффективных технологий в

производство, повышение производительности труда в отраслях экономики»¹. Для выполнения этих задач, в том числе создание интеллектуальных систем управления сложными технологическими процессами и устройствами на промышленных предприятиях, а также разработка компьютерных тренажеров, отражающих в себе реальные производственные ситуации для повышения знаний и навыков инженеров-операторов, управляющих ими, являются одними из важнейших.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, установленных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-№6079 от 5 октября 2020 года Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан - 2030», УП-№60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-№4022 от 21 ноября 2018 года «О мерах по дальнейшей модернизации цифровой инфраструктуры в целях развития цифровой экономики», ПП-№3673 от 18 апреля 2018 года «Об организационных мерах по ускоренной интеграции ведомственных информационных систем и реализации инновационных проектов», а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в рамках приоритетных направлений развития науки и технологий Республики Узбекистан III. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий» и VI. «Химические технологии, нефтехимия и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира проводятся научные исследования, направленные на развитие высокоэффективных систем контроля и управления сложными технологическими процессами разделения, в том числе в «Honeywell», Massachusetts Institute of Technology (США), в «Siemens» и University of Münster (Германия), Imperial College of London (Великобритания), Osaka University и Tokyo Institute of Technology (Япония), в Korea Advanced Institute of Science and Technology (Южная Корея), «Alstom» (Франция), «Simatek-Energo» (Беларусь), в Российском химико-технологическом университете (Россия) Также внесли достойный вклад зарубежные ученые Erik Claesson², В.М.Дозорцев³, D.V.Kneller⁴, Н.В.Ливенцова⁵, Kim Min Su⁶, O.V.Nagayseva⁵, N.G.Rakhimov⁷, D.S.Ribakov⁸, Van Wyk⁹, S.I.Magid¹⁰,

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022г. №УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

² Erik Claesson *et al.* Evolution of iron carbides during tempering of low-alloy tool steel studied with polarized small angle neutron scattering, electron microscopy and atom probe: <https://www.researchgate.net/publication/365151046>

³ В.М.Дозорцев. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. -М.: Синтег, 2009. -365с.

⁴ D.V.Kneller. Supercomputer-Based Ensemble Docking Drug Discovery Pipeline with Application to Covid-19 Cover: (2020) Journal of Chemical Information and Modeling. 60(12).-PP.5832-5852.

⁵ О.В.Нагайцева, Н.В.Ливенцова, С.Н.Ливенцов. Концепция тренажерной модели электрохимического производства // Известия Томского политехнического университета, 2009. -Т.315. “Управления, вычислительная техника и информатика”, 2009. –С.89-92.

⁶ Kim Min Su. LLM Serving Sim: A HW/SW Co-Simulation Infrastructure for LLM Inference Serving at Scale // School of Computing KAIST Daejeon, South Korea jhcho@casys.kaist.ac.kr

I.Sh.Zagretdinov¹⁰ и другие.

В нашей стране известные ученые: Т.Ф.Бекмурадов¹¹, Ш.М.Гулямов¹², М.А.Исмаилов¹³, У.В.Маннанов¹⁴, Д.П.Мухитдинов¹⁵, Ш.Н.Нуритдинов, Н.Р.Юсупбеков¹², С.Г.Закиров¹⁶ внесли значительный вклад в решение научных проблем математического моделирования, оптимизации и разработки систем управления технологическими процессами разделения смесей, а Ф.Т.Адиллов¹⁷, А.И.Иванян¹⁸, Э.А.Мигранова¹⁷ и другие ученые внесли также свой вклад в развитие вопросов разработки компьютерных тренажеров.

Однако в последние годы системы управления технологическими процессами на промышленных предприятиях усложнились, что требует совершенствования систем обучения с использованием компьютерных тренажеров, формирующих навыки эффективного и безопасного управления различными технологическими процессами. Вместе с тем, недостаточное внимание уделяется возможностям полноценного использования интеллектуальных технологий и методов при создании высокоэффективных систем управления.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета по проектам: ОТ-Ф7-88 – «Совершенствование теоретических основ перспективных сложных химико-технологических систем энерго-и ресурсоэффективных процессов теплообмена для получения чистых

⁷ Н.Г.Рахимов и др. эффективность симуляционного обучения по базовым реанимационным мероприятиям в условиях центра обучения практическим навыкам ТГМУ имени Абу Али Ибни Сино // ВЕСТНИК АВИЦЕННЫ, 2017. –Т.19. -№ 4 -С.467-470. doi: 10.25005/2074-0581-2017-19-4-467-470

⁸ Рыбаков Д.С., Дергачёва Л.М. Компьютерное моделирование: задачи оптимизации // Вестник РУДН. Сер. Информатизация образования, 2007. -№ 2-3.

⁹ Van Wyk, E.A., De Villiers, M.R., 2019. An evaluation framework for virtual reality safety training systems in the South African mining industry. J. South Afr. Inst. Min. Metall. 119 (5), 427–436. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/53/2019>

¹⁰ Магид С.И., Загретдинов И.Ш. и др. Нормирование цифровых технологий тренажерных систем как способ обеспечения надежности условий обслуживания объектов электроэнергетики. Надежность и безопасность энергетики. 2019;12(3):177-189. <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2019-12-3-177-189>

¹¹ Bekmuratov T.F. Systematization of intellectual decision support systems // Uzb. journal “Problems of Informatics and Energy”. 2003. № 4. -PP. 25–35.

¹² N.R.Yusupbekov, Sh.M.Gulyamov *et al.* Simulation of Chemical-Technological Complexes / 10th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perceptions - ICSCCW-2019. Springer Nature Switzerland AG, 2020. -PP.588–595.

¹³ M.A. Ismailov, M.A. Isokova. (2023). An information-conceptual model of the extraction process of plant raw materials. *Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research*, 10(09), 458–462. Retrieved from <https://www.eijmr.org/index.php/eijmr/article/view/282>

¹⁴ U.Mannanov *et al.* Modeling of Vegetable Oil Miscellaneous Drive Process in Final Distiller Spray Zone // Proceedings of the 11th International Conference on Applied Innovations in IT, (ICAIT), March 2023. –PP.193-198.

