

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

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

SHOMIRZAYEV BOBIR URINBAYEVICH

**GAZNI YER OSTIDA SAQLASH STANSIYALARI TEXNOLOGIK
PARAMETRLARINI MONITORINGI VA BOSHQARUVINI
AVTOMATLASHTIRISH**

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

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

Toshkent– 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Shomirzayev Bobir Urinbayevich

Gazni yer ostida saqlash stansiyalari texnologik parametrlarini monitoringi va boshqaruvini avtomatlashtirish..... 3

Шомирзаев Бобир Уринбаевич

Автоматизация мониторинга и управления технологических параметров станции подземного хранения газа..... 21

Shomirzaev Bobir Urinbaevich

Automation of monitoring and control of technological parameters of an underground gas storage station..... 39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 42

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

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

SHOMIRZAYEV BOBIR URINBAYEVICH

**GAZNI YER OSTIDA SAQLASH STANSIYALARI TEXNOLOGIK
PARAMETRLARINI MONITORINGI VA BOSHQARUVINI
AVTOMATLASHTIRISH**

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

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

Toshkent– 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.3.PhD/T713 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Siddikov Isomiddin Xakimovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Ismailov Mirxalil Agzamovich
texnika fanlari doktori, professor

Avazov Yusuf Shodiyevich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Buxoro muhandislik-texnologiya instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat texnika universiteti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.T.03.02 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil « 7 » 12 soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100095, Toshkent shahri, Universitet ko'chasi, 2. Tel.: (99871) 246-46-00; faks: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat texnika universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (312 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100095, Toshkent shahri, Universitet ko'chasi, 2. Tel.: (99871) 207-14-70).

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil « 21 » 11 kuni tarqatildi.
(2023 yil « 6 » 10 dagi 21 raqamli reyestr bayonnomasi).



N.R.Yusupbekov
Ilmiy darajalar beruvchi
* ilmiy kengash raisi,
t.f.d., professor, akademik

U.F.Mamirov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash ilmiy kotibi,
t.f.d., dotsent

X.Z.Igamberdiyev
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi,
t.f.d., professor, akademik

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda soʻnggi paytlarda gaz sanoatida, xususan, gazni yer osti omborlarida saqlash va transportirovka qilish jarayonida mavjud texnologiyalarni takomillashtirish, texnologik agregatlarning ishlab chiqarish samaradorligi va quvvatini oshirish boʻyicha izlanishlar jadal olib borilmoqda. Ushbu va boshqa sohalarni jadal rivojlantirishda eng dolzarb vazifalardan biri real texnologik obyektlarni boshqarish uchun zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish boʻlib, bu boshqarish jarayonlarining sifatini yaxshilash va kam energiya va resurs sarflari bilan samaradorlikni oshirish imkonini beradi. Xususan yer osti gaz omborlaridan foydalanishda yuzaga keladigan turli noaniqliklarni hisobga olish imkonini beruvchi hamda zamonaviy axborot texnologiyalari yutuqlariga asoslangan holda intellektual boshqarish tizimlarini tashkil etish ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi.

Jahonda maʼlumotlar noaniqligi sharoitida yer osti gaz ombori texnologik jarayonlarini intellektual texnologiyalari usullari asosida boshqarish tizimini yaratishning nazariy muammolarini hal qilishga va ularning turli sohalarda amaliy qoʻllanilishiga katta eʼtibor qaratilmoqda. Turli tasodifiylik va noaniqlik sharoitida texnologik jarayonlarni boshqarishda noqatʼiy mantiqqa asoslangan intellektual texnologiyalardan foydalanish dagʻal va moslashuvchan boshqarishning keng koʻlamli muammolarini hal qilishni taʼminlaydi. Ushbu yoʻnalishda AQSh, Germaniya, Xitoy, Rossiya, Ukraina kabi dunyoning yetakchi mamlakatlarida maʼlum yutuqlarga erishildi.

Hozirgi vaqtda Oʻzbekiston Respublikasida texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish sohasiga, shu jumladan gazni yer osti omborlarida saqlash va transportirovka qilish jarayonlarini avtomatlashtirish va boshqarishda energiya va resurslarni tejashni taʼminlaydigan ilgʻor boshqarish tizimlarini yaratishga katta eʼtibor berilmoqda. 2022-2026-yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «Sanoat tarmoqlarida yoʻqotishlarni kamaytirish va resurslarni ishlatish samaradorligini oshirish boʻyicha ..., zamonaviy energiya tejamkor texnologiyalar, asbob-uskunalar va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etish, qayta tiklanuvchi energiya manbalari qurilmalarini ishlab chiqarish va energiya samaradorlikni oshirish boʻyicha loyihalarni moliyalashtirish»¹ vazifalari belgilangan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish uchun gazni transportirovka qilishning texnologik jarayonlarini yuqori samarali intellektual boshqarish tizimlarini sintez qilish va amalga oshirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 09-iyuldagi PQ-4388-sonli «Iqtisodiyot va aholini energiya manbalari bilan barqaror taʼminlash, moliyaviy sogʻlomlashtirish va neft-gaz sanoatini boshqarish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari toʻgʻrisida», 2020-yil 10-iyuldagi PQ-4779-son «Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot

¹ Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026-yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasi toʻgʻrisida»gi Farmoni

tarmoqlarining yoqilg'i energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlari to'g'risida» Qarorlari va 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son «2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni 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 rivojlanishi-ning ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining III. «Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Murakkab texnologik jarayonlarni boshqarish masalalarini ishlab chiqish bilan bog'liq ilmiy-texnik nashrlar tahlili ushbu sohada ma'lum darajada nazariy va amaliy natijalarga erishilganligidan dalolat beradi. Bu borada jahonning yetakchi ilmiy markazlari hamda oliy ta'lim muassasalari, jumladan, "Honeywell", SIMSCI-Simulation va University of California, Massachusetts Technology instituti (AQSh), University of Chemical Technology in Prague (Chexiya), "Siemens" va University of Münster (Germaniya), Osaka University va Tokyo Institute of Technology (Yaponiya), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Janubiy Koreya), Imperial College London (Buyuk Britaniya), "Alstom" (Fransiya), Rossiya kimyo-texnologiya Universiteti (Rossiya), Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Murakkab texnologik jarayonlarni nazorat qilish va boshqarishning intellektuallashtirish masalalarini ishlab chiqishga xorijiy olimlar, jumladan R.A.Aliyev², V.V.Kafarov³, V.P.Meshalkin⁴ va boshqalar hamda intellektual texnologiyalar asosida bu jarayonlarni boshqarish tizimlarini yaratish va takomillashtirish bo'yicha ilmiy muammolarni yechishga mamlakatimiz olimlaridan T.F.Bekmuratov⁵, N.R.Yusupbekov⁶, Sh.M.Gulyamov⁷, X.Z.Igamberdiyev⁸, I.X.Siddikov⁹ va boshqalar o'zlarining katta xissalarini qo'shganlar.

Gaz va gaz kondensatini saqlash, transportirovka qilish va tayyorlash texnologiyalarining doimiy murakkablashuvi zamonaviy axborot texnologiyalari va texnik vositalar yutuqlaridan foydalanib noaniqlik sharoitida texnologik jarayonlarni boshqarishning yuqori samarali usullari va algoritmlarini ishlab chiqishni talab qiladi. Shu jihatdan, texnologik yechimlarni sifat jihatidan yangi

² Алиев Р.А., Алиев Р.Р. Теория интеллектуальных систем. -Баку: Чашыюглы, 2001. -720 с.

³ Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.

⁴ Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. - М.: Химия, 1991. -432 с.

⁵ Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы информатики и энергетики. Ташкент. №4. – 2003.– с.24-35.

⁶ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков Н.А. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. -Тошкент. Ўзбекистон миллий энциклопедияси. – 2014. – С.490.

⁷ Gulyamov Sh.M. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information// Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018.– pp.128-131

⁸ Igamberdiyev X.Z. Regularized algorithms of adaptive assessment of state of control objects with parametric perturbation account//Chemical Technology, Control and Management. Volume – 2018. Issue 2. – pp.47-52.

⁹Сиддиков И.Х. Моделирование и анализ качества нечеткой системы управления электрприводом // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, – №3. – 2014, – С.39-42.

darajada tahlil qilish, gaz va gaz kondensatini ishlab chiqarish, saqlash va tashish qurilmalarining asosiy ishlash ko'rsatkichlarini bashorat qilish imkonini beradigan gazni tayyorlash va gaz kondensatini transportirovka qilish bo'yicha kompyuterli texnologik boshqarish tizimini ishlab chiqish zarur hisoblanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalarini bilan bog'liqligi.

Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejalarining OT-F4-78 – «Dinamik obyektlarning adaptiv boshqarish tizimlarini identifikatsion yondashuv asosida sintezlashning nazariy asoslari va muntazam usullarini ishlab chiqish» (2017-2020) mavzusidagi loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi gaz ombori texnologik jarayonlarini boshqarish tizimini intellektual texnologiya usullari asosida takomillashtirish.

Tadqiqotning vazifalari:

tabiiy gazni saqlash va transportirovka qilishning texnologik jarayonlarini boshqarish muammosini tizimli tahlil qilish;

gazni saqlash va transportirovka qilishning boshqarish jarayonini noqat'iy modellarini ishlab chiqish;

gazni transportirovka qilish texnologik jarayonlarini noqat'iy boshqarish algoritmlarini ishlab chiqish;

gazni transportirovka qilish jarayonining noqat'iy avtomatik rostdash tizimini sintezlash.

Tadqiqot obyekti sifatida tabiiy gazni yer ostida saqlash jarayonini boshqarish tizimlari olingan.

