MUHANDISLIK
& IQTISODIYOT

*ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta’limga oid ilmiy-amaliy jurnal*

2026-YIL
SENTYABR / 9-SON, I-QISM

Milliy nashrlar

OAK: https://oak.uz/pages/4802

05.00.00 – Texnika fanlari
08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar

Google Scholar

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE

ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ФИЛИАЛ В Г. ТАШКЕНТЕ

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

TOSHKENT TO'QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT UNIVERSITETI

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, sentyabr.

Bosh muharrir:
Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:
Shakarov Zafar G'afforovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:
Abduraxmanov Kalandar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor
Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor
Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,
Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent
Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD
Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)
Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.
Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor
Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.
Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik, fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
05.01.07 – Matematik modellashtirish
05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
05.04.01 – Telekommunikasiya va kompyuter tizimlari, telekommunikasiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
08.00.02 – Makroiqtisodiyot
08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
08.00.06 – Ekonometrika va statistika
08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
08.00.11 – Marketing
08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
08.00.13 – Menejment
08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:
1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

MUNDARIJA

ASOSIY VOSITALARNING DASTLABKI QIYMATINI SHAKLLANTIRISHNING XALQARO STANDARTLAR ASOSIDAGI METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH 9
Nematova Dilnoza Azamatovna

TIJORAT BANKLARIDA MIJOZGA YO‘NALTIRILGAN BIZNES-JARAYONLARINI TRANSFORMATSIYA QILISHNING HOZIRGI HOLATI 15
Erdonayev Aliqul Xalimovich

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГОСТИНИЧНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ В УЗБЕКИСТАНЕ 23
Нигматова Сугдиена Жалолиддин кизи

SANOAT KORXONALARINING RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISHDA ZAMONAVIY MARKETING MEXANIZMLARIDAN FOYDALANISH 29
Bazarova Mamlakat Supiyevna

XORIJIY ILMIY STAJIROVKALARNI TASHKIL ETISH JARAYONLARINI RAQAMLASHTIRISHNING TIZIMLI TAHLILI VA KONSEPTUAL MODELI 33
Tojiyev S.A., Mashg‘ulotov J.A., Usmonov U.M.

HUDUDLAR IQTISODIYOTIDAGI NOMUTANOSIBLIKLARNI BARTARAF ETISHNING INSTITUTSIONAL VA IQTISODIY MEXANIZMLARI 44
Toshov Mirzabek Hakimovich

O‘ZBEKISTONDA YENGIL SANOAT KORXONALARINING EKSPORT SALOHIYATINI OSHIRISH 50
O‘rinova Umida Qodirjonovna

QISHLOQ XO‘JALIGIDA ULTRABINAFSHA C NURLANISH TEXNOLOGIYALARINING QO‘LLANILISHI: ZAMONAVIY HOLATI, SAMARADORLIGI VA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI 54
Ibroximov Sanjarbek, Nematov Nurillo, Xakimov Dilmurod

TEXNOGEN CHIQINDILAR ASOSIDA MNA-1 VA MNA-2 FAOL KIMYOVIY QO‘SHIMCHALARINI SINTEZ QILISH VA SEMENT XAMIRINING REOLOGIK KO‘RSATKICHLARINI BOSHQARISH 64
Muhamedov Nodir Abdug‘aniyevich

IKKI TOMONLAMA TA’MINLANADIGAN ASINXRON GENERATOR ASOSIDAGI SHAMOL ENERGETIKA TIZIMINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA VEKTORLI BOSHQARISHNI TADQIQ ETISH 69
To‘ychiyev Furqat, Rashidov Nuralibek, Abduxalilov Abdumannop

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ПУЛТРУЗИОННЫМ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫМ КАРКАСОМ И ДЕФОРМАЦИОННО-РАЗВЯЗНЫМИ 3D-ПЕЧАТНЫМИ СТЕНАМИ 80
Акбаров Дильшод, Акрамов Хуснитдин

LEGIRLANGAN SILIKAT SHISHADA ZEEBEK EFFEKTIGA MNO_2 TA’SIRI 90
Soliyev Muxammadyor, Tursunova Rushana

TIJORAT BANKLARI KREDITLASH AMALIYOTI SAMARADORLIGINI PROGNOZLASH 99
Eshboyev Shahobiddin Anorqul o‘g‘li

O‘ZBEKISTONDA ELEKTRON TIJORAT SUBYEKTLARINI SOLIQQA TORTISH TIZIMINI RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA TAKOMILLASHTIRISH YO‘NALISHLARI 107
Homidov Baxtiyor Rahimberdievich