¹⁵ D.Mukhitdinov, Yo.Kadirov *et al.* Rectification process control by separation process efficiency evaluation using a predictive model / EPJ Web Conf., 321 (2025) 01013. DOI: <https://doi.org/10.1051/epjconf/202532101013>

¹⁶ Zakirov, S.G., Karimov, K.F. *et al.* Performance of refrigerating plant with efficient heat exchangers. *Chem Petrol Eng* 44, 198–201 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10556-008-9036-4>

¹⁷ Ф.Т.Адиллов, Э.А.Мигранова Построение концептуальных моделей деятельности оператора. Респуб. межвуз. сб. науч. трудов. «Актуальные вопросы в области технических и фундаментальных наук»: – Ташкент.2011. - С.295-297.

¹⁸ A.I.Ivanyan *et al.* (2024). Development and Optimization of Digital Twin Model for the Deethanizer Distillation // 12th World Conference “Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2022). Lecture Notes in Networks and Systems, vol 912. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53488-1_14

продуктов» (2017-2020) и FL-9524115110 – «Научно-теоретические основы цифровизации и применения искусственного интеллекта в управлении сложными технологическими процессами и производствами на основе стратегии «Индустрия 4.0» (2025-2029).

Цель исследования заключается в разработке интеллектуальных систем управления технологическими процессами разделения смесей, а также усовершенствованного функционального компьютерного тренажера для обучения инженеров-операторов, управляющих процессами.

Задачи исследования:

разработка математических моделей, описывающих управляемый технологический процесс для создания компьютерного тренажера, позволяющего оценивать знания и навыки инженерного персонала промышленных предприятий;

разработка алгоритма диагностики знаний и навыков операторов, управляющих сложными технологическими процессами;

разработка методики контроля знаний и навыков операторов на основе сценариев различных ситуаций (аварий, инцидентов) в промышленном производстве;

разработка усовершенствованного функционального интеллектуального компьютерного тренажера на основе математических моделей, описывающих процесс разделения;

усовершенствование структуры системы управления, позволяющей повысить качество управления процессом разделения.

Объектами исследования являются колонны разделения смесей, системы управления процессами разделения и компьютерные тренажеры.

Предмет исследования составляют методы и алгоритмы управления сложными технологическими процессами разделения, а также методы контроля и оценки управленческих навыков операторов.

Методы исследований. В диссертационной работе использовались современная теория автоматического управления, методы нечеткой логики, теории искусственного интеллекта, методы принятия решений, методы аналитических расчетов, а также методы моделирования и оптимизации технологических процессов и производств.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

на основе нейросетевого интеллектуального анализа данных разработан интеллектуальный компьютерный тренажёр с усовершенствованными функциями, позволяющий диагностировать и оценивать знания инженеров-операторов и отражающий процесс разделения смесей;

на основе нечеткой логической модели технологического процесса разделения смесей разработан алгоритм, позволяющий создавать системы управления и компьютерные тренажёрно-обучающие комплексы различного функционального назначения;

разработана методика контроля знаний операторов управления технологическими процессами, позволяющая оценивать навыки принятия решений в различных аварийных ситуациях и инцидентах на основе сценариев ситуаций в

промышленном производстве;

разработан алгоритм математического моделирования процесса разделения смесей на основе пошагового описания с использованием математических описаний и закономерностей материального баланса, позволяющий повысить точность математической модели.

предложены структуры интеллектуальных систем управления, позволяющие повысить качество управления процессом разделения смесей на основе ситуационного метода управления и технологий Интернета вещей.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны структурные схемы интеллектуальных систем управления процессом разделения смесей;

разработано программное обеспечение для системы управления технологическим процессом разделения;

разработано программное обеспечение для компьютерного тренажера с усовершенствованной функцией оценки знаний и навыков инженеров-операторов;

разработан алгоритм диагностики знаний и навыков операторов;

разработано программное обеспечение для компьютерного тренажера, обучающего управлению процессом разделения.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования объясняется разработкой структурных схем интеллектуальной системы управления процессами разделения смесей и компьютерного интеллектуального тренажера для операторов на основе методов ситуационного управления и интеллектуальных технологий, а также взаимным соответствием результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований и положительными результатами опытно-промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования обусловлена разработкой математической модели процесса разделения, синтезом структур интеллектуальной системы управления и созданием усовершенствованного функционального компьютерного интеллектуального тренажера.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработанной интеллектуальной системе управления процессом разделения, методе контроля и оценки знаний и навыков операторов, а также в использовании алгоритма для управления процессами разделения на предприятиях химической, нефтехимической и пищевой промышленности, что способствует повышению квалификации управляющих инженеров-операторов.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке системы обучения инженерного персонала, управляющего промышленными процессами и системами управления:

многофункциональный компьютерный тренажер, позволяющий оценивать знания и навыки инженеров-операторов, внедрен в АО «Махам-Чирчиқ» (справка АО «Узкимёсаноат» №13-647 от 28 февраля 2025 г.). В результате повысились квалификация и навыки операторов, управляющих системой управления процессом разделения, что позволило улучшить качество управления;

алгоритм и методика диагностики, оценки знаний и навыков инженеров-

операторов внедрены в АО «Махам-Chirchiq» (справка АО «Узкимёсаноат» №13-647 от 28 февраля 2025 г.). В результате это позволило более объективно оценивать знания и навыки инженеров-операторов;

интеллектуальная система управления процессом разделения смесей внедрена в АО «Махам-Chirchiq» (справка АО «Узкимёсаноат» №13-647 от 28 февраля 2025 г.). В результате достигнуто улучшение качества управления технологическими процессами и энергосбережение.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационного исследования обсуждались на 7 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 22 научные работы, из них 8 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 2 в зарубежных журналах, а также получено 4 свидетельства Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на программные продукты для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и необходимость проведенного исследования, описываются цель и задачи, объект и предмет исследования, определяется соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, освещается научная и практическая значимость полученных результатов, приводятся данные о внедрении результатов исследования в практику, апробации результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Современное состояние систем управления технологическими процессами на промышленных предприятиях и компьютерных тренажеров для обучения инженеров, управляющих ими»**, проанализированы методы проектирования и принципы построения компьютерных тренажеров, используемых для обучения инженерного персонала, управляющего технологическими процессами на промышленных предприятиях. Дан анализ общим тенденциям развития методов и методик разработки компьютерных тренажеров и симуляторов, достижения и недостатки в решении задач моделирования и формирования задач для операторов, отражения ситуаций в технологических процессах на компьютерных тренажерах.