Tadqiqotning predmeti dinamik obyektlarni boshqarish jarayonlarini intellektuallashtirish usullari, modellari va algoritmlaridan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishida qo'yilgan vazifalarni hal qilish uchun zamonaviy avtomatik boshqarish nazariyasi, imitatsion modellashtirish nazariyasi, tizimli tahlil qilish usullari, intellektual boshqarish nazariyasi, ehtimollik nazariyasi usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

turli tasodifiylik va noaniqlik sharoitida jarayonning xususiyatlarini to'liqroq ochib berish va uning asosida boshqarish tizimini yaratish imkonini beruvchi yer osti gaz omborlari texnologik jarayonlarining noqat'iy mantiq modeli ishlab chiqilgan;

gazni transportirovka qilish jarayoniga ta'sir etuvchi faktorlarning qisman tasodifiyligini hamda obyektning dinamik xususiyatlarini hisobga olgan holda boshqarish tizimini yuqori sifat ko'rsatkichlarini ta'minlash imkonini beradigan noqat'iy rostlagichni adaptiv sozlash algoritmi ishlab chiqilgan;

yer osti gaz omborlarida saqlanayotgan gazni transportirovka qilish jarayoni samaradorligi va yuqori aniqligini ta'minlash imkonini beruvchi noqat'iy boshqarish tizimini sintezlash algoritmi ishlab chiqilgan;

gaz quvuri bosimi va sarfini keng diapazonda o'zgarishi va noaniqligi sharoitida texnologik talablarni hisobga olgan holda boshqarish jarayonini stabillash

imkonini beruvchi noqat'iy PID-rostlagichli boshqarish tizimi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagicha:

gazni transportirovka qilish texnologik parametrlarini mikrokontrollerli boshqarish tizimi ishlab chiqilgan;

er osti gaz omboridagi gazni transportirovka qilish texnologik jarayonini noqat'iy boshqarish va avtomatlashtirishning funksional sxemasi ishlab chiqilgan;

gazni transportirovka qilish texnologik rejimlarini barqarorlash hamda ularning ishlash samaradorligini oshirish imkonini beradigan noqat'iy boshqarish tizimini tadqiq qilishning imitatsion modeli ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi noqat'iy to'plamlar va mantiq nazariyasi asosida dinamik obyektlarni intellektual nazorat qilishning nazariy jihatdan mavjud tushunchalarini qo'llash, shuningdek, matematik vositalar, ilmiy eksperimental tadqiqotlar va mavjud tizimlarni sinash natijalari va ularning o'zaro izchilligidan to'g'ri foydalanish bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ishlab chiqarish holatlari noaniqlik va tasodifiylik sharoitida intellektual texnologiyalar asosida dinamik obyektlar parametrlarini boshqarish tizimlarining barqaror va konstruktiv modellari va algoritmlari ishlab chiqilgan bo'lib, bu uzluksiz-diskret xarakterdagi texnologik obyektlarni boshqarish jarayonlarini intellektuallashtirish muammolarini hal qilishi bilan izohlanadi.

Ish natijalarining amaliy ahamiyati kirish ta'sirining noaniqligi, boshqarish obyekti holati to'g'risidagi ma'lumotlarning to'liq emasligi sharoitida dinamik obyektlarni nazorat qilish va boshqarish masalalarini intellektuallashtirishning matematik va algoritmik ta'minoti ishlab chiqilganligi va ular asosida boshqarish funksional strukturalarini qurishda keng qo'llanilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Gazni saqlash va transportirovka qilish jarayonini ishlab chiqilgan modellari va algoritmlari asosida yaratilgan adaptiv-noqat'iy boshqarish tizimini amaliyotga qo'llash natijasida:

gazni transportirovka qilish tizimini takomillashtirish imkonini beruvchi gazni transportirovka qilish jarayonining noqat'iy boshqarish tizimi Xo'jaobod gazni yer ostida saqlash inshootida joriy qilindi ("O'ztransgaz" AK ma'lumotnomasi №01-29/5435-son 2022 yil 14 noyabr). Natijada gaz bosimi va sarfini rostlash vaqti qisqardi;

mikrokontroller asosida gaz quvuridagi bosimni barqarorlashtirishni noqat'iy rostlash tizimi Xo'jaobod gazni yer ostida saqlash inshootida tatbiq etildi ("O'ztransgaz" AK ning 2022 yil 14 noyabrdagi №01-29/5435-sonli ma'lumotnomasi). Natijada gaz quvuridagi bosimni barqarorlashtirishga va qayta rostlashni 15% ga qisqartirishga erishildi;

yer osti gaz omborida gazni transportirovka qilishning texnologik parametrlarini avtomatlashtirilgan monitoring va boshqarish tizimi ("O'ztransgaz" AK ning 2022 yil 14 noyabrdagi №01-29/5435-sonli ma'lumotnomasi) Xo'jaobod gazni yer ostida saqlash inshootida tatbiq etildi. Natijada, gazni transportirovka qilishni boshqarish jarayonining parametrlarini operativ nazorat qilish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi. Tadqiqot natijalari 6 ta konferensiyalarda, shu jumladan 5 ta xalqaro va 1 ta respublika ilmiy-amaliy anjumunlarida e'lon qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ishlar chop etildi, shulardan 5 tasi O'zbekiston Respublikasi Oliy attetatsiya komissiyasining tavsiya etgan jurnallarida, jumladan, 2 tasi xorijiy maqola, shuningdek EHM lar uchun dasturiy mahsulotlarga O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligidan ro'yxatdan o'tgan 2 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 108 betni tashkil etadi.

DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **Murakkab dinamik obyektlarni tizimli tahlili va boshqarish masalalari** nomli birinchi bobida turli xil noaniqliklar ostida ishlovchi dinamik obyektlar uchun intellektual boshqaruv tizimlarini qurish nazariyasi va amaliyotining hozirgi holati tahlil qilingan. Dinamik obyektlarni boshqarish jarayonida noaniqliklarning yuzaga kelishining asosiy sabablari aniqlangan.

Bugungi kunda boshqaruv obyektlari murakkab, ko'p o'lchamli nochiziqli boshqaruv tizimlari hisoblanadi. Ular maxsus foydalanish tavsiflari va tashqi muhit ta'sirini hisobga olgan holda bashorat qilish qobiliyati bilan bajariladigan amallar ketma-ketligini rejalashtirish uchun talab qilinadigan ishlashni va keng funksiyalarni ta'minlashni shakllantirish, shuningdek, uning hozirgi holatlarini faol ravishda moslashtirish maxsus, nostandart usullarni talab qiladi. Ana shu talablardan kelib chiqqan holda intellektual boshqarishning instrumental vosita va usullarini ishlab chiqish zarur.

Jadal rivojlanayotgan zamonaviy axborot jamiyati ulkan ma'lumotlar oqimlarini qayta ishlash va tahlil qilish asosida real dinamik tizimlarni boshqarish oldida dolzarb vazifa turibdi. Tizimdagi mavjud omillarning noaniqligi va dinamik xarakteri dinamik tizimlar xatti-harakatini bashoratlashni sezilarli darajada murakkablashtiradi, shunga ko'ra boshqarish muammosini hal qilish murakkablashadi.

Intellektual avtomatik boshqarish tizimlarini yaratish uchun fan va texnikaning turli sohalarida qo'llaniladigan ko'plab modellar va algoritmlar mavjud. Ulardan neyron tarmoqlari, noqat'iy tizimlar, ekspert boshqarish tizimlari, genetik algoritmlar, ma'lumotlarni vizualizatsiya qilish, qaror daraxtlari eng keng

tarqalganidir.

Tizimli tahlil asosida, noaniq omillar mavjudligida dinamik obyektlarni boshqarish modellari va algoritmlarini yaratish boshqaruv nazariyasining klassik usullari uchun juda murakkab va g'ayrioddiy ekanligi aniqlandi, ularning yechimi zamonaviy axborot texnologiyalari yutuqlarini rivojlantirishni hisobga olgan holda yangi usullarni ishlab chiqishni va ma'lum usullarni o'zgartirishni talab qiladi. Buning sababi shundaki, adaptiv va robastli boshqaruv tizimlari sinfidagi bunday tizimlarni o'rganishning an'anaviy usullari boshqaruv obyekti tuzilishi va ta'sirlarni baholash usuli tufayli qiyinchiliklarga duch keladi.

Formal taqdimot usullarini tahlil qilish, modellashtirish va tizimning ishlash rejimlariga ta'sir etuvchi noaniqlik sharoitida ishlaydigan boshqaruv tizimlarining dinamikasini taxlil qilish shuni ko'rsatadiki, dinamik obyektlarni boshqarish jarayonlarni intellektuallashtirish uchun bazaviy asos bo'lgan noqat'iy mantiq nazariyasi va avtomatik boshqarish nazariyasini o'z ichiga olgan gibril usullarini qo'llash eng monand vazifalar hisoblanadi.

Birinchi bobda dissertatsiya tadqiqotlarining uslubiy bosqichlari va yo'nalishlari tuzilishi alohida o'rin tutadi. Bu yerda intellektual boshqarishni o'z ichiga olgan ma'lumotlar va bilimlar bazalarini birlashtirishga asoslangan gibril axborot texnologiyalaridan foydalanishni o'z ichiga olgan murakkab dinamik obyektlarni boshqarish jarayonlarini intellektuallashtirish nuqtai nazaridan tadqiqot konsepsiyalari keltirilgan.

Dissertatsiyaning **Gazni transportirovka qilish jarayonini noqat'iy mantiq modelini qurishning matematik asosi** nomli ikkinchi bobida nazorat tizimlarini ishlab chiqishda va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda hal qilinadigan eng muhim va vaqt talab qiladigan vazifalardan biri bo'lgan dinamik jarayonlarning modellari ko'rib chiqilgan.

Jarayonni boshqarish tizimlarini ishlab chiqishda axborotni qayta ishlashning yuqori samarali usullarini yaratish va boshqarish ta'sirlarini ishlab chiqish, tizimning ishlashi uchun murakkab sharoitlarning o'ziga xos xususiyatlarini, masalan, noaniqlik va tashqi muhit xususiyatlarining o'zgarishi, g'ayritabiiy vaziyatlarning paydo bo'lishi, axborot manbalari, aloqa kanallarining ishlamay qolishi, shuningdek, boshqaruvchi ta'sirlarni shakllantiruvchi qurilmalarni, hamda g'alayonlar va halaqitlarning ta'sirini aks ettiruvchi matematik modellarni ishlab chiqish asosiy masalalardan biri hisoblanadi.

Tabiiy gazni magistral transportirovka qilish jarayonlarini matematik modellashtirish boshlang'ich ma'lumotlarda noaniqliklar mavjudligi tufayli ancha murakkablashadi.