UNIVERSITET INSON KAPITALINI SHAKLLANTIRISH EKOTIZIMI SIFATIDA: DUNYO VA O‘ZBEKISTONDA TA’LIM SIYOSATINING EVOLYUTSIYASI 114
Sabirov Alisher, Oqmullayev Ravshanjon

PUTUR YETKAZMASDAN TEKSHIRISH LABORATORIYALARINI AKKREDITATSIYALASHDA STANDARTLASHTIRISH TALABLARINING AHAMIYATI 122
Axmedov G‘ayratjon Maxmudjonovich

QURILISH SANOATI KORXONALARIDA KORPORATIV BOSHQARUV SAMARADORLIGINI BAHOLASHNING ZAMONAVIY USULLARI VA KO‘RSATKICHLAR TIZIMI 129
G‘iyosov Ilxom Karimovich
KORXONALARDA INNOVATSIYALARNI BOSHQARISH: G‘OYALARNI TIJORIYLASHTIRISHNING SAMARALI MEXANIZMLARI 137
Baymuradov Shoxrux, Dilmurodov Komiljon
DAVLAT BUDJETI BARQARORLIGI VA UNGA TA’SIR ETUVCHI OMILLAR KLASSIFIKATSIYASI 142
Gadoyeva Nilufar Erkinovna
KORXONALARDA EKSPORT SALOHIYATINI OSHIRISHDA INNOVATSION MARKETING TEXNOLOGIYALARIDAN SAMARALI FOYDALANISH 148
Ikramova Nasiba Axmadovna
TO‘G‘RIDAN-TO‘G‘RI XORIJIY INVESTITSIYALARNING MAMLAKAT IQTISODIY O‘SISHIGA TA’SIRI 153
Mizamova Umida Jamoliddin qizi
ERKIN IQTISODIY ZONALARNING ASOSIY RIVOJLANISH KO‘RSATKICHLARINI PROGNOZLASH VA PROGNOZ NATIJALARINI BAHOLASH (BUXORO VILOYATI MISOLIDA) 158
Ibragimov Aziz Turayevich
TAQSIMLANGAN IOT TIZIMLARIDA KECHIKISHGA SEZGIR VAZIFALARNI CHEKKA HISOBLASH (MEC) TUGUNLARIGA OPTIMAL YO‘NALTIRISH USULLARI 164
Xolmatov Numonjon Meliboyevich
ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ФИНАНСОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ НСФО 171
Джамбакиева Гулнора Сайфутдиновна
RESEARCHING METHODS FOR THE AUTOMATIC DETECTION OF OFFENSIVE LANGUAGE BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE 181
Fayzullaev Nurbek, Kuchkarov Muslimjon
MINTAQAVIY TRANSPORT TIZIMINI RIVOJLANTIRISH OMILLARI VA UNING SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI 186
Ikromov Elyor Ibodulloyevich
TUMANLAR SANOAT SALOHIYATINI INTEGRAL BAHOLASH ASOSIDA KICHIK SANOAT ZONALARINI JOYLASHTIRISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MODELI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA) 193
Yusupova Nigina Djurayevna
TURIZM SOHASI BARQAROR RIVOJLANISHINI DAVLAT TOMONIDAN TARTIBGA SOLISHNING TASHKILIY-IQTISODIY VA INSTITUTSIONAL MEXANIZMLARI SAMARADORLIGINI BAHOLASH 199
O‘sarov Abdulla Davronqulovich
TASHQI SAVDO JARAYONLARINI BOSHQARISHDA “INTEGRATSIYALASHGAN TARIF” INTERAKTIV XIZMATIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH 207
Muzaffarov Azimjon Ashraf o‘g‘li
“NAVOIY KMK” AJDA INNOVATSION FAOLIYATNI RIVOJLANTIRISH MEXANIZMINING TASHKILIY-IQTISODIY KOMPONENTLARI 212
Kurbanova Mehriniso, Masharipov Ma’sud
HUDUDIY ENERGETIKA TA’MINOTI TIZIMIDA IQTISODIY SAMARADORLIKNI OSHIRISHNING NEYRO-RAVSHAN EKONOMETRIK MODELLARI: QASHQADARYO VILOYATI ELEKTR ENERGETIKA TIZIMIDAN DALILLAR 219
Jo‘rayev Farrux Do‘stmirzayevich
BARQAROR IQTISODIY O‘SISHNI TA’MINLASHDA MOLIYAVIY AXBOROT VA BUXGALTERIYA HISOBI MEXANIZMLARI 224
Abdullayeva Sevaraxon Xasanovna
AUTSORSING XIZMATLARI RIVOJLANISHINING ZAMONAVIY TENDENSIYALARI VA UNGA TA’SIR ETUVCHI OMILLAR 232
Mirxonov Mirfoziljon Olimjon o‘g‘li