На основе критического анализа сформулирована цель диссертационного исследования и определены задачи исследования, заключающиеся в разработке интеллектуальных систем управления процессами разделения и математических

моделей для этих систем, а также интеллектуального компьютерного тренажера, который автоматически формирует задания для операторов и позволяет диагностировать и оценивать их знания и навыки.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Математическое описание процесса разделения смесей для построения компьютерного тренажера**», осуществлена разработка математических моделей технологического процесса, выполняющего основные задачи при создании компьютерных тренажеров, используемых для обучения инженерного персонала. В данной главе выбран технологический процесс разделения различных сложных смесей, получено его математическое описание и модели.

При моделировании процесс разделения рассматривается как совокупность элементарных звеньев, соответствующих одной тарелке, кубовому испарителю, конденсатору и сборнику флегмы в верхней части колонны. На рис. 1 схематически изображены основные материальные и тепловые потоки, поступающие на контактное устройство колонны и выходящие из него.

Переходный процесс рассчитывается последовательно в определенных временных точках, отделенных друг от друга интервалом Δt :

$$\tau[k+1] = \tau[k] + \Delta \tau = (k+1) \cdot \Delta \tau;$$

где $\tau[0] = 0$, k - целое число, $k=0, 1, \dots, m$.

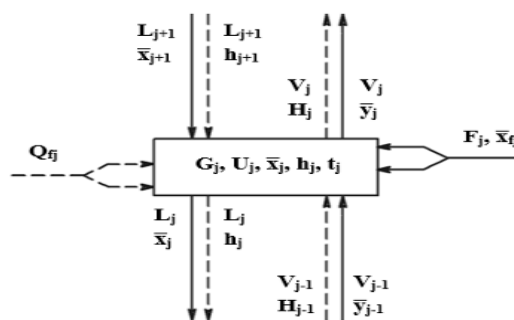


Рис. 1. Схема вещественных и тепловых потоков на контактном устройстве разделительного аппарата

Расчет колонны осуществляется в одном направлении, снизу вверх, поэтому при переходе на j -ю тарелку известны характеристики потока пара, покидающего расположенное внизу контактное устройство в момент времени $\tau[k+1]$: $V_{j-1}[k+1]$, $\bar{y}_{j-1}[k+1]$, $H_{j-1}[k+1]$. При расчетах для потока жидкости, поступающей на тарелку, следует использовать ее характеристики в момент времени $\tau[k]$: $L_{j+1}[k]$, $\bar{x}_{j+1}[k]$, $h_{j+1}[k]$.

Рассчитываемыми величинами являются расход и характеристики потоков, покидающих тарелку, а также температура и количество жидкости в ней в следующий момент времени: $\tau[k+1]$, $L_j[k+1]$, $V_j[k+1]$, $\bar{x}_j[k+1]$, $\bar{y}_j[k+1]$, $h_j[k+1]$, $H_j[k+1]$, $G_j[k+1]$, $t_j[k+1]$.

В разрабатываемой математической модели с целью учета движущихся управляющих воздействий на процесс каждое контактное устройство рассматривается как питающая тарелка:

$$\begin{cases} F_j = q \cdot F, & j = N_{f,1}, \\ F_j = (1-q) \cdot F, & j = N_{f,2}, \\ F_j = 0 & j \neq N_{f,1}, j \neq N_{f,2}. \end{cases} \quad (1)$$

В каждую тарелку поступает жидкость из расположенного выше контактного устройства и пар из нижней части. Из тарелки выходит соответствующая ее составу жидкость и пар, свойства которого зависят от эффективности массообмена в контактном устройстве. Общий материальный баланс устройства следующий:

$$\frac{dG_j}{d\tau} = L_{j+1} + V_{j-1} + F_j - L_j - V_j. \quad (2)$$

Уравнение материального баланса по компонентам:

$$\frac{d(G_j \cdot x_{j,i})}{d\tau} = L_{j+1} \cdot x_{j+1,i} + V_{j-1} \cdot y_{j-1,i} + F_j \cdot x_{f,j,i} - L_j \cdot x_{j,i} - V_j \cdot y_{j,i}. \quad (3)$$

Запишем уравнение (3) по концентрациям компонентов:

$$G_j \cdot \frac{dx_{j,i}}{d\tau} = L_{j+1} \cdot (x_{j+1,i} - x_{j,i}) + V_{j-1} \cdot (y_{j-1,i} - x_{j,i}) + V_j \cdot (x_{j,i} - y_{j,i}) + F_j \cdot (x_{f,j,i} - x_{j,i}). \quad (4)$$

Уравнение теплового баланса аналогично уравнению (4), где накопление тепла связано с изменением энтальпии жидкости на тарелке, а потери тепла в окружающую среду не учитываются:

$$G_j \cdot \frac{dh_j}{d\tau} - L_{j+1} \cdot (h_{j+1} - h_j) - V_{j-1} \cdot (H_{j-1} - h_j) - V_j \cdot (h_j - H_j) - F_j \cdot (h_{f,j} - h_j). \quad (5)$$

Равновесный состав паровой фазы \bar{y}_j^* определяется на основе модели фазового равновесия и в общем виде может быть выражен как функция состава жидкой фазы и давления в аппарате:

$$\bar{y}_j^* = f(\bar{x}_j, P_j). \quad (6)$$

Соответственно, температура в разделительной колонне, а также энтальпии жидкой и паровой фаз рассчитываются следующим образом:

$$t_j = f(x_j, P_j); h_j = f(\bar{x}_j, P_j) \text{ и } H_j = f(\bar{y}_j, P_j). \quad (7)$$

Следующее фазовое состояние определяет энтальпию потока сырья:

$$h_{f,j} = f(\bar{x}_{f,j}, P_{f,j}, t_{f,j}). \quad (8)$$

Выражения (1) - (8) позволяют решить задачу расчета динамических режимов отдельного контактного устройства колонны. Для определения искомых величин предлагается следующий алгоритм:

1) Проверяется условие подачи питающего потока на моделируемую тарелку. При выполнении условия рассчитываются энтальпия сырья $h_{f,j}[k+1]$ (8) и расход тепла, подводимого к колонне.