Dastlabki ma'lumotlarning ishonchsizligi matematik modellarda ikki xil - ehtimollik modellari, shuningdek noqat'iy to'plamlar nazariyasi usullari yordamida hisobga olinishi mumkin.

Gazni transportirovka qilish tizimlarining ayrim parametrlarining noaniqligi, ehtimollik jihatidan ancha noaniq bo'lib, shunga ko'ra noqat'iy sonlar deb ham ataladigan noqat'iy to'plamlar shaklida ta'riflanishi mumkin. Quvurlarning gidravlik qarshiligining haqiqiy koeffitsiyentlari, odatda, loyiha qiymatlariga yaqin,

ammo ikkalasi ham ichki devorlarga ta'sirlar va gidravlik qarshiligini hisoblashdagi xato tufayli ulardan farq qiladi.

Dissertatsiya ishida bitta tranzit kirish va chiqishga ega bo'lgan tranzit gazni transportirovka qilish tizimi ko'rib chiqilgan (asosan quyida keltirilgan argumentlar ixtiyoriy kirish va chiqishlar soni uchun ham amal qiladi). Tizimning kirish va chiqish joyida berilgan bosim qiymatini qabul qilib, tizimga kirish joyidagi gaz sarfini ma'lum tegishlilik funksiyasiga ega noqat'iy son sifatida ifodalaymiz. Tizimning quvurlari va quvvat uskunalarning holati ishonchli ma'lum emas, chiziqli uchastkalarda gidravlik samaradorlik va kompressor stansiyalaridagi gaz haydash agregatlarining maksimal quvvati tegishlilik funksiyalaridan foydalangan holda aniq berilmagan.

Vazifa tizimning chiqish joyidagi gaz sarfining tegishlilik funksiyasini hisoblashdan iborat bo'lib, bu gazni transportirovka qilish tizimining maksimal o'tkazuvchanligini noqat'iy son sifatida hisoblashga ekvivalent bo'ladi.

Noqat'iy to'plamlarning $\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$ kesishish qoidasiga muvofiq, biz sarfning TF uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\mu_{\lambda}(x) = \min\{\mu_q(x), \mu_{\lambda}(g^{-1}(x))\},$$

bu yerda μ_{λ} – gidravlik qarshilik koeffitsiyentining tegishlilik funksiyasi. Agar λ ning, Reynolds soniga va shunga mos ravishda sarfga bog'liqligini e'tiborsiz qoldirsak, unda o'tkazuvchanlik quvvatning TFni ketma-ket yaqinlashish usuli bilan iteratsion ravishda hisoblash mumkin.

Optimal aniq boshqarish ta'sirlari u_0^0, \dots, u_{N-1}^0 ni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\mu_G(u_0^0, \dots, u_{N-1}^0) = \max\left\{\mu_{G_0}(u_0) \wedge \dots \wedge \mu_{G_{N-1}}(u_{N-1}) \wedge \mu_{G_N}(F(x_{N-1}, u_{N-1}))\right\} = \quad (1)$$

$$= \max\left\{\mu_{G_0}(u_0) \wedge \dots \wedge \mu_{G_{N-1}}(x_{N-1})\right\}, \quad (2)$$

$$\mu_{G_{N-1}}(x_{N-1}) = \max_{u_{N-1}}\left\{\mu_{G_{N-1}}(u_{N-1}) \wedge \mu_{G_N}(F(x_{N-1}, u_{N-1}))\right\}.$$

bu yerda $\mu_{G_{N-1}}(x_{N-1})$ funksiyasini N moment uchun induksiyalangan G_N yakuniy maqsad tomonidan qo'zg'atilgan $N-1$ vaqtidagi noqat'iy maqsadga tegishlilik funksiyasi deb hisoblash mumkin. Masalaning yechimini $N-j$ vaqt oralig'idagi moment uchun quyidagi rekurrent protsedura yordamida dinamik dasturlash usuli yordamida topish mumkin:

$$\mu_{G_{N-j}}(x_{N-j}) = \max_{u_{N-j}}\left\{\mu_{G_{N-j}}(u_{N-j}) \wedge \mu_{G_{N-j+1}}(x_{N-j+1})\right\},$$

bu yerda $x_{N-j+1} = F(x_{N-j}, u_{N-j}), j = \overline{1, N}$.

Shunday qilib, $\mu(x_k)$ ning noaniq holatini, $\mu_{C_k}(u_k)$ noqat'iy cheklovini va $\mu_{G_k}(u_k)$ ning induksiyalangan noqat'iy maqsadini bilib, k vaqt momentida (1) va (2) orqali u_k^0 effektiv aniq boshqarishni topish mumkin.

Intellektual boshqarish tizimini ishlab chiqishning eng muhim vazifasi nafaqat tegishli ma'lumotlarni to'plash, balki qaror qabul qilish jarayonida uni samarali

qayta ishlashga imkon beradigan bilimlarni namoyish etishning samarali modellarini tanlash yoki yaratishdir. Ushbu vazifa muammo sohasi haqida va ushbu sohada qarorlar qabul qilish usullari to'g'risida kerakli ma'lumotlarni o'z ichiga olgan tegishli bilimlar bazasini yaratish uchun noaniq sharoitlarda ishlaydigan boshqarish tizimining parametrlarini modellashtirish, bashorat qilish va moslashtirish uchun yuqori samarali algoritmlarni ishlab chiqish bilan bevosita bog'liqdir.

Kompozitsion xulosa qilish qoidasiga asoslangan boshqarish jarayoni modeli murakkab tizimning boshqarish qarorlari bilan barcha mumkin bo'lgan holatlarining aloqasini tavsiflaydi. Rasmiy ravishda model uchlik (X, R, Y) shaklida berilgan, bu yerda $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ – tizimning A_i kirish va B_i chiqishlari berilgan bazaviy to'plamlari; R – “kirish-chiqish” noqat'iy mosliklari. Murakkab tizimning ishlashi paytida boshqarish jarayonining xususiyatlarini R mosliklari quyidagi mulohazalar qatori shaklida tavsiflaydi:

$$IF A_1 THEN B_1, ELSE IF A_2 THEN B_2, \dots, ELSE IF A_N THEN B_N,$$

bu yerda A_1, A_2, \dots, A_N – bu X bazaviy to'plamda aniqlangan noqat'iy quyi to'plamlar va V_1, V_2, \dots, B_N – bu Y bazaviy to'plamdan noqat'iy quyi to'plamlar.

Ushbu noqat'iy quyi to'plamlarning barchasi $\mu_{A_i}(x)$ va $\mu_{B_i}(y)$ a'zolik funksiyalari orqali belgilanadi.

Agar bizda A noqat'iy hodisasi bor deb taxmin qilsak, ya'ni noqat'iy quyi to'plam bilan ifodalangan kirish holati va umumiy R munosabati ma'lum bo'lsa, u holda natijaviy harakat kompozitsion xulosa qilish $V' = A \circ R$ qoidasiga muvofiq olinadi. V' uchun tegishlilik funksiyasining qiymati maksimal operatsiya yordamida hisoblanadi:

$$\begin{aligned} \mu_B(y) &= \bigvee_{x \in X} (\mu_A(x) \wedge \mu_R(x, y)) = \bigvee_{x \in X} (\mu_A(x) \wedge (\mu_A(x) \wedge \mu_B(x, y)) \wedge \mu_B(x, y)) = \\ &= \left(\bigvee_{x \in X} (\mu_A(x) \wedge \mu_A(x)) \right) \wedge \mu_B(y) = \bigvee_{x \in X} \mu_{A \cap A}(x) \wedge \mu_B(y) = \\ &= \alpha \wedge \mu_X(y) = \mu_{\alpha Y \cap B}(y). \end{aligned} \quad (3)$$

(3) tenglama ko'pincha noqat'iy xulosalash tizimlarida qo'llaniladi, chunki ma'lum tegishlilik funksiyalari bo'lgan ushbu tenglamalar asosida yakuniy natijalar juda sodda tarzda hisoblab chiqiladi va noqat'iy xulosalash mexanizmining grafik talqini taqdim etiladi.

Texnologik jarayonning bajarilishini yuqori sifat bilan ta'minlash strategiyasini quyidagi maqsadli funksiya bilan ifodalash mumkin:

$$\sum_{i=1}^n \delta_i(t) = \sum_{i=1}^n (G_i(t) - Y_i(t)),$$

bu yerda $\delta_i(t)$ – i - parametr uchun nomuvofiqlik funksiyasining joriy qiymati;

$G_i(t)$, $Y_i(t)$ – mos ravishda i - kirish parametri funksiyasi va i - chiqish parametri funksiyasining joriy qiymatlari.

Texnologik jarayonning optimal bajarilishida keltirilgan maqsad funksiyasi nolga intiladi. Maqsad funksiyasi har bir parametr, uning hosilalari haqida ko'p o'lchamli ma'lumotlarni o'z ichiga oladi va shu bilan birga texnologik jarayon bajarilishiga ta'sir qiluvchi parametrlarning har xil fizik xarakteri bilan

aniqlanadigan taqsimlangan xarakterga ega. i - chiqish parametri uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$Y_i(P) = G_i(P) \frac{\sum_{m=1}^j K_m W_i(P)}{C_i W_i(P) \sum_{m=1}^j K_m + C_i} \sum_{n=1}^L K_n,$$

bu yerda $W_i(P)$ – teskari aloqa hisobga olinmagan i - parametr uchun texnologik tizimning uzatish funksiyasi; K_m – teskari aloqali texnologik tizim zvenolarining xatolik koeffitsiyenti; K_n – teskari aloqa hisobga olinmagan texnologik tizim zvenolarining xatolik koeffitsiyenti; C_i – bu teskari aloqa ma'lumotlarini o'lchash o'zgartirishining xatoligi.

Dissertatsiyaning **Yer osti gaz omborlaridan gazni qaytarib olish jarayonini noqat'iy boshqarish tizimini sintezlash algoritmlari** nomli uchinchi bobida axborotning noaniqligi sharoitida ishlaydigan iyerarxik ravishda uyushgan dinamik obyektlar uchun intellektual boshqaruv tizimini qurish tamoyillari bayon qilingan.