MAKROIQTISODIY KO'RSATKICHLAR TUSHUNCHASI VA ULARNING TASNIFI 237
Erdonova Maxfuza Mardonovna
KO'P QAVATLI BINOLARDA LIFT SHAXTASI KONSTRUKSIYASINING SEYSMIK VA DINAMIK YUKLARGA BIRGALIKDAGI TA'SIRINI TAHLIL QILISH 242
Boymirzayev Azizbek Asqarali o'g'li
ULTRATOVUSH DIAGNOSTIKA ROBOTI UCHUN AVTOMATIK GEL SIQISH TIZIMINI KONSTRUKTIV-TEXNOLOGIK LOYIHALASH VA VIRTUAL TAJRIBA ASOSIDA SAMARADORLIKNI BAHOLASH 249
Nodirbek Ruziyev, Zafar Botirovich Jurayev
SANOAT AVTOMATLASHTIRISH TIZIMLARINING ZAMONAVIY RIVOJLANISH YO'NALISHLARI VA ULARNING TAHLILI 255
Sayilxonov Xudoyor Narzullo o'g'li
SUV RESURSLARI CHEKLANGAN SHAROITDA HUDUDIY IXTISOSLASHUVNI TAKOMILLASHTIRISHNING USLUBIY ASOSLARI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA) 263
Sodiqova Nigora Turayevna

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

ULTRATOVUSH DIAGNOSTIKA ROBOTI UCHUN AVTOMATIK GEL SIQISH TIZIMINI KONSTRUKTIV-TEXNOLOGIK LOYIHALASH VA VIRTUAL TAJRIBA ASOSIDA SAMARADORLIKNI BAHOLASH

Nodirbek Ruziyev
Andijon davlat texnika instituti doktorant

Zafar Botirovich Jurayev
Andijon davlat texnika instituti professori

Annotatsiya: Maqolada ultratovush roboti uchun avtomatik gel siqish tizimining konstruksiyasi, matematik modeli va Python muhitida oʻtkazilgan virtual tajriba natijalari yoritilgan. Dozalash xatoligi ≤0,41%, takrorlanuvchanlik CV ≈ 0,25% ekanligi, muvofiqlashuvchan boshqaruv kontakt kuchini ±0,014 N da barqaror ushlashi aniqlandi. Tizim iqtisodiy jihatdan ham samarali: qoplanish muddati ≈ 7 oy.

Kalit soʻzlar: avtomatik gel siqish, ultratovush roboti, muvofiqlashuvchan boshqaruv, virtual tajriba, Monte-Karlo simulyatsiyasi.

Аннотация. В статье представлена конструкция автоматической системы подачи геля для ультразвукового робота, её математическая модель и результаты виртуального эксперимента в среде Python. Погрешность дозирования ≤0,41%, коэффициент повторяемости CV≈0,25%, податливое управление удерживает контактную силу в пределах ±0,014 Н. Система экономически эффективна: срок окупаемости ≈7 месяцев.

Ключевые слова: автоматическая подача геля, ультразвуковой робот, податливое управление, виртуальный эксперимент, симуляция Монте-Карло.

Abstract: This paper presents the design of an automatic gel-dispensing system for an ultrasound robot, its mathematical model, and virtual experiment results obtained in Python. Dosing error was ≤0.41%, repeatability CV≈0.25%, and compliant control kept contact force stable within ±0.014 N. The system is also economically efficient, with a payback period of about 7 months.

Keywords: automatic gel dispensing, ultrasound robot, compliant control, virtual experiment, Monte-Carlo simulation.

KIRISH

Ultratovush diagnostikasi tibbiyotda keng qoʻllaniladigan, xavfsiz va real vaqtli tekshiruv usuli boʻlib, uning sifati koʻp jihatdan operatorning tajribasi va qoʻl harakatining barqarorligiga bogʻliq. Shu sababli robotlashtirilgan ultratovush tizimlari (RUT) soʻnggi yillarda faol rivojlanmoqda, biroq koʻpchilik mavjud tizimlarda gel surtish jarayoni hamon qoʻlda bajariladi, bu esa robotning toʻliq avtonomligiga toʻsqinlik qiladi.