2) В устройстве определяется концентрация жидкой фазы:

$$x_{j,i}[k+1] = x_{j,i}[k] + \Delta\tau \cdot \frac{L_{j+1}[k] \cdot (x_{j+1,i}[k] - x_{j,i}[k]) + V_{j-1}[k] \cdot (y_{j-1,i}[k] - x_{j,i}[k])}{G_j[k]} + \Delta\tau \cdot \frac{V_j[k] \cdot (x_{j,i}[k] - y_{j-1,i}[k]) + F_j[k] \cdot (x_{f,j,i}[k] - x_{j,i}[k])}{G_j[k]}. \quad (9)$$

3) Состав и давление в устройстве позволяют определить энтальпию жидкой

фазы:

$$h_j[k+1] \quad (10)$$

4) Состав паровой фазы определяет $H_j[k+1]$ энтальпию.

5) Общее уравнение материального баланса устройства (2) позволяет определить последнюю неизвестную величину - расход жидкой фазы, выходящей из тарелки:

$$L_j[k+1] = L_{j+1}[k] + V_{j-1}[k] + F_j[k] - V_j[k] - \frac{G_j[k+1] - G_j[k]}{\Delta\tau}.$$

Или, принимая во внимание (10), запишем:

$$L_j[k+1] = L_{j+1}[k] + V_{j-1}[k] + F_j[k] - V_j[k] - \frac{G_j[k] \cdot \left(\frac{\mu_j[k] \cdot \rho_j[k+1]}{\mu_j[k+1] \cdot \rho_j[k]} - 1 \right)}{\Delta\tau}.$$

При расчете разделительной колонны эти процессы осуществляются последовательно с нижней части аппарата вверх. Затем значение k увеличивается на 1, и все расчеты повторяются для следующей временной точки.

Составляющие управляющего воздействия при использовании ПИД-регулятора характеризуются следующим образом:

$$u_p[k+1] = K_p \cdot \Delta U_0[k+1], \quad (11)$$

$$u_i[k+1] = u_i[k] + K_p \frac{\Delta\tau}{T_i} \cdot \Delta U_0[k+1], \quad (12)$$

$$u_d[k+1] = K_p \frac{T_d}{\Delta\tau} \cdot (\Delta U_0[k+1] - \Delta U_0[k]). \quad (13)$$

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Разработка структур интеллектуальных систем управления процессами разделения смесей**», осуществлены разработка и исследование интеллектуальных систем управления процессами разделения смесей.

Устройства, осуществляющие процесс разделения в современной промышленности, представляют собой сложные высокопроизводительные системы с множеством контролируемых, возмущающих и выходных воздействий, а также с различными состояниями. Математические модели таких процессов характеризуются нестационарностью и нелинейностью, значительными запаздываниями, распределенностью параметров и другими особенностями, что затрудняет реализацию автоматизированного управления. Поэтому применение интеллектуальных систем управления для сложных объектов, таких как устройства разделения, является весьма перспективным.

В первую очередь предложена структура интеллектуальной системы управления, реализуемой на основе метода ситуационного управления для устройств разделения (рис. 2).

Архитектура предлагаемой интеллектуальной системы управления для процесса разделения включает блок знаний опытных инженеров и экспертную систему. При этом база знаний пополняется информацией и инструкциями, формируемыми на основе данных, полученных из различных источников, а также знаний опытных специалистов по управлению процессом разделения. Экспертная система реализует базу правил, формируемую на основе знаний

специалиста в данной области, и осуществляет логический вывод на ее основе.

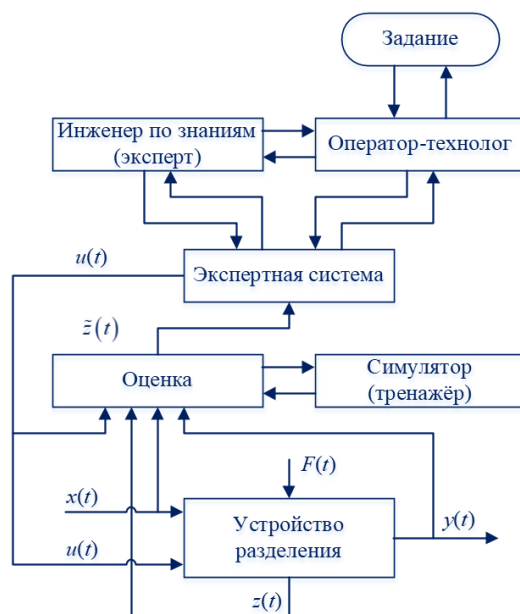


Рис. 2. Структура интеллектуальной системы управления, реализуемой на основе метода ситуационного управления

В производстве процесс разделения смесей осуществляется в комплексах, имеющих одновременно от трех до семи разделительных колонн. Для управления работой таких комплексов предложена следующая структура интеллектуальной системы (рис. 3).



Рис. 3. Структура предлагаемой интеллектуальной системы управления для управления разделительными комплексами, оснащенными множеством устройств

Предлагаемая интеллектуальная система управления предназначена для управления работой разделительных комплексов, являющихся сложными

динамическими объектами. Предлагаемая новая интеллектуальная система управления отличается от имеющихся тем, что позволяет накапливать опыт и вносить изменения в результаты экспертной системы путем анализа, и обладает некоторым преимуществом по качеству управления. Это свое превосходство она наглядно демонстрирует при решении задачи минимизации воздействия возмущений в условиях неопределенности.

Современное состояние достижений науки и техники позволяет усовершенствовать системы интеллектуального управления в сочетании с элементами технологий искусственного интеллекта (рис. 4).