Hozirgi vaqtda ko'plab gazni transport qilish tizimi obyektlarining samaradorligi loyihalash ko'rsatkichlariga nisbatan sezilarli darajada pasaygan. Bu sof texnologik sabablarga – quvurlar holatining yomonlashishi, uskunalarning eskirishi, konlarda gaz qazib olishning pasayishi, shuningdek konyunktura-iqtisodiy – energiya resurslariga bo'lgan talabning sezilarli o'zgarishi, yangi eksport gaz quvurlarining foydalanishga topshirilishi va eskilarining yuklmasi pasayishi va boshqalarga ham bog'liq. Yuklamaning pasayishi bilan gazotransport tizimi (GTT) ish rejimlarini optimallashtirish masalasi paydo bo'ladi. Optimal rejimni izlash, odatda, har doim ham uskunalarning lokal optimal rejimlari bilan ta'minlanganligi bilan butun tizim uchun optimal rejim bilan ta'minlanmasligi sababli noan'anaviy vazifa hisoblanadi.

GTT ni ishlash rejimlarining optimal mezonni tanlash alohida muhim masala hisoblanadi. Eng aniq narsa, energiya sarfini minimallashtirish mezonidir yoki barcha gaz haydash agregatlari tizimlari gaz turbinasi uzatmasi bilan jihozlangan deb hisoblansa, qo'shimcha ehtiyojlar uchun yonilg'i gazi sarfi yoki gaz sarfini minimallashtirishdir.

Optimallashtirishning boshqa mezonlari ham bo'lishi mumkin, masalan, tovar - transport ishlarining umumiy hajmini minimallashtirish mezonlari - tashiladigan gaz hajmining transportirovkani har bir yo'nalishi bo'yicha uzatilgan masofaga ko'paytmasi, bu odatda energiya xarajatlarini minimallashtirishga ekvivalent. Sanoat standartlarida ekvivalent tovarni tashish ishi tushunchasi kiritilgan - obyektning har bir nuqtasida aniqlangan gaz sarfi va bosim kvadratiga mutanosib bo'lgan qiymat.

Shuningdek, shakllantirilishi qiyin bo'lgan ba'zi optimallik mezonlari ham mavjud bo'lishi mumkin. Bularga quyidagilar kirishi mumkin: barqaror rejimlarda ishlash istagi, quvurlarda to'plangan gaz miqdorini maksimal darajada oshirishga intilish, har qanday obyektning uzoq vaqt ishlamay qolishiga yo'l qo'yimaslik istagi: kompressor stansiyasi yoki kompressor sexi va boshqalar.

Biz barcha kompressor stansiyalaridagi $p_{vs1}, \dots, p_{vsN}, p_{nag1}, \dots, p_{nagN}$ ichiga tortish

va kuchaytirish bosimlarini optimallashtirish muammosining o'zgaruvchan parametrlari sifatida ishlatamiz. Shunday qilib, ularning umumiy ichki quvvati va shunga mos ravishda o'z ehtiyojlari uchun gaz sarfi minimal bo'lishi uchun kompressor stansiyaning ishlash rejimlarini tanlash vazifasi funksionalni minimallashtirish masalasi sifatida formallashtirilishi mumkin:

$$F(p_{s1}, \dots, p_{sN}, p_{d1}, \dots, p_{dN}) = N_1(p_{s1}, p_{d1}) + \dots + N_i(p_{sN}, p_{dN}) \rightarrow \min.$$

Yer osti gaz ombori obyekt sifatida vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan parametrlarga ega, ya'ni u nostatsionar boshqarishlidir. Bunday obyektlarni boshqarish muammosini hal qilish uchun nostatsionar boshqarish tizimlarini qurish va shu sababli dinamik rostlagichlarni loyihalashtirish talab etiladi. Amalda hozirgi kunda proporsional-integral-differensial (PID)-rostlagichlar boshqarish avtomatik tizimlarining korrektlovchi moslamalari sifatida keng qo'llanilmoqda.

Gaz dinamikasi nazariyasi bo'yicha uning nostatsionar harakati paytidagi holatini hisoblash uchun quyidagi noxiziqli differensial tenglamalar tizimidan foydalaniladi:

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial t} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial p^2}{\partial x} + K * Q^2 = 0, \end{cases}$$

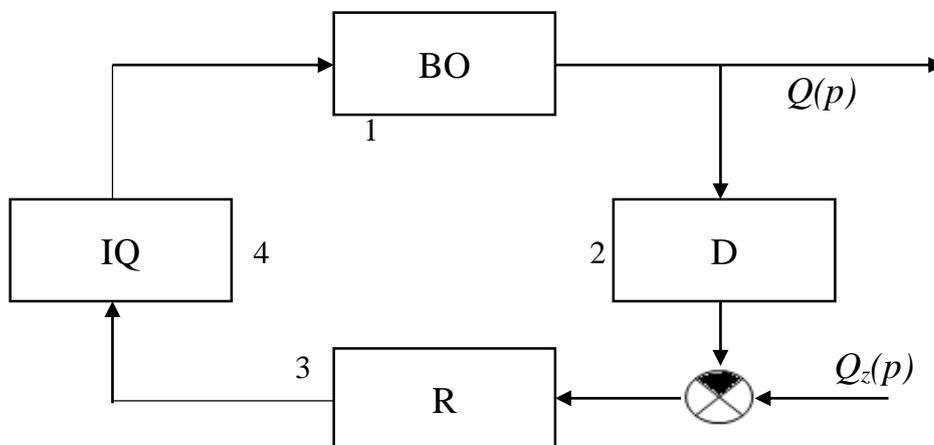
bu yerda: P – gaz bosimi MPa; Q – gaz sarfi m^3 /cek; K – quvurning fizik parametrlari va atrof-muhit holatining koeffitsiyenti.

Gaz sarfi (oqim) Q quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$Q = \frac{dv}{dt} = \frac{dp}{dt} \cdot \frac{V}{TR}.$$

“Zadvijka–motor” tizimidagi o'tish jarayonlar o'lchash tugunidagi o'tish jarayonlariga qaraganda ancha tezroq sodir bo'ladi, shuning uchun ularni e'tiborsiz qoldirish mumkin. Katta diametrli quvurlardan foydalanilganligi sababli gazning yopishqoqligi ham e'tiborga olinmasligi mumkin. Zadvijka faqat ikkita diskret boshqarish buyrug'i bilan boshqariladi: “Zadvijkani oching” va “Zadvijkani yoping”.

Sarfni avtomatik boshqarishning strukturaviy sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Gaz sarfini avtomatik boshqarishning strukturaviy sxemasi.
1 - boshqarish obyekti; 2 - datchik; 3 - rostlagich; 4 - ijro etuvchi qurilma.

Keyingi hisob-kitoblarning qulayligi uchun biz gaz parametrlarining nisbatlarini aniqlaydigan K parametrni kiritib, quyidagi tenglamalarni olamiz:

$$K \equiv \frac{TR}{V},$$

$$p(t) = K \cdot \int_0^t Q dt.$$

Bunday holda, quvur liniyasi tarmog'ining modeli quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$\begin{cases} Q^* = Q_o - Q_s \\ p(t) = K \cdot \int_0^t (Q^* - Q_f) dt; \\ Q_f = k\varphi; \\ \varphi = k_{dv} \int_0^t \omega dt, \end{cases} \quad (4)$$

bu yerda Q^* – o'lchash uzeldagi gazning oqimi va sarfi o'rtasidagi farq; $p(t)$ – tizimdagi bosimning joriy qiymati, φ – zaslonkaning burchak holati, k – gaz sarfining zaslonkaning burchak holatiga bog'liqlik koeffitsiyenti, k_{dv} – uzatmaning reduksiyalash koeffitsiyenti, ω – zadvijskaning aylanish burchak tezligi, $\omega = const$.

Tizim rostlashdan keyin barqaror holatda bo'lishi uchun zaslonkaning (φ_k) oxirgi holatini hisoblash kerak:

$$Q^* = k\varphi_k. \quad (5)$$

Endigi vazifa motor aylanishini to'xtatishi kerak bo'lgan zaslonka o'rnini (φ_k) hisoblash zarur.

(5) tenglamani tizimning (4) birinchi tenglamasiga almashtirib, so'ng uni integrallab, quyidagicha ifodani olamiz:

$$p_b = p_0 + K \cdot \left[(Q^* - \varphi_0)t_2 - \frac{\omega t_1^2}{2} + (Q^* - \varphi_n)t_2 + \frac{\omega t_2^2}{2} \right], \quad (6)$$

bu yerda p_b – tizimdagi berilgan bosim, p_0 – berilgan koridordan chiqish paytidagi bosim, K – gaz parametrlarining nisbati, Q^* – gazning oqimi va sarfi orasidagi farq, φ_0 – koridordan chiqish paytidagi zaslonkaning pozitsiyasi, φ_n – yo'nalish o'zgartirilganda zaslonkaning holati, t_1 – zaslonkani ochish vaqti, t_2 – zaslonkani yopish vaqti, ω – zadvijska uzatmasining aylanish tezligi.