Tadqiqot obyekti — ultratovush diagnostika robotiga oʻrnatiladigan avtomatik gel siqish tizimi. Tadqiqot predmeti — ushbu tizimning konstruktiv-texnologik parametrlari, matematik modeli va ularning dozalash aniqligi hamda zond-teri kontakt kuchi barqarorligiga taʼsiri. Tadqiqotning maqsadi — tizimning konstruksiyasini ishlab chiqish, matematik modelini tuzish va virtual tajriba orqali uning samaradorligini asoslashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qoʻyildi: 1) mexanizmning tuzilmaviy sxemasini ishlab chiqish; 2) gel siqish va zond-teri kontakt dinamikasining matematik modelini tuzish; 3) tizimni robot boshqaruv kompleksi bilan integratsiyalash; 4) Python muhitida virtual tajriba oʻtkazib, dozalash aniqligi va kontakt kuchi barqarorligini baholash; 5) tizimning texnik-iqtisodiy samaradorligini asoslash.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

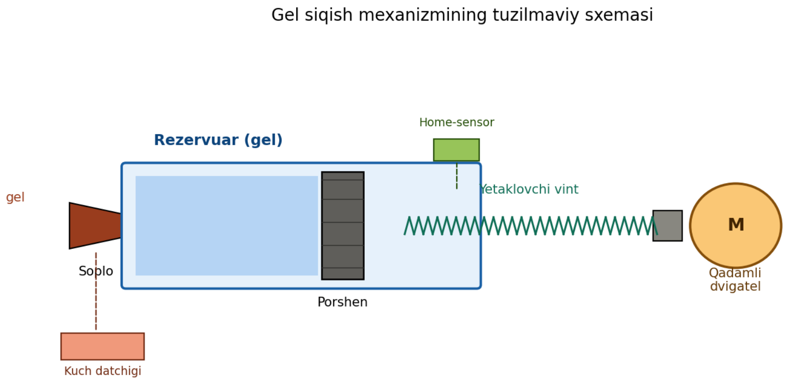
Robotlashtirilgan ultratovush tizimlarida kuch boshqaruvi masalasi keng oʻrganilgan: Xogan [1] impedans boshqaruv nazariyasini, Seraji [2] esa moslashuvchan admittans boshqaruvni asoslab bergan — bu ikkala yondashuv ham zamonaviy robotli tizimlarda kuchni muvofiqlashtirishning nazariy negizini tashkil etadi. Koʻplab tadqiqotchilar [6–9] ushbu nazariyalarni amaliyotga tatbiq etib, robot-zond va bemor toʻqimasi orasidagi kontakt kuchini barqarorlashtirishga qaratilgan turli usullarni (impedans, admittans, gibrid pozitsiya-kuch boshqaruvi) taklif qilishgan.

Gelni avtomatik yetkazish muammosi boʻyicha esa nisbatan kam sonli, ammo faol oʻsib borayotgan ishlar mavjud. Osburg va Ernst [3] 7 erkinlik darajali manipulyatorning nol-fazosidan foydalangan holda push-mexanizmli gel yetkazish tizimini taklif qilishgan. Raina va boshqalar [4] chuqur oʻrganish asosida gel mavjudligini aniqlovchi va chiziqli aktuator bilan boshqariladigan avtonom dozatorni ishlab chiqishgan. Fillipen va boshqalar [5] esa silikon halqa va soplo asosidagi ikkita muqobil gel qoʻllash konsepsiyasini taqqoslashgan.

Koʻrib chiqilgan ishlarning aksariyati gelni faqat «yetkazish» masalasiga eʼtibor qaratgan, ammo dozalash jarayonini zond-teri kontaktining muvofiqlashuvchan boshqaruvi bilan birgalikda, yagona matematik model va yagona virtual tajriba doirasida tahlil qilish kam uchraydi. Ushbu maqolada taklif etilayotgan yondashuvning farqi — ikkala jarayonni (gel dozalash va kontakt kuchini boshqarish) bitta konstruktiv-matematik model va bitta virtual tajriba metodologiyasi asosida birgalikda baholashdadir, bu esa amaliy nuqtai nazardan (bemor xavfsizligi va tasvir sifati) muhim ustunlik hisoblanadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda konstruktiv loyihalash, matematik modellashtirish va sonli (virtual) eksperiment usullaridan kompleks tarzda foydalanildi. Avval mexanizmning tuzilmaviy sxemasi ishlab chiqildi, soʻng gel siqish dinamikasi massa-dempfer modeli (1-formula), zond-teri kontakt dinamikasi esa prujina-dempfer modeli (2-formula) orqali tavsiflandi. Modellar Python dasturlash muhitida (NumPy/SciPy kutubxonalari) sonli integrallandi: gel siqish dinamikasi Eyler usulida ($\Delta t = 5 \cdot 10^{-5}$ s), kontakt dinamikasi esa toʻrtinchi tartibli Runge-Kutta (RK4) usulida ($\Delta t = 10^{-3}$ s) (1-rasm).