Предлагаемая новая система управления отличается тем, что предусматривает применение современных методов и позволяет эффективно управлять работой разделительного устройства на протяжении всего его жизненного цикла, уменьшать количество простоев из-за неисправностей и снижать расходы ресурсов и энергии.

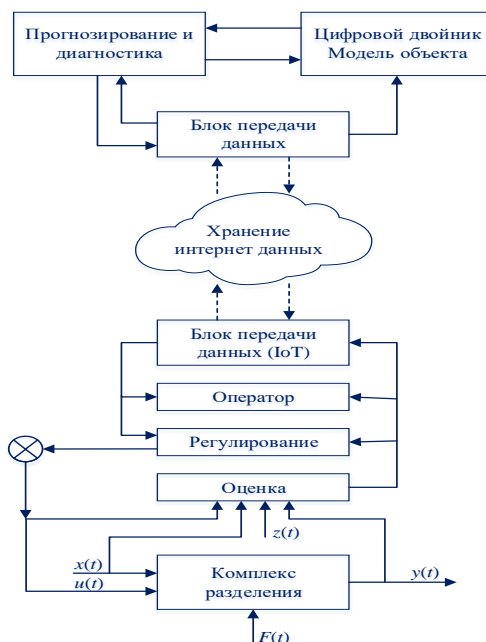


Рис. 4. Структура интеллектуальной системы управления с применением методов искусственного интеллекта

Проверим эффективность предлагаемых интеллектуальных систем управления посредством контура регулирования с эталонной моделью (рис. 5).

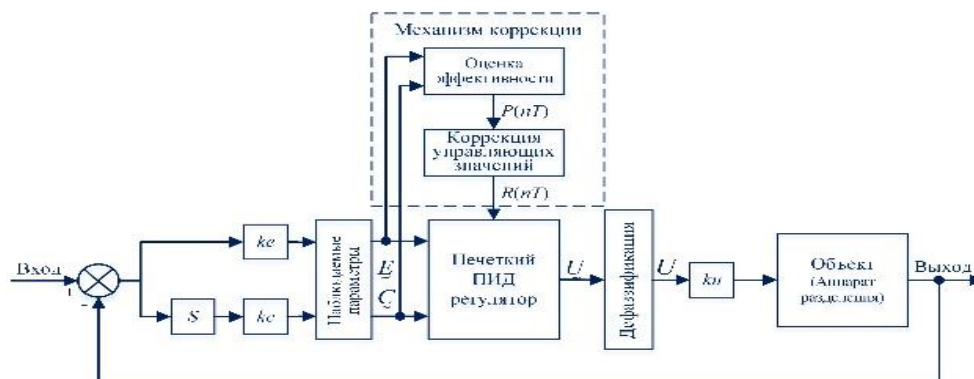


Рис. 5. Контур нечеткого регулирования с эталонной моделью

Она позволяет исследовать динамические свойства системы, выражая поведенческие характеристики объекта через лингвистические переменные.

В нечетком управлении модель нечеткого регулятора можно записать на основе следующего уравнения (14):

$$\dot{x} = -15x + 122u. \quad (14)$$

В таком случае обобщенное математическое уравнение, описывающее изменение состояния, мы представим в следующем виде:

$$u_D(x|\theta) = \frac{\sum_{l_1=1}^{m_1} \sum_{l_2=1}^{m_2} \dots \sum_{l_n=1}^{m_n} y_u^{-l_1 l_2 \dots l_n} \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}^{l_i}(x_i) \right)}{\sum_{l_1=1}^{m_1} \sum_{l_2=1}^{m_2} \dots \sum_{l_n=1}^{m_n} y_u^{-l_1 l_2 \dots l_n} \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i}^{l_i}(x_i) \right)}; \quad (15)$$

Алгоритм реализации уравнения нечеткого управления приведен на рис. 6.

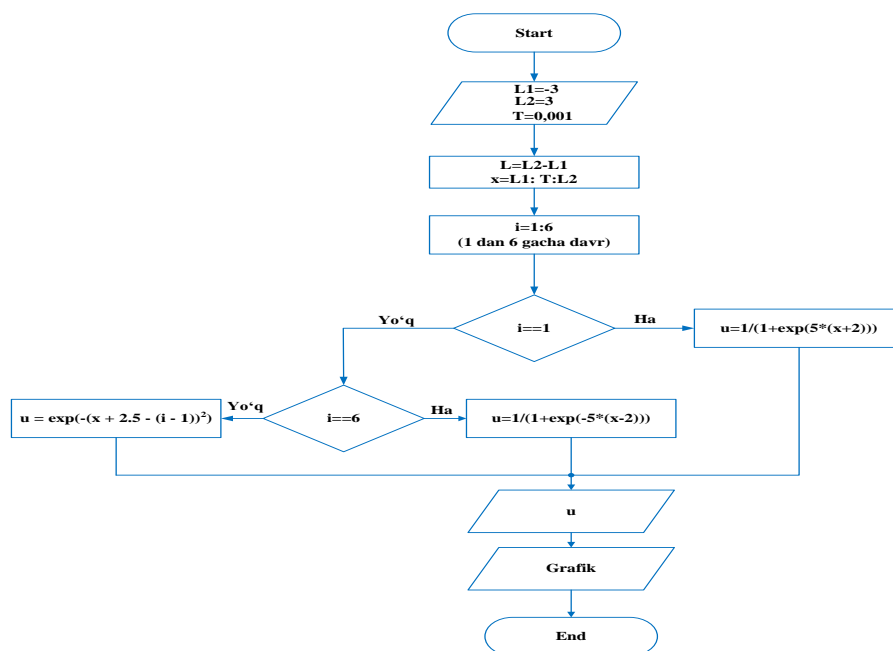


Рис. 6. Алгоритм реализации уравнения нечеткого управления

Для оптимизации параметров регулятора при управлении с использованием нечеткого ПИД-регулятора применяется структурная схема, приведенная на рис.7.