(5), (6) tenglamalarni birgalikda yechib:

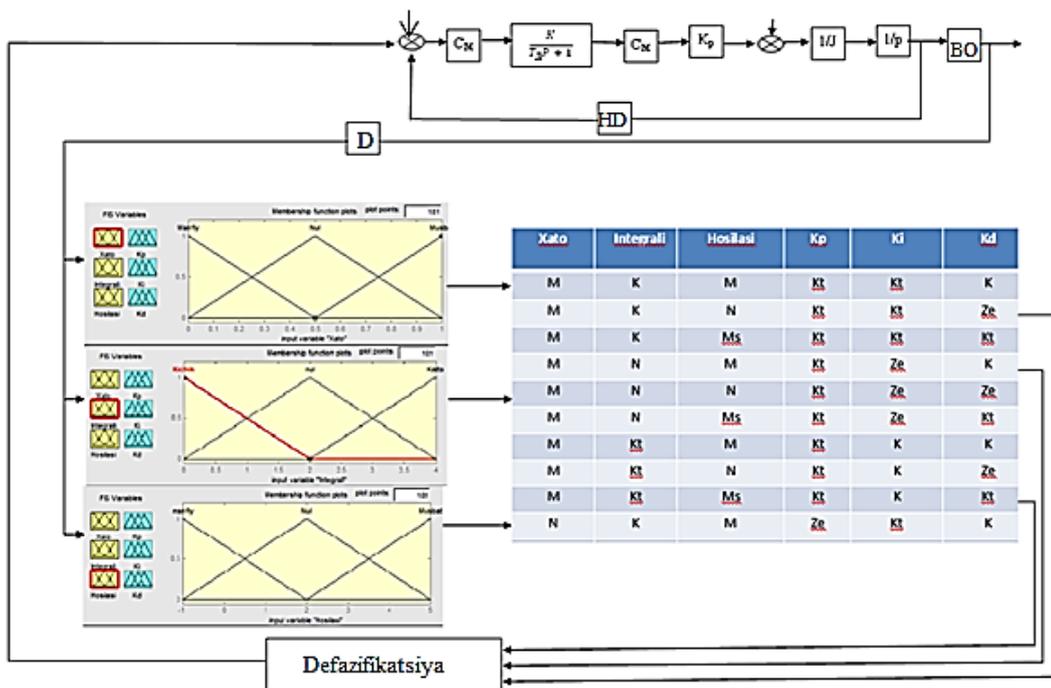
$$\begin{cases} t_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_0}{\omega} \\ t_2 = \frac{\varphi_k - \varphi_n}{\omega} \end{cases} \quad (7)$$

φ_n qiymatini aniqlash mumkin.

Tenglamalar (5), (6), (7) tizimi gaz sarfining o'zgarishini g'alayonli ta'sir sifatida aniqlaydi.

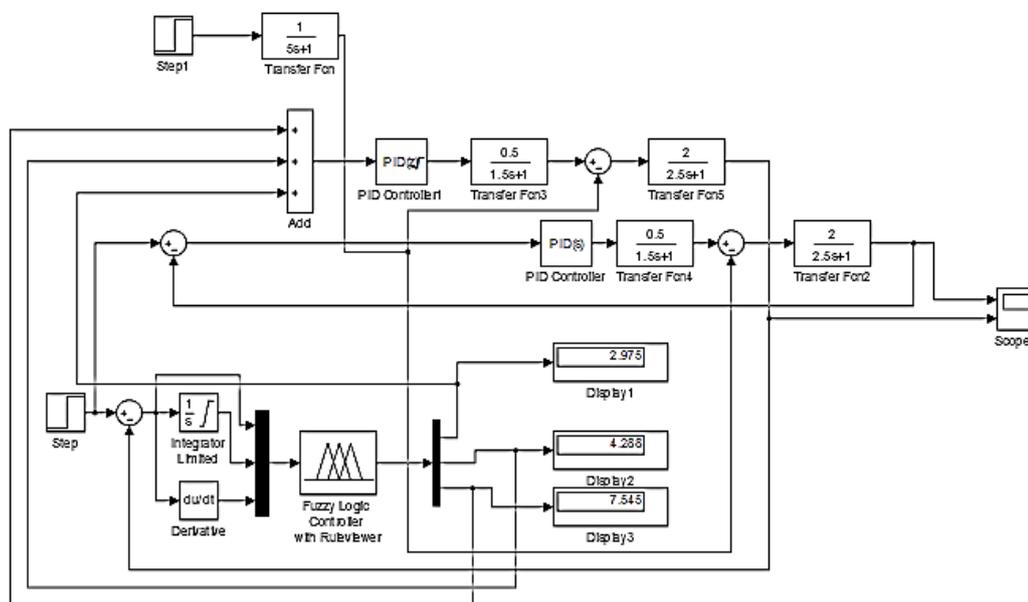
Magistral gaz quvuridagi gazning texnologik parametrlarini boshqarish jarayoni gaz o'lchash uzeligga o'rnatilgan klapan-rostlagich tomonidan amalga oshiriladi, u gaz sarfini o'lchash va gaz quvuridagi bosimni boshqarish uchun xizmat

qiladi, uning sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Klapani boshqarishning strukturaviy sxemasi.

Klapan-rostlagichining funksiyasini bajaradigan noqat'iy PID – rostlagichni amalga oshiradigan tizim MATLAB/FUZZY LOGIC TOOLBOX ilovasi yordamida ishlab chiqilgan va quyidagi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Bosimni noqat'iy PID – rostlagich yordamida rostlash tizimining imitatsion modeli.

Truboprovod liniyasidagi gaz bosimining og'ish kattaligi bo'yicha fazzifikatsiya qilish uchun uch termli tegishlilik funksiyalarining uchburchak shaklini olamiz.

Noqat'iy mantiqning lingvistik o'zgaruvchilaridagi klapan holatini boshqarish beshta term bilan ifodalanishi mumkin. Agar bosim belgilangan nuqtadan kam bo'lsa va uning qiymati o'zgarmasa, u holda klapan qisman ochiladi. Noqat'iy o'zgaruvchilardan foydalanib, biz ushbu qoidani quyidagicha yozamiz:

agar $X = M$ va $I = K$ va $H = M$ bo'lsa, u holda $Kp = Kt$, $Ki = Kt$, $Kp = K$.

Qolgan mumkin bo'lgan vaziyatlar va tegishli noqat'iy boshqarishlar xuddi shu asosda yoziladi.

Dissertatsiyaning **Ishlab chiqilgan modellar va algoritmlarning magistral quvurdagi gaz parametrlarini boshqarishga tatbiqi** nomli to'rtinchi bobida noaniqlik sharoitida turli xil texnologik obyektlarni boshqarish muammolarida boshqaruv jarayonlarini intellektuallashtirish uchun ishlab chiqilgan modellar va algoritmlarni qo'llash natijalari keltirilgan. Misol tariqasida, gazni yer osti omborida yig'ish va qaytarib olishning texnologik jarayonlarini boshqarish uchun intellektual adaptiv noqat'iy tizimni ishlab chiqish masalalari ko'rib chiqilgan.

Gazni quyish jarayonining asosiy texnologik parametrlari quyidagilardir: omborga quyilishi mumkin bo'lgan gazning maksimal hajmi, omborxonadagi, quyish quduqlari tubi va kuchaytirish quduqlari boshlarida bosimning o'zgarishi, gaz quyish uchun zarur bo'lgan kompressorlar soni va texnik xarakteristikalari va boshqalar.

Omborxonadan gazni tortib olish jarayonining qo'shimcha ravishda aniqlanishi kerak bo'lgan asosiy texnologik parametrlari quyidagilardir: plast va quduqdagi gaz bosimi, kerakli miqdordagi foydalaniladigan quduqlar va ularning debiti.

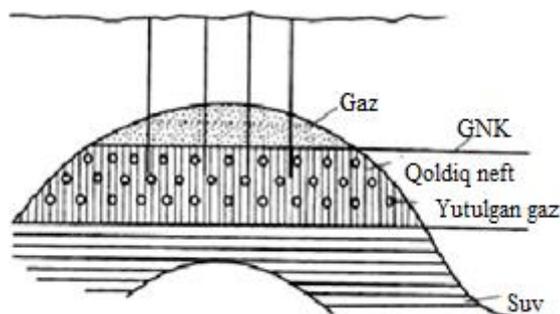
Atmosfera bosimi va plast haroratiga keltirilgan τ vaqtdagi yer ostiga haydalgan gaz hajmini quyidagi tenglama bilan aniqlash mumkin:

$$Q_z(\tau) = \frac{\Omega \cdot z_{atm}}{P_{atm}} \cdot \left[\frac{\bar{P}(\tau)}{z(\bar{P})} - \frac{P_n}{z_n} \right],$$

bu yerda: $z_n - P_n$ da gazning siqilish koeffitsiyenti; $z(\bar{P}) - \bar{P}$ gazni siqish koeffitsiyenti; σ - gaz bilan to'yinganlik koeffitsiyenti; $\Omega = \sigma \cdot \Omega_0$ - g'ovak bo'shliqning gaz bilan to'yingan hajmi, m^3 ; Ω_0 - gaz ombori bo'shliqlarining umumiy hajmi, m^3 ; σ - gaz bilan to'yinganlik koeffitsiyenti; P_{atm} - normal gaz bosimi, 1 at. (texnik atmosfera) = 0,1 MPa ga teng; $\bar{P}(\tau)$ - τ vaqt momenti bo'yicha qatlam bo'shliqlarining gaz bilan to'yingan hajmiga o'rtacha bosimi, MPa; P_n - ombordagi dastlabki gaz bosimi (gaz quyishdan oldin), MPa.

G'ovakli bo'shliq hajmiga ega bo'lgan foydalanib bo'lingan neft qatlamiga quyilishi mumkin bo'lgan maksimal gaz miqdori uch xil hajmli gazdan iborat: qatlamning qopqog'iga quyilgan gaz, neft qoldiqlarida erigan gaz, yutilgan, singdirilgan gazlar (4-rasm):

$$Q_{\xi \max} = Q_q + Q_e + Q_{yu}.$$



4-rasm. Foydalanib bo‘lingan neft qatlamining sxematik ko‘rinishi.