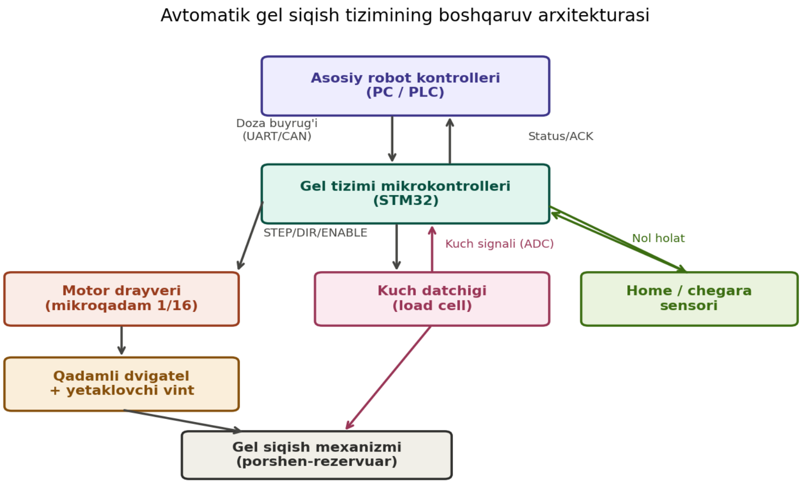
1-rasm. Gel siqish mexanizmining tuzilmaviy sxemasi[1]

$$m \cdot (dv/dt) = F - b \cdot v, \quad b = R \cdot A_p^2 \qquad \text{(1-formula)}$$

$$m \cdot \ddot{x} = F_0 - c \cdot (\dot{x} - \dot{y}) - k \cdot (X - y), \qquad y(t) = A \cdot \sin(2\pi f t) \qquad \text{(2-formula)}$$

Dozalash takrorlanuvchanligini baholash uchun 10 martalik Monte-Karlo virtual sinovi qoʻllanildi, unda gel qovushqoqligining ±3% tasodifiy tebranishi, vint-gayka birikmasidagi lyuft ($\sigma \approx 0{,}008$ ml) va zichlagichdagi sizib chiqish taʼsiri ($\sigma \approx 0{,}010$ ml) modellashtirildi. Kontakt kuchi barqarorligini baholash uchun esa ikki stsenariy (qattiq ushlash va muvofiqlashuvchan boshqaruv) 60 soniyalik (≈ 15 nafas sikli) jarayon davomida taqqoslandi. Tizimning robot boshqaruv kompleksi bilan integratsiya arxitekturasi 2-rasmda keltirilgan (2-rasm).

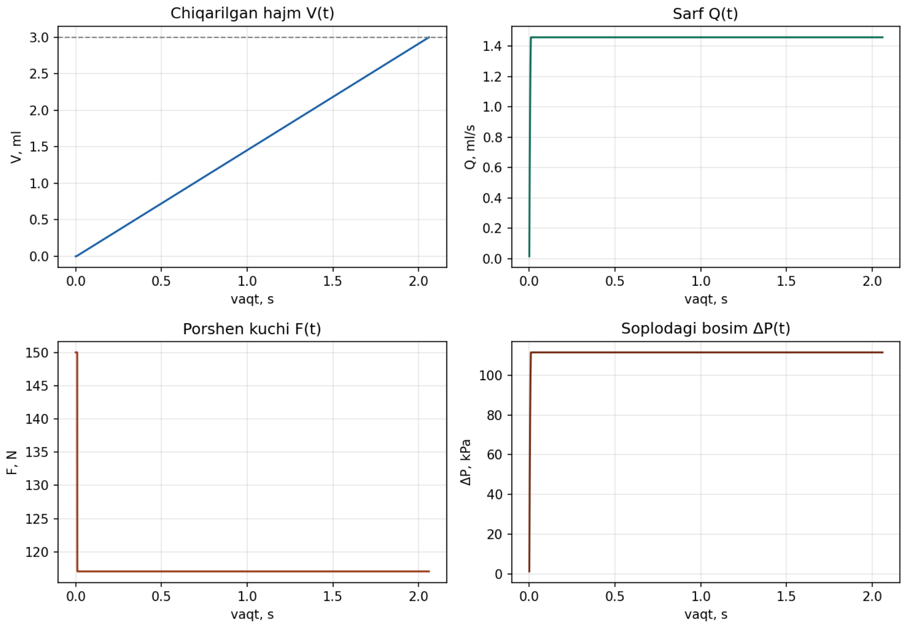
1 Manba: Muallif ishlanmasi.