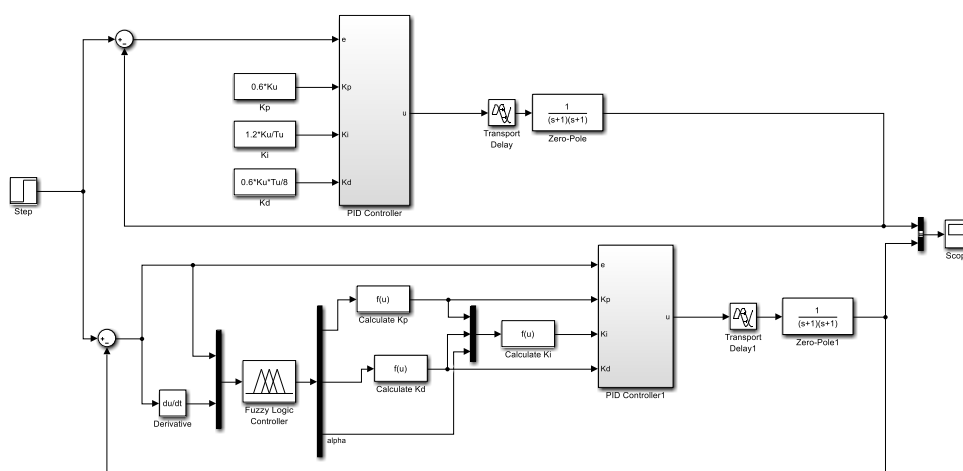


Рис. 7. Структурная схема для получения характеристик переходных процессов в системах управления с нечетким ПИД-регулятором и с традиционным ПИД-регулятором

Нечеткий ПИД-регулятор повышает эффективность управления, адаптируясь к изменениям динамики разделительных колонн.

Сравнение графиков переходных процессов при регулировании концентрации готового продукта с нечетким ПИД-регулятором и с традиционным ПИД-регулятором представлено на рис. 8.

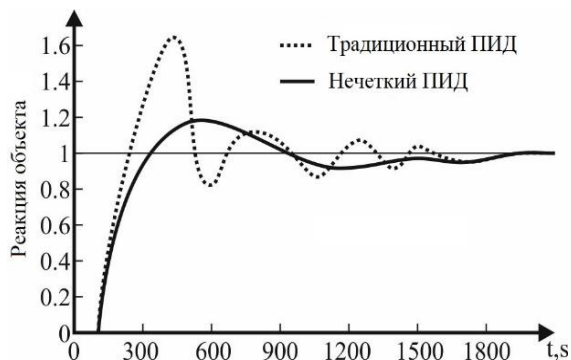


Рис. 8. Результаты регулирования концентрации готового продукта с помощью традиционного ПИД-регулятора и нечеткого ПИД-регулятора

Интеллектуальные системы управления с нечеткими регуляторами, функционирующие на основе нечеткой логики, продемонстрировали более высокие показатели качества по сравнению с классическими системами управления.

В четвертой главе диссертации «**Разработка компьютерного тренажера для персонала, управляющего технологическими процессами на промышленных предприятиях**» разработан усовершенствованный компьютерный интеллектуальный тренажер с расширенными функциями для операторов, управляющих технологическими процессами.



Рис. 9. Структурная схема системы обучения с интеллектуальным компьютерным тренажёром

Данный тренажер позволяет операторам отрабатывать свои навыки в условиях, максимально приближенных к реальным рабочим ситуациям, без рисков и с минимальными затратами. Вместе с тренажером можно использовать специальное оборудование, такое как контроллеры, приборные панели или другие устройства, имитирующие реальные инструменты и оборудование.



Рис. 10. Алгоритм диагностики знаний и навыков инженерно-технического персонала операторов

Результаты обучения операторов

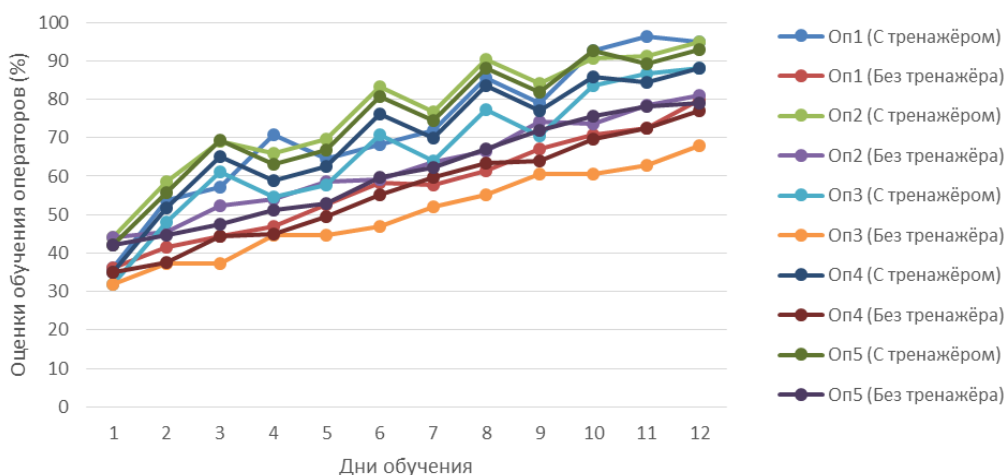


Рис. 11. Анализ результатов до и после обучения инженеров-операторов знаниям и навыкам на компьютерном тренажере

Таблица 1

Показатели успешного выполнения операторами действий по сценариям чрезвычайных ситуаций

Сценарий	Показатели успешного выполнения (%)
Отказ оборудования	85
Утечка	90
Пожар	75
Отключение питания	88
Ошибка оператора	93

Таблица 2

Сравнение навыков операторов до и после обучения на компьютерном тренажёре

Навык	До обучения (%)	После обучения (%)
Точность	70	90
Скорость	60	85
Координация	75	95
Реакция	65	88
Анализ	55	80

Таблица 3

Сравнение скорости принятия решений операторами при выполнении различных задач до и после обучения на компьютерном тренажере

Задача	Время принятия решения (сек) до обучения	Время принятия решения (сек) после обучения
Задача 1	12	8
Задача 2	15	9
Задача 3	14	10
Задача 4	13	8
Задача 5	16	11

Результаты исследования, проведенного с использованием компьютерного тренажера, показали высокую эффективность в укреплении знаний сотрудников, повышении их чувствительности к ошибкам в технологических процессах и подготовке к чрезвычайным ситуациям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения диссертационной работы на тему **«Компьютерные системы обучения для подготовки инженерных кадров по управлению промышленными предприятиями»** были получены следующие результаты:

1. Проанализированы и классифицированы методы построения компьютерных тренажеров, предназначенных для обучения инженерного персонала, управляющего сложными технологическими процессами на промышленных предприятиях, а также их недостатки. Результаты данного анализа служат основой для создания эффективных систем обучения с компьютерным тренажером для специалистов, изучающих управление технологическими процессами.