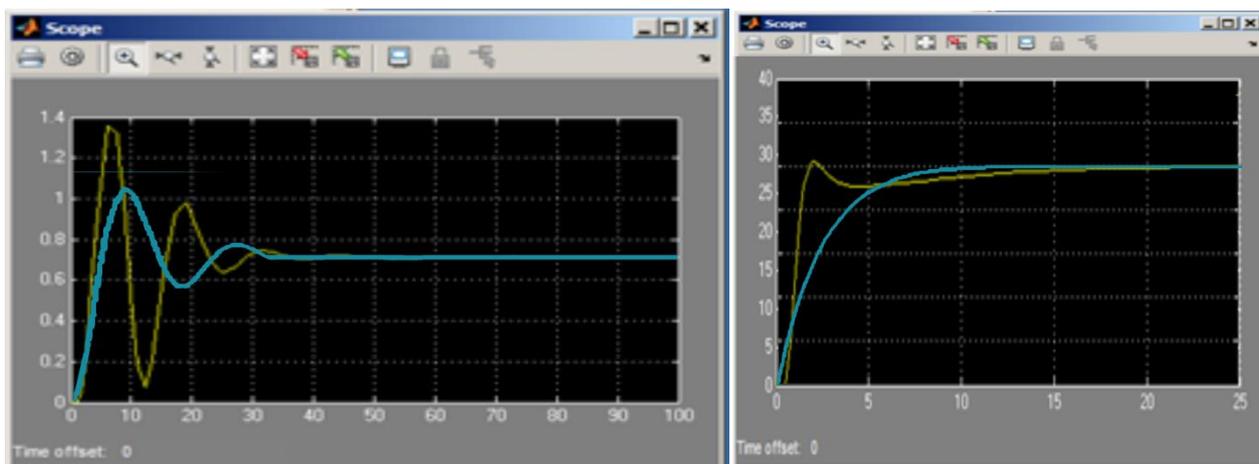
Bundan tashqari, to‘rtinchi bobda magistral quvurda tabiiy gazni transportirovka qilishning texnologik parametrlarini avtomatik monitoring qilish va noqat’iy boshqarish tizimi taklif etilgan. Texnik mohiyati bo‘yicha taklif qilingan tizimga eng yaqin bo‘lgan prototip sifatida klapan-rostlagichni avtomatik boshqarish usuli va tizimi tanlangan. U iste’molchilarga kerakli miqdorni yetkazib berish uchun va klapan-rostlagichdan o‘tgan gaz sarfi va sarfo‘lchagichidan olingan gaz sarfini formulalar yordamida hisoblab taqqoslashni hisobga olgan holda keyingi jihozlarning optimal rejimda ishlashini ta’minlaydigan kengaytirilgan diapazonda va kerakli qiymatlargacha rostlanishi mumkin.

Texnik natija tizimni soddalashtirish hamda ishonchliligi va xizmat muddatini oshirishdan iborat. Hozirgi vaqtda noqat’iy mantiq (fuzzy logic) qoidalaridan foydalanilgan holda rostlagichlarni qurishning yangi prinsipi keng tarqaldi.

Amaldagi gazni hisoblash uchun zarur bo‘lgan ma’lumotlar: maksimal gaz sarfi Q va bosim P yuqori darajadagi interfeys orqali mikrokontrollerga uzatiladi. Jarayon parametrlarining o‘zgarishi noaniqligini hisobga olish uchun noqat’iy mantiqdan foydalanishga asoslangan usul taklif etiladi, bu esa boshqarish jarayonida vujudga keladigan turli xil noaniqliklarni hisobga olishga imkon beradi. Shu bilan birga, noqat’iy mantiqqa asoslangan PID-rostlagichli kontroller bilan boshqariluvchi, proporsional, integrallovchi va differensiallovchi zanjirlardagi kuchaytirish koeffitsiyentlari statik emas, ya’ni tizimning hozirgi vaqtdagi holatiga bog‘liq.

Noqat’iy mantiq yordamida magistral quvurdagi gaz parametrlarini avtomatik ravishda nazorat qilish va boshqarish uchun tizimning ishlash algoritmi ishlab chiqilgan.

Tavsiya etilgan rostlagichning samaradorligini klassik PID – rostlagichi bilan taqqoslash imitatsion model natijalarida keltirilgan (5-rasmga qarang).



5-rasm. Boshqarish tizimlaridagi jarayonlar: sariq-raqamli klassik PID- rostlagich bilan, havorang- noqat'iy rostlagich bilan.

Qiyosiy tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, noqat'iy boshqarish tizimi keng diapazondagi g'alayonlarga kam sezuvchan va an'anaviy PID-rostlagichli boshqarish tizimiga nisbatan yaxshi sifat tavsiflariga ega ekan.

XULOSA

Dissertatsiyada avtomatik va intellektual boshqarish nazariyasini tizimli tahlil konsepsiyasi asosida tabiiy gazni transportirovka qilish jarayonining noqat'iy modellari hamda noaniqlik sharoitida ishlovchi gazni o'lchash uzeliidagi rejimni boshqarish algoritmlari ishlab chiqildi. Tadqiqot yakunida quyidagi ilmiy natijalar olindi:

1. Ho'jaobod yer osti gaz omboridagi mavjud boshqaruv tizimlarini tahlil qilish natijasida yer osti qatlamlaridan qaytarib olingan tabiiy gazni transportirovka qilishning texnologik jarayonlarini boshqarish vazifalariga sun'iy intellekt usullarini qo'llanilishining maqsadga muvofiqligi asoslangan.

2. Jarayonning sifat ko'rsatkichlariga ta'sir qiluvchi asosiy texnologik parametrlari gaz sarfi va bosimini funksional bog'liqliklari ishlab chiqilgan. Bu boshqarish jarayonini optimallashtirish imkonini beradi

3. Yer osti gaz omborlarining texnologik jarayonlarini turli tasodifiylik va noaniqlik sharoitida noqat'iy mantiqqa asoslangan modeli ishlab chiqilgan bo'lib, u jarayonning xususiyatlarin to'liqroq ochib berish va u asosida boshqarish tizimini yaratish imkonini beradi.

4. Gazni transportirovka qilishda jarayonga ta'sir etuvchi faktorlarning qisman tasodifiy o'zgarishlarini hamda jarayonning dinamik xususiyatlarini hisobga olgan holda noqat'iy rostlagich parametrlarini adaptiv sozlash algoritmi ishlab chiqilgan. Bu jarayonning ish rejimini o'zgartirishda rostlash parametrlarini rostlash vaqtini 8-10 sekundga kamaytirish imkonini beradi.

5. Ishlab chiqilgan adaptiv boshqarish algoritmlari va noqat'iy modellar asosida ma'lumotlar noaniqligi sharoitida gazni transportirovka qilishda texnologik cheklovlarni hisobga olgan holda noqat'iy rostlash tizimini sintezlash algoritmlari

ishlab chiqilgan. Bu boshqarishning samaradorligi, tezkorligi va aniqliligini ta'minlash imkonini beradi.

6. Gaz quvuri bosimi va sarfining keng diapazonda o'zgarishi sharoitida boshqarish jarayonini stabillash imkonini beruvchi noqat'iy mantiq asosida PID-rostlagichli noqat'iy boshqarish tizimi ishlab chiqilgan. Bu gaz quvuridagi gaz bosimi va sarfini barqarorlashtirish imkonini beradi.

7. Gazni transportirovka qilish jarayoni uchun noqat'iy boshqarish tizimi gaz quvuri zadviykasi klapanining harakatlanish tezligini yuqori aniqlikda boshqaruvchi noqat'iy rostlagich Xo'jaobod gazni yer ostida saqlash inshootida tatbiq etildi (O'ZTRANSGAZ AJning 2022-yil 14-noyabrdagi №01-29/5435-sonli guvohnomasi) va umumiy iqtisodiy samaradorlik 102 million so'mni tashkil etdi.

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

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ШОМИРЗАЕВ БОБИР УРИНБАЕВИЧ

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА И
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
СТАНЦИИ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ГАЗА

05.01.08 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2022.3.PhD/Г713.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

Научный руководитель: **Сиддиқов Исомиддин Ҳақимович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Исмаилов Мирхалил Агзамович**
доктор технических наук, профессор

Авазов Юсуф Шодиевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Бухарский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится « 7 » 12 2023 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.Г.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано № 318 (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 207-14-70).

Автореферат диссертации разослан « 21 » 11 2023 года.
(реестр протокола рассылки № 21 от « 6 » 10 2023 года)



Н.Р. Юсупбеков
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

У.Ф. Мамиров
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., доцент

Х.З. Игамбердиев
Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В последнее время в мире в газовой промышленности, в частности, в процессе хранения и транспортировки газа в подземных газохранилищах интенсивно ведутся исследования по совершенствованию существующих технологий, повышению эффективности производства и мощности технологических агрегатов. Одной из наиболее актуальных задач в стремительном развитии этих и других областей является использование современных информационных технологий для управления реальными технологическими объектами, что позволяет повысить качество процессов управления и повысить эффективность при малых затратах энергии и ресурсов. В частности, одной из приоритетных задач является создание интеллектуальных систем управления на основе достижений современных информационных технологий, позволяющих учитывать различные неопределенности, возникающие при использовании подземных хранилищ газа.

В мире большое внимание уделяется решению теоретических задач создания системы управления технологическими процессами подземного хранения газа на основе методов интеллектуальных технологий в условиях информационной неопределенности и их практического применения в различных сферах. Использование интеллектуальных технологий на основе нечеткой логики при управлении технологическими процессами в условиях различной случайности и неопределенности обеспечивает решение широкого круга задач грубого и гибкого управления. Некоторый прогресс в этом направлении достигнут в ведущих странах мира, таких как США, Германия, Китай, Россия, Украина.

В настоящее время в Республике Узбекистан уделяется большое внимание направлениям автоматизации и управления технологическими процессами и производствами, в том числе созданию систем усовершенствованного управления, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение при автоматизации и управлении технологическими процессами хранения и транспортировки газа. В Стратегии развития нового Узбекистана, рассчитанной на 2022-2026 годы, намечен ряд задач, в том числе: «внедрение современных энергосберегающих технологий, оборудования и возобновляемых источников энергии ..., по снижению потерь в промышленных отраслях и повышению эффективности использования ресурсов, производство устройств возобновляемых источников энергии и финансирование проектов по повышению энергоэффективности»¹. Для решения этих задач одними из важных вопросов являются синтез и реализация высокоэффективных интеллектуальных систем управления технологическими процессами транспортировки газа.

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

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных Постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-4388 от 09.07.2019 «О мерах по стабильному обеспечению экономики и населения энергоресурсами, финансовому оздоровлению и совершенствованию системы управления нефтегазовой отраслью» и № ПП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов», Указом Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики III. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Анализ научно-технических публикаций, связанных с развитием управления сложными технологическими процессами, показывает, что в этой области достигнуты в определенной степени теоретические и практические результаты. Ведущие мировые исследовательские центры и высшие учебные заведения, в том числе Honeywell, SIMSCI-Simulation i University of California, Massachusetts Institute of Technology (SSA), Siemens i University of Münster (Германия), Imperial College London (Великобритания), University of Chemical Technology in Prague (Чехия), Osaka University и Tokyo Institute of Technology (Япония), Korea Advanced Institute of Science and Technology (Южная Корея), “Alstom” (Франция), Российский химико-технологический университет (Россия), Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова проводят обширные научные исследования.