2-rasm. Avtomatik gel siqish tizimining boshqaruv arxitekturasi[2]

TAHLIL VA NATIJALAR

Nominal parametrlar bilan o‘tkazilgan virtual sinovda 3 ml dozani chiqarish uchun 2,059 soniya vaqt ketdi. Jarayon davomida hisoblangan V(t), Q(t), F(t) va ΔP(t) grafiklari 3-rasmda keltirilgan (3-rasm).



3-rasm. Gel siqish jarayonining dinamik ko‘rsatkichlari[3]

Model parametrlari 1-jadvalda keltirilgan (1-jadval).

1-jadval. Gel siqish modelining parametrlari[4]

Parametr	Belgi	Qiymat	Birlik
Porshen kesim yuzasi	A_p	$1{,}05 \cdot 10^{-3}$	m^2
Soplo gidravlik qarshiligi	R	$7{,}64 \cdot 10^{10}$	$Pa \cdot s/m^3$
Gel qovushqoq koeffitsiyenti	b	$8{,}42 \cdot 10^{4}$	$N \cdot s/m$

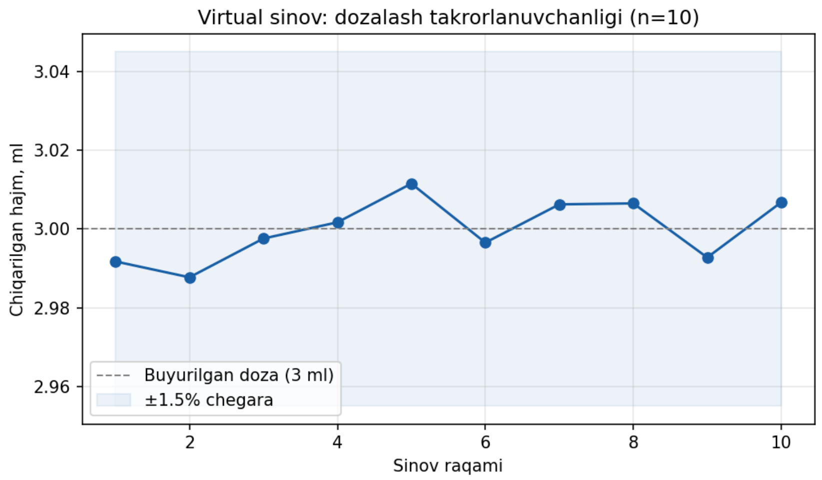
2 Manba: Muallif ishlanmasi.
3 Manba: Muallif ishlanmasi.
4 Manba: Muallif ishlanmasi.

Keltirilgan effektiv massa	m	500	kg
Maksimal kuch (chegara)	Fmax	150	N
Buyurilgan doza	V_ref	3	ml
Maqsadli sarf	Q	1,5	ml/s

10 martalik Monte-Karlo virtual sinovi natijalari 2-jadval va 4-rasmda keltirilgan (2-jadval; 4-rasm).

2-jadval. Dozalash aniqligi va takrorlanuvchanligi (n=10)[5]

№	O‘lchangan hajm, ml	**Vaqt, s**	**Xatolik, %**
1	2,9917	2,061	0,28
2	2,9877	2,057	0,41
3	2,9976	2,059	0,08
4	3,0017	2,061	0,06
5	3,0115	2,060	0,38
6	2,9965	2,058	0,12
7	3,0062	2,059	0,21
8	3,0065	2,059	0,22
9	2,9928	2,060	0,24
10	3,0068	2,060	0,23
O‘rtacha	**2,9999**	**2,059**	**0,22**



4-rasm. Dozalash takrorlanuvchanligining taqsimoti[6]

O‘rtacha chiqarilgan hajm 2,9999 ml, maksimal xatolik 0,41% bo‘lib, bu ≤1,5% chegarasidan sezilarli darajada past — tizim yuqori takrorlanuvchanlikka ega ekanligini tasdiqlaydi.