2. В среде Unisim Design разработан компьютерный тренажер с усовершенствованными функциями, позволяющий оценивать знания и навыки инженеров-операторов, управляющих технологическими процессами на промышленных предприятиях. Данный компьютерный тренажер позволяет операторам промышленных предприятий и студентам высших учебных заведений формировать навыки управления сложными технологическими процессами в химической, нефтехимической и пищевой промышленности, а также навыки быстрого и правильного принятия решений в различных ситуациях.

3. Разработана модель процесса разделения на основе уравнений теплового и материального баланса, которая позволяет создавать компьютерные тренажеры, являющиеся основой систем обучения управлению технологическими процессами разделения смесей.

4. Разработан алгоритм, позволяющий диагностировать знания и навыки операторов, управляющих технологическими процессами. Данный алгоритм позволяет операторам и обучающимся в области управления процессами развивать навыки управления различными технологическими процессами.

5. Разработана методика оценки и контроля навыков принятия решений операторами на основе сценариев различных ситуаций в промышленном производстве. Данная методика позволяет разрабатывать системы обучения с компьютерными тренажерами, дающие возможность оценивать знания, квалификацию и навыки операторов, управляющих технологическими процессами на промышленных предприятиях.

6. Разработаны структуры систем управления, позволяющие осуществлять интеллектуальное управление устройствами и комплексами разделения на основе ситуационного управления технологическими процессами и интеллектуальных технологий. Использование этих структур систем управления позволяет улучшить качество управления сложными технологическими процессами разделения смесей и экономить энергию.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.02
ON THE ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ABDULLAEVA KAMOLA RUSTAMOVNA

**COMPUTER-BASED TRAINING SYSTEMS FOR TRAINING
ENGINEERING PERSONNEL FOR CONTROL OF INDUSTRIAL
ENTERPRISES**

05.01.08 – Automation and control of technological processes and production

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2025

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2023.3.PhD/T3886.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Technical University.

The Abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tdtu.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Avazov Yusuf Shodievich**
Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor

Official opponents: **Sevinov Jasur Usmonovich**
Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor

Ivanyan Arsen Ignatevich
Doctor of Technical Sciences (DSc)

Leading organization: **Navoi State University of Mining and Technology.**

Defense of dissertation will take place in « 15 » 10 2025 at 11⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 207-07-32; fax: (+99871) 207-14-64; e-mail: tsu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number № 96). (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 207-14-70).

Abstract of dissertation sent out on « 10 » 10 2025 year.
(mailing report № 909, on « 23 » 08 2025 year).



N.R. Yusupbekov
Chairman of Scientific Council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

U.F. Mamirov
Scientific secretary of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences (DSc), professor

Kh.Z. Igamberdiev
Chairman of the Academic seminar under the
Scientific council on awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract to PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop intelligent systems for controlling technological processes of separation of mixtures and a computer simulator with improved functionality for training process control engineers and operators.

The object of research work is the separation columns of mixtures, control systems for separation processes and computer simulators.

The scientific novelty of the research work consists of the following:

based on neural network intelligent data analysis, an advanced intelligent computer simulator has been developed with enhanced functions that allow diagnosing and assessing the knowledge of engineer-operators and reflect the process of mixture separation;

based on a fuzzy logic model of the technological process of mixture separation, an algorithm has been developed that enables the creation of control systems and computer simulator-training complexes for various functional purposes;

a methodology for evaluating the knowledge of technological process control operators has been developed, which allows for assessing decision-making skills in various emergency situations and incidents based on industrial production scenario simulations;

an algorithm for mathematical modeling of the mixture separation process has been developed based on a step-by-step description using mathematical formulations and material balance principles, which allows for increasing the accuracy of the mathematical model;

structures of intelligent control systems have been proposed that improve the quality of control in the mixture separation process based on situational control methods and Internet of Things technologies.

Implementation of the research results: Based on the scientific results obtained on the development of a training system and control system for engineering personnel for control of industrial processes:

a multifunctional computer simulator that allows you to assess the knowledge and skills of engineer-operators has been implemented at “Maxam-Chirchiq” JSC (Reference № 13-647 of “Uzkimyosanoat” JSC dated February 28, 2025). As a result, the qualifications and skills of operators managing the separation process control system increased, which allowed improving the quality of control;

the algorithm and methodology for diagnosing, assessing the knowledge and skills of engineer-operators were introduced at “Maxam-Chirchiq” JSC (Reference №13-647 of “Uzkimyosanoat” JSC dated February 28, 2025). As a result, this made it possible to more objectively assess the knowledge and skills of operator-engineers;

intelligent control system of mixture separation process was introduced at “Maxam-Chirchiq” JSC (Reference № 13-647 of “Uzkimyosanoat” JSC dated February 28, 2025). As a result, improved quality of technological process control and energy saving were achieved.