Большой вклад в разработку вопросов интеллектуализации контроля и управления сложными технологическими процессами внесли зарубежные ученые, такие как Р.А. Алиев², В.В. Кафаров³, В.П. Мешалкин⁴ и др. А также отечественные ученые Ф.Бекмуратов⁵, Н.Р.Юсупбеков⁶, Ш.М.Гулямов⁷, Х.З.Игамбердиев⁸, И.Х.Сиддиков⁹ и другие решают научные задачи по

² Алиев Р.А., Алиев Р.Р. Теория интеллектуальных систем. -Баку: Чашыюглы, 2001. –720 с.

³ Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.

⁴ Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. - М.: Химия, 1991. -432 с.

⁵ Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы информатики и энергетики. Ташкент. №4. – 2003.– с.24-35.

⁶ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков Н.А. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. -Тошкент. Ўзбекистон миллий энциклопедияси. – 2014. – С.490.

⁷ Gulyamov Sh.M. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information// Chemical Technology, Control and Management. № 3. – 2018.– pp.128-131

⁸ Igamberdiyev X.Z. Regularized algorithms of adaptive assessment of state of control objects with parametric perturbation account//Chemical Technology, Control and Management. Volume – 2018. Issue 2. – pp.47-52.

⁹ Сиддиков И.Х. Моделирование и анализ качества нечеткой системы управления электрприводом // Химическая

созданию и совершенствованию систем управления на основе интеллектуальных технологий.

Постоянное усложнение технологий хранения, транспортировки, подготовки газа и газового конденсата требует разработки высокоэффективных методов и алгоритмов управления технологическими процессами с применением достижений современных информационных технологий и технических средств в условиях неопределенности. В связи с этим возникает реальная необходимость разработки компьютерной технологической системы управления подготовкой газа и транспортировкой газового конденсата, позволяющей на качественно новом уровне анализировать технологические решения и прогнозировать основные показатели работы установки добычи, хранения и транспортировки газа и газового конденсата.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках фундаментального научно-исследовательского проекта Ташкентского государственного технического университета: ОТ-Ф4-78: «Разработка теоретических основ и системных методов синтеза адаптивных систем управления динамическими объектами на основе идентификационного подхода» (2017-2020).

Целью исследования является совершенствование системы управления технологическими параметрами газохранилищ на основе методов интеллектуальной технологии.

Задачи исследования:

системный анализ проблемы управления технологическими процессами хранения и транспортировки природного газа;

разработка нечеткой модели процесса управления хранением и транспортировкой природного газа;

разработка алгоритмов нечеткого управления технологическими процессами транспортировки газа;

синтез нечеткой системы автоматического регулирования процессом транспортировки газа.

Объектом исследования являются системы управления процессами подземного хранения природного газа.

Предмет исследования - это методы, модели и алгоритмы интеллектуализации процессов управления динамическими объектами.

Методы исследований. В диссертационной работе для решения поставленных задач были использованы методы современной теории автоматического управления, теории имитационного моделирования, системного анализа, теории интеллектуального управления, теории вероятности.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана нечетко-логическая модель технологических процессов

подземных хранилищ газа в условиях различных случайностей и неопределенности, позволяющая более полно выявить особенности процесса и создать на ее основе систему управления;

разработан адаптивный алгоритм настройки нечеткого регулятора, позволяющий обеспечить высокие качественные показатели системы управления с учетом частичной случайности факторов, влияющих на процесс транспортировки газа и динамические свойства объекта;

разработан алгоритм синтеза нечеткой системы управления, позволяющий обеспечить эффективность и высокую точность процесса транспортировки газа, хранящегося в подземных хранилищах;

разработана система управления с нечетким ПИД-регулятором, позволяющая стабилизировать процесс регулирования с учетом технологических требований в условиях неопределенностей и широкого изменения диапазона давления и расхода газопровода.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана микроконтроллерная система управления технологическими параметрами транспортировки газа;

разработана функциональная схема нечеткого управления и автоматизации технологического процесса транспортировки газа из подземного хранилища газа;

разработана имитационная модель исследования нечеткой системы управления, позволяющая стабилизировать технологические режимы транспортировки газа и повысить их эффективность.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается применением теоретически обоснованных концепций интеллектуального управления динамическими объектами на основе теории нечетких множеств и логики, а также корректным использованием математического аппарата, результатами научных экспериментальных исследований и испытаний существующих систем и их взаимной согласованностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что на основе интеллектуальных технологий разработаны устойчивые и конструктивные модели и алгоритмы систем управления параметрами динамических объектов в условиях неопределенности и случайности производственных условий, что решает задачи интеллектуализации управления, процессами технологических объектов непрерывно-дискретного характера.

Практическая значимость результатов работы объясняется тем, что математическое и алгоритмическое обеспечение интеллектуализации вопросов контроля и управления динамическими объектами в условиях неопределенности входного воздействия, неполноты информации о состоянии был разработан объект управления, и он нашел широкое применение при построении функциональных структур управления на их основе.

Внедрение результатов исследования. В результате практического применения разработанного программного продукта, созданного на основе разработанных моделей и алгоритмов адаптивно-нечеткой системы управления процессом транспортировки газа внедрены:

нечёткая система управления процессом транспортировки газа, позволяющая улучшить систему управления транспортировки внедрена в сооружении подземного хранения газа «Хаджаабад» (Справка АО «УЗТРАНСГАЗ» №01-29/5435 от 14 ноября 2022 года). В результате уменьшилось время регулирования давления и расхода газа на 8-10 секунд;

система нечеткого регулирования на базе микроконтроллера для стабилизации давления в газотрубопроводе внедрена в сооружении подземного хранения газа «Хаджаабад» (Справка АО «УЗТРАНСГАЗ» №01-29/5435 от 14 ноября 2022 года). В результате обеспечена стабилизация давления в газопроводе и сокращена величина перерегулирования на 15%;

система автоматизированного мониторинга и управления технологическими параметрами транспортировки газа подземного хранения газа внедрена в сооружении подземного хранения газа «Хаджаабад» (Справка АО «УЗТРАНСГАЗ» №01-29/5435 от 14 ноября 2022 года). В результате появилась возможность оперативно контролировать параметры процесса управления транспортировки газа.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования доложены на 6 научно-технических конференциях, в том числе, на 5 международных и на 1 республиканской конференции.

Опубликованность результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 13 научных работ, 5 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РУз, в том числе 2 зарубежные статьи, а также на программные продукты ЭВМ получили 2 именных сертификата Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 108 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются важность и востребованность выполненного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования важнейшим направлениям развития науки и технологий республики, описываются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Системный анализ и задачи управления сложными динамическими объектами**» рассмотрено современное состояние теории и практики построения интеллектуальных систем

управления динамическими объектами, функционирующими в условиях различных видов неопределенностей. Выявлены основные причины возникновения неопределенностей в процессе управления динамическими объектами.

На сегодняшний день объектами управления являются сложные, многомерные нелинейные системы управления. Они требуют особых, нестандартных методов для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик и широкого набора функциональных возможностей по формированию целесообразного поведения и планированию последовательности выполняемых операций с возможностью прогнозирования и учетом воздействия внешней среды, а также активной адаптацией ее текущих состояний. Исходя из этих требований необходимо разработать инструментальные средства и методы интеллектуального управления.

Быстро развивающееся современное информационное общество столкнулось с актуальной задачей управления реальными динамическими системами на основе обработки и анализа огромных потоков данных. Действующие в системе неопределенности и динамический характер факторов, существенно затрудняют прогнозирование поведения динамических систем, соответственно, усложняется решение задачи управления.

Для построения интеллектуальных систем автоматического управления существует множество моделей и алгоритмов, которые используются в разных отраслях науки и техники. Нейронные сети, нечеткие системы, экспертные системы управления, генетические алгоритмы, визуализация данных, деревья решений - все это является самыми распространенными из них.

На основе системного анализа установлено, что создание моделей и алгоритмов управления динамическими объектами при наличии неопределенных факторов настолько сложно и необычно для классических методов теории управления, что для их решения потребуются разработка новых и модификация известных методов с учетом развития достижения современных информационных технологий. Это связано с тем, что традиционные методы исследования таких систем в классе адаптивных и робастных систем управления сталкиваются с трудностями, обусловленными структурой объекта управления и способом оценивания воздействий.

Анализ методов формального представления, моделирования и исследования динамики систем управления, функционирующих в условиях неопределенности, влияющей на режимы работы системы, показывает, что наиболее адекватными задачами является применение гибридных методов, включающих, как теорию нечеткой логики, так и методы теории автоматического управления, которые считаются базовой основой для интеллектуализации процессов управления динамическими объектами.

Особое место в первой главе занимает структура методологических

этапов и направлений диссертационного исследования. Здесь представлены концепции исследования в части интеллектуализации процессов управления сложными динамическими объектами, предусматривающими использование гибридных информационных технологий на основе интеграции базы данных и знаний, включающих методы интеллектуализированного управления.

Во второй главе диссертации **«Математические основы построения нечеткой логической модели процесса транспортировки газа»** рассматриваются модели динамических процессов, являющиеся одной из самых важных и трудоемких задач, решаемых при разработке систем управления и принятия решений в данной сфере.

При разработке систем управления процессом, основными моментами являются создание высокоэффективных методов обработки информации и выработка управляющих воздействий, разработка математических моделей, которые отражают специфику сложных условий функционирования системы, таких как неопределенность и изменение характеристик внешней среды, появление аномальных ситуаций, отказов источников информации, каналов связи, устройств, реализующих формирование управляющих воздействий, а также влияние возмущений и помех.

В процессах хранения и транспортировки природного газа имеются неопределённости в исходных данных, которые значительно осложняют задачи математического моделирования этих процессов.

В математических моделях недостоверность и неопределённости исходных данных процесса могут быть учтены либо с помощью вероятностных моделей, либо методом теории нечётких множеств.

Недостоверность некоторых параметров в системе транспортировки газа также имеет скорее расплывчатый вид, нежели вероятностный. Поэтому недостоверность информации желательно описать в виде нечётких множеств, также называемых нечёткими числами. Обычно на практике реальные параметры магистрального трубопровода, близки к значениям, указанным в проектных документациях, но иногда могут отличаться от них вследствие выпадения различных осадков на внутренние стенки трубопровода, которые приведут к погрешности расчёта гидравлического сопротивления.