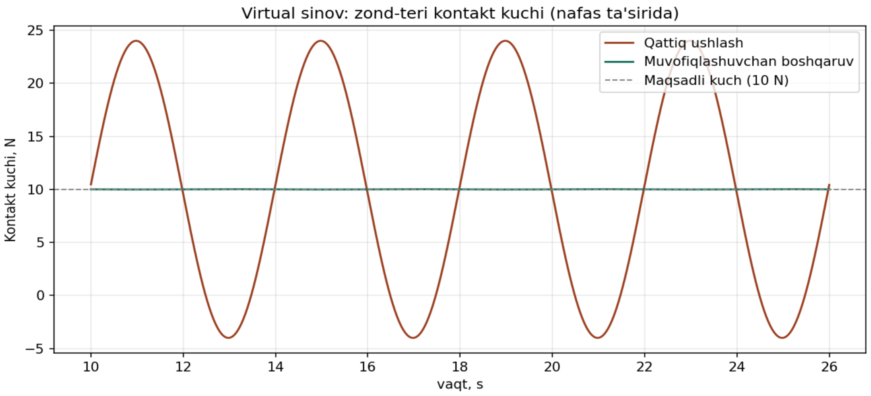
Qattiq ushlash va muvofiqlashuvchan boshqaruv stsenariylarini solishtirish natijalari 3-jadval va 5-rasmda keltirilgan (3-jadval; 5-rasm).

3-jadval. Zond-teri kontakt kuchi ko‘rsatkichlari[7]

Ko‘rsatkich	Qattiq ushlash	Muvofiqlashuvchan
O‘rtacha kontakt kuchi	10,31 N	10,00 N
Standart chetlanish σ	9,90 N	0,010 N
Tebranish diapazoni	±14,01 N	±0,014 N

5 Manba: Muallif ishlanmasi.
6 Manba: Muallif ishlanmasi.
7 Manba: Muallif ishlanmasi.

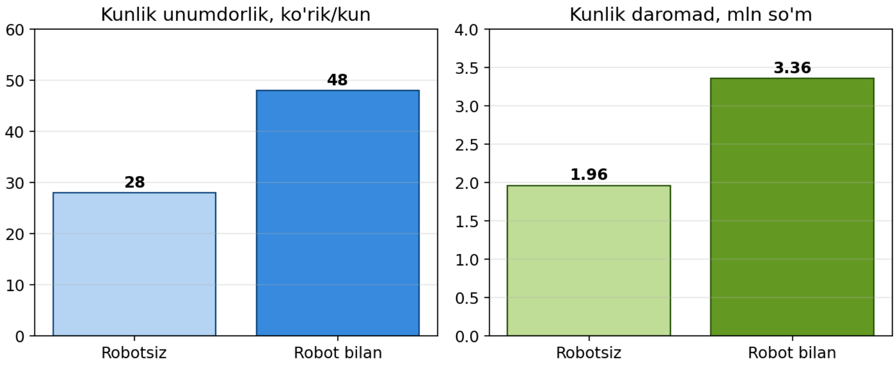
Zonddan uzilish (Fc<0)	Kuzatildi	Kuzatilmadi



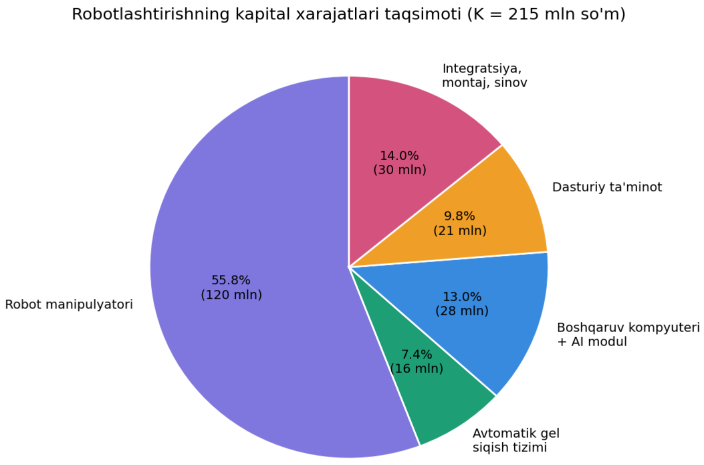
5-rasm. Kontakt kuchining nafas ta'siridagi o'zgarishi[8]

Zond qattiq ushlanganda kontakt kuchi ±14,0 N atrofida tebranib, davriy ravishda zonddan uziladi. Muvofiqlashuvchan boshqaruvda esa kuch ±0,014 N chegarasida barqaror saqlanadi — bu bemor xavfsizligi va tasvir sifati talablariga to'liq javob beradi.