Structure and volume of the dissertation: The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, a reference list and applications, with a total volume of 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (Часть I; Part I)

1. Ф.Т.Адилов, К.Р.Абдуллаева, С.И.Исакова. Компьютерные тренажерно – обучающие системы // Монография. – Ташкент, 2018. – 228 с.
2. F.T.Adilov, Sh.M.Gulyamov, S.V.Zhorov, K.R.Abdullaeva. Design and emulation of APCS “Uz-Kor Gaz Chemical” using Experion PKS system and programmable logic controller “Master Logic 200r” // Special issue of the International scientific and technical “Chemical Texnology Control and Management & journal of Korea Multimedia society”. South Korea, Seoul-Uzbekistan, Tashkent, 2015.- №3-4. – PP. 27-31. (ОАК rayosat qarori №217/6, 2015-yil 30-iyun)
3. К.Р.Абдуллаева, Н.Р.Юсупбеков. Моделирование типовых процессов химической технологии в тренажерно-обучающих системах // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2015. Спец. Выпуск. – С.44-51. (05.00.00, №16)
4. Sh.M.Gulyamov, A.N.Yusupbekov, B.M.Temerbekova, K.R.Abdullaeva. Simulation model of chemical industrial complex with continuous nature of technological production of the cooperating technological and accumulation units // Special issue of the International scientific and technical “Chemical Texnology Control and Management & journal of Korea Multimedia society”. South Korea, Seoul-Uzbekistan, Tashkent, 2016. – №5. – PP. 45-54. (05.00.00, №12)
5. В.М.Дозорцев, Ф.Т.Адилов, К.Р.Абдуллаева. Построение тренажерно-обучающих моделей типовых технологических процессов смешения // Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление». -Ташкент, 2016. – №2(68). – С.48-53. (05.00.00, №12)
6. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. Synchronization of the training of specialists in the automation of technological processes in accordance with the dynamics of the taxonomy of learning goals // International scientific and technical journal “Chemical Texnology. Control and Management”. -Tashkent, 2023. – №1. – PP.94–99. DOI: <https://doi.org/10.59048/2181-1105.1444> (05.00.00, №12)
7. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva The role of virtual educational spaces in higher education // International Journal of Discoveries and Innovations in Applied Saliences/e-ISSN:2792-3983/www.openaccessjournals.eu/ Spain, 2023. – Volume: 3. Issue:7. (2023, SJIF: IF 7.284)
8. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. Computer training systems for training engineering personnel for control industrial enterprises // International scientific and technical journal “Chemical Texnology. Control and Management”. - Tashkent, 2023. –№4. –PP.86-90. DOI: <https://doi.org/10.59048/2181-1105.1444> (05.00.00, №12)

9. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. Implementation of the method of fuzzy control of the rectification process based on fuzzy logic // International scientific and technical journal “Chemical Technology. Control and Management”. -Tashkent, 2024. –№5-6. –PP.193-199. (05.00.00, №12)

II bo‘lim (Часть II; Part II)

10. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva, M.R.Nizomov Reliability indices person-operator control system // The International scientific conference “Modern problems of applied mathematics and information technologies - Al-Khorezmiy”, 2014. – Samarqand, 15-17 september 2014. –Volume №2. – PP.234-238.
11. К.Р.Абдуллаева, С.А.Азаматов. Некоторые психологические факторы процесса обучения операторов систем управления химико-технологическими процессами и производствами // Республиканский научно-технический конференция «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане». – Навои, 23-24 мая 2014. –С.240-241.
12. M.Yu.Doshchanova, G.T.Rakhmonberdiyeva, K.R.Abdullaeva. Methods and algorithms of decision-making poorly formalized problems in the conditions of uncertainty // Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial automation WCIS-2014. – Tashkent (Uzbekistan), November 25-27, 2014. – PP.384-390.
13. F.T.Adilov, Sh.M.Gulyamov, S.V.Zhorov, K.R.Abdullaeva. Design and emulation of APCS “Uz-Kor Gaz Chemical” using Experion PKS system and programmable logic controller “Master Logic 200r” // Proceedings of International Conference “MITA 2015”. – Tashkent (Uzbekistan), June 30-July 2, 2015. –PP.347-350.
14. К.Р.Абдуллаева, А.Т.Ражабов. Разработка автоматизированных информационных систем обучения и тренинга персонала с применением технологий интерактивного 3d-моделирования // «Инновационные идеи и разработки талантливой молодежи в условиях модернизации техники и технологий» сборник научных конференций 6-кисм. - Ташкент, 27-28 мая 2015 г. С.109-102.
15. Н.Р.Юсупбеков, Ш.М.Гулямов, К.Р.Абдуллаева. Система поддержки принятия решений при оценки операторов тренажерно-обучающих комплексов // II Международная конференция «Перспективы инновационного метрологического обеспечения промышленности и его актуальные научно - практические проблемы». – Ташкент, 23-24 май, 2023. – С.161-165.
16. Н.Р.Юсупбеков, Ш.М.Гулямов, К.Р.Абдуллаева. Модельно-алгоритмическое обеспечении тренажерных комплексов для подготовки операторов химических производств // II Международная конференция «Перспективы инновационного метрологического обеспечения

промышленности и его актуальные научно - практические проблемы». – Ташкент, 23-24 май, 2023. –С.305-309.

17. Ю.Ш.Авазов, К.Р.Абдуллаева. Анализ эффективности применения интеллектуальных тренажеров в технологических производствах // Труды международного семинара «Вычислительные модели и технологии» (СМТ 2024), посвященном 90-летию профессора М.И.Исроилова. 27 апреля 2024 г. – С.217-218.
18. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. A method for training operators who controlling technological processes and assessing their knowledge // Proceedings of the XVIII international scientific and practical conference. “Development of science in the XXI century”. – Dortmund (Germany), December 26-27, 2024. –PP.1151-1153.
19. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. Rektifikatsiya texnologik jarayonini boshqarish tizimi uchun dasturiy ta'minot // O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma № DGU 28802, 03.11.2023 y.
20. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. Rektifikatsiya jarayonini boshqarishni o'rgatuvchi kompyuterli trenajor uchun dasturiy ta'minot // O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma № DGU 29147, 14.11.2023 y.
21. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. Intellektual kompyuter trenajori yordamida muhandis-operator xodimlarning bilim va ko'nikmalarini diagnostika qilish algoritmini dasturiy ta'minoti / O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma № DGU 53539, 08.07.2025y.
22. Yu.Sh.Avazov, K.R.Abdullaeva. Ajratish texnologik jarayonini boshqarish algoritmi uchun dasturlash ta'minoti / O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma № DGU 53686, 14.07.2025y.

Avtoreferat “Texnika fanlari va innovatsiya” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 29/25.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko‘chasi, 83-uy.