Robotsiz rejimda kunlik unumdorlik 28 ta ko'rikni tashkil etsa, avtomatik tizim joriy etilganda bu ko'rsatkich 48 taga oshadi, yiliga qo'shimcha 420 mln so'm daromad beradi. Kapital xarajatlarning taqsimoti 7-rasmda, iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari esa 4-jadvalda keltirilgan (6,7-rasmlar; 4-jadval).



6-rasm. Kunlik unumdorlik va daromadga ta'siri[9]



8 Manba: Muallif ishlanmasi.
9 Manba: Muallif ishlanmasi.

7-rasm. Kapital xarajatlar taqsimoti[10]

4-jadval. Iqtisodiy samaradorlikning asosiy ko'rsatkichlari[11]

Ko'rsatkich	Belgi	Qiymat
Qo'shimcha kapital sarmoya	K	215 mln so'm
Sof yillik iqtisodiy samara	E	369 mln so'm
Qoplanish muddati	T	≈0,6 yil (7 oy)
Samaradorlik koeffitsiyenti	Er	1,72

XULOSA VA TAKLIFLAR

O'tkazilgan tadqiqot natijasida ultratovush diagnostika roboti uchun avtomatik gel siqish tizimining porshen-vintli konstruksiyasi ishlab chiqildi va uning matematik modeli tuzildi. Python muhitida o'tkazilgan virtual tajriba tizimning yuqori dozalash aniqligini (xatolik ≤0,41%), yuqori takrorlanuvchanligini (CV ≈ 0,25%) va zond-teri kontaktining muvofiqlashuvchan boshqaruv ostidagi barqarorligini (±0,014 N) miqdoriy tasdiqladi. Tizim iqtisodiy jihatdan ham samarali: qoplanish muddati ≈ 7 oy, samaradorlik koeffitsiyenti 1,72.

Olingan natijalarga asoslanib, quyidagi takliflar ilgari suriladi: birinchidan, ishlab chiqilgan konstruktiv yechim asosida jismoniy prototip yasalishi va uni klinik simulyatsiya sharoitida sinovdan o'tkazish tavsiya etiladi; ikkinchidan, gel qovushqoqligining harorat bo'yicha o'zgarishini real vaqtda kompensatsiya qiluvchi qo'shimcha nazorat konturini joriy etish maqsadga muvofiq; uchinchidan, tizimni turli probalar va bemor turlariga moslashtirish uchun dozalash parametrlarini avtomatik sozlovchi adaptiv algoritm ishlab chiqish tavsiya etiladi; to'rtinchidan, tizimni sanoat korxonalarida seriyali ishlab chiqarishga tayyorlash maqsadida ishonchlilik va resurs sinovlarini kengaytirilgan hajmda o'tkazish lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Hogan N. Impedance control: An approach to manipulation // Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. — 1985.

2. Seraji H. Adaptive admittance control: an approach to explicit force control in compliant motion // Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). — 1994.

3. Osburg J., Ernst F. Nullspace control for automatic ultrasound gel supply // Current Directions in Biomedical Engineering. — 2024. — Vol. 10, No. 2. — P. 45–48.

4. Raina D., Zhao Z., Voyles R., Wachs J., Saha S.K., Chandrashekhara S.H. UltraGelBot: Autonomous gel dispenser for robotic ultrasound // 16th Hamlyn Symposium on Medical Robotics (HSMR). — 2024.

5. Phlippen L., Nolting C., Nguyen H.U., Manderfeld M., Radermacher K. Automatic contact gel application for robotic ultrasound scanning systems // Helmholtz-Institute for Biomedical Engineering, RWTH Aachen University.

6. Tele-operated robotic ultrasound system for medical diagnosis // Biomedical Signal Processing and Control. — 2021.

7. An ultrasound robotic system using the commercial robot UR5 // Frontiers in Robotics and AI. — 2016.

8. Design of a cost-effective ultrasound force sensor and force control system for robotic extra-body ultrasound imaging // PMC. — 2025.

9. Robotic ultrasound scanning end-effector with adjustable constant contact force // PMC. — 2025.

10 Manba: Muallif ishlanmasi.
11 Manba: Muallif ishlanmasi.

muhandislik
& iqtisodiyot
ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta’limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov
Musahhih: Zokir Alibekov
Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 9

© Materiallar ko‘chirib bosilganda “Muhandislik va iqtisodiyot” jurnali manba sifatida ko‘rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma’sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

“Muhandislik va iqtisodiyot” jurnali 26.06.2023-yildan
O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S–5669245 reyestr raqami tartibi bo‘yicha ro‘yxatdan o‘tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy

+998 93 718 40 07
https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal
t.me/yait_2100