В работе рассматривается транзитная газотранспортная система, которая имеет один транзитный вход и выход. Будем считать, что значения основных параметров-давление, расхода газа на входе в систему и на выходе системы заданными и представим их как нечёткое число с заранее известной нам функцией принадлежности. Ввиду того, что гидравлические эффективности и максимальные мощности газоперекачивающих агрегатов находящихся на компрессорных станциях, а также на линейных участках магистрали заданы нечётко и состояние силового оборудования и трубопроводов системы транспортировки газа известно не достоверно, будем использовать функцию принадлежности .

Основной задачей является расчет функции принадлежности давления и

расхода газа на выходе изучаемой системы, который будет соответствовать расчёту максимально допустимой пропускной способности магистрального газопровода как нечёткого числа.

Согласно правилам пересечения нечётких множеств $\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$, ФП расхода описывается в виде следующего выражения:

$$\mu_q(x) = \min\{\mu_q(x), \mu_\lambda(g^{-1}(x))\},$$

где μ_λ – функция принадлежности коэффициента гидравлического сопротивления трубопровода. Итерационно может быть вычислена ФП пропускной способности, если не пренебрегать зависимостью λ от расхода и от числа Рейнольдса. Оптимальные четкие управляющие воздействия u_0^0, \dots, u_{N-1}^0 могут быть определены следующим образом:

$$\mu_G(u_0^0, \dots, u_{N-1}^0) = \max\left\{\mu_{G_0}(u_0) \wedge \dots \wedge \mu_{G_{N-1}}(u_{N-1}) \wedge \mu_{G_N}(F(x_{N-1}, u_{N-1}))\right\} = \quad (1)$$

$$= \max\left\{\mu_{G_0}(u_0) \wedge \dots \wedge \mu_{G_{N-1}}(x_{N-1})\right\},$$

где $\mu_{G_{N-1}}(x_{N-1}) = \max_{u_{N-1}} \left\{\mu_{G_{N-1}}(u_{N-1}) \wedge \mu_{G_N}(F(x_{N-1}, u_{N-1}))\right\}. \quad (2)$

Функция принадлежности для нечеткой цели в момент времени $N-1$ для момента N индуцированной конечной целью G_N может рассматриваться функцией $\mu_{G_{N-1}}(x_{N-1})$. Решение задачи может быть найдено с использованием метода динамического программирования следующей рекуррентной процедурой для промежуточной цели на момент $N-j$:

$$\mu_{G_{N-j}}(x_{N-j}) = \max_{u_{N-j}} \left\{\mu_{G_{N-j}}(u_{N-j}) \wedge \mu_{G_{N-j+1}}(x_{N-j+1})\right\}$$

где $x_{N-j+1} = F(x_{N-j}, u_{N-j}), j = \overline{1, N}$.

Исходя из этого, эффективное четкое управление u_k^0 по формулам (1) и (2) на момент времени k можно найти имея индуцированную нечеткую цель $\mu_{G_k}(u_k)$, текущее нечеткое состояние $\mu(x_k)$ и нечеткое ограничение $\mu_{c_k}(u_k)$.

Важнейшей задачей при разработке интеллектуализированной системы управления является выбор или создание эффективных моделей представления знаний, позволяющих не только накапливать соответствующую информацию, но и эффективно обрабатывать её в процессе принятия решений. Эта задача непосредственно связана с разработкой высокоэффективных алгоритмов моделирования, прогнозирования и адаптации параметров системы управления, функционирующих в неопределенных условиях, с целью создания соответствующей базы знаний, содержащей нужную информацию о проблемной области и способах принятия решений в этой области.

Составленная на основе композиционного правила вывода модель процесса управления описывает связь между всеми возможными состояниями

сложной динамической системы с её управляющими решениями. Формально модель можно представить в виде следующей тройки (X, R, Y) , здесь $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ – базовые множества с заданными входами A_i и выходами B_i исследуемой системы; R – нечеткое соответствие «вход-выход». В виде ряда высказываний, при функционировании сложной системы, нечеткое соответствие R описывает особенности процесса управления следующего типа:

IF A₁ THEN B₁, ELSE IF A₂ THEN B₂, ... , ELSE IF A_N THEN B_N,

здесь базовое множество X_i определяет нечеткие подмножества A_1, A_2, \dots, A_N , а базовое множество Y определяет нечеткие подмножества B_1, B_2, \dots, B_N . Функциями принадлежности $\mu_{A_i}(x)$ и $\mu_{B_i}(y)$ можно задавать всех этих нечеткие подмножества.

Если имеется входная ситуация, представленная нечетким подмножеством, то есть нечеткое событие A , и общее отношение R , известное заранее. Тогда по композиционному правилу вывода: $B' = A \circ R$. результирующее действие выводится с помощью максиминной операции, где можно вычислит значение функции принадлежности для B' :

$$\begin{aligned} \mu_{B'}(y) &= \bigvee_{x \in X} (\mu_A(x) \wedge \mu_R(x, y)) = \bigvee_{x \in X} (\mu_A(x) \wedge (\mu_A(x) \wedge \mu_B(x, y)) \wedge \mu_B(x, y)) = \\ &= \left(\bigvee_{x \in X} (\mu_A(x) \wedge \mu_A(x)) \right) \wedge \mu_B(y) = \bigvee_{x \in X} \mu_{A' \cap A}(x) \wedge \mu_B(y) = \\ &= \alpha \wedge \mu_X(y) = \mu_{\alpha Y \cap B}(y). \end{aligned} \quad (3)$$

Во многих нечетких системах вывода часто используются приведенные уравнения (3), так как при известных функциях принадлежности, с помощью таких уравнений обеспечивается графическое объяснение нечеткого вывода и вычислять итоговые результаты очень просто.

Высококачественно протекающий технологический процесс (ТП) можно описать с помощью нижепредставленной целевой функции:

$$\sum_{i=1}^n \delta_i(t) = \sum_{i=1}^n (G_i(t) - Y_i(t)),$$

где $\delta_i(t)$ – текущее значение функции отклонения регулируемого i -го параметра; $G_i(t)$, $Y_i(t)$ – соответствующие текущие значения функции входного i -го параметра и функции выходного i -го параметра.

Когда технологический процесс протекает оптимально, то данная целевая функция стремится к нулю. Многомерная информация входит в целевую функцию и включает в себя данные по каждому параметру, его производным. Кроме того, носит распределенный характер, определяющийся различным физическим характером параметров, которые Процесс чувствительно влияют на протекание технологического процесса. Для i -го выходного параметра протекающий процесс можно записать в виде:

$$Y_i(P) = G_i(P) \frac{\sum_{m=1}^j K_m W_i(P)}{C_i W_i(P) \sum_{m=1}^j K_m + C_i} \sum_{n=1}^L K_n,$$

где $W_i(P)$ – передаточная функция рассматриваемой системы по i -му технологическому параметру, когда действия обратной связи не учитываются; K_m – коэффициент погрешности тех звеньев технологической системы, которые охвачены обратной связью; K_n – коэффициент погрешности звеньев технологической системы, не охваченных обратной связью системы; C_i – погрешность измерительного преобразователя информации обратной связи.

В третьей главе диссертации «**Алгоритмы синтеза нечеткой системы управления отбора газа из подземных газохранилищ**» рассматриваются иерархически организованные подземные газохранилища, которые функционируют в условиях размытости и неопределенности информации, так же сформулированы принципы построения интеллектуализированной системы управления такими объектами.

В настоящий момент производительность многих объектов газотранспортной системы существенно снижена по сравнению с указанными в проектных документах. Снижение производительности системы связано не только с технологическими причинами, такими как снижением добычи газа на месторождениях, выработка ресурса силового оборудования, ухудшением пропускной способности трубопроводов, но и с экономической ситуацией, типа снижением загрузки старых трубопроводов, неравномерностью спроса на природный газ и вводом в эксплуатацию новых газопроводных линий. Нужно оптимизировать режим работы газотранспортной системы при изменении её загрузки. Поиск оптимального режима работы системы является своеобразной и сложной задачей. Потому что, решение локальных задач по оптимизации режимов силового оборудования не всегда может обеспечить ожидаемый оптимальный режим для всей газотранспортной системы.

Существуют и другие критерии оптимальности, к которым можно отнести критерий минимизации общей производственной работы, который равен произведению объёмов транспортируемого газа по каждому направлению транспортировки на расстояние перекачки, что как правило, равнозначно минимизации энергозатрат.

Стремление к увеличению количества накопленного в трубопроводе газа, готовность избежания каких-либо простоев на объекте: компрессорной станции и других оборудований, старание работать на стабильных режимах могут быть некоторые критерии оптимальности являются трудно формализуемыми.

Давления всасывания и нагнетания $p_{vs1}, \dots, p_{vsN}, p_{nag1}, \dots, p_{nagN}$ для всех КС будем использовать как изменяемые параметры оптимизационной задачи. Исходя из этого, чтобы расход газа на собственные нужды и суммарная внутренняя мощность КС были минимальны подбор режимов работы КС для решения этой задачи нужно формализовать как задачу минимизации

функционала:

$$F(p_{s1}, \dots, p_{sN}, p_{d1}, \dots, p_{dN}) = N_i(p_{s1}, p_{d1}) + \dots + N_i(p_{sN}, p_{dN}) \rightarrow \min.$$

ПХГ является нестационарным объектом и поэтому его параметры изменяются во времени. Чтобы решить задачу управления такими объектами, требуется построение нестационарных систем управления, а значит, и проектирование динамических регуляторов. На производстве, в системах автоматического управления (САУ) на сегодняшний день широко применяются пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД)-регуляторы в качестве корректирующих устройств.

При нестационарном движении газа для вычисления его состояний согласно теории газовой динамики, используется следующая система нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial t} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial p^2}{\partial x} + K * Q^2 = 0, \end{cases}$$

здесь: Q – расход газа; K – коэффициент физических параметров трубопроводов и состояния окружающей среды, P – давление газа в трубопроводе;.

Структурная схема автоматического регулирования расхода газа показана на рис. 1. Здесь: 1 – объект управления; 2 – датчик; 3 – регулятор; 4 – исполнительное устройство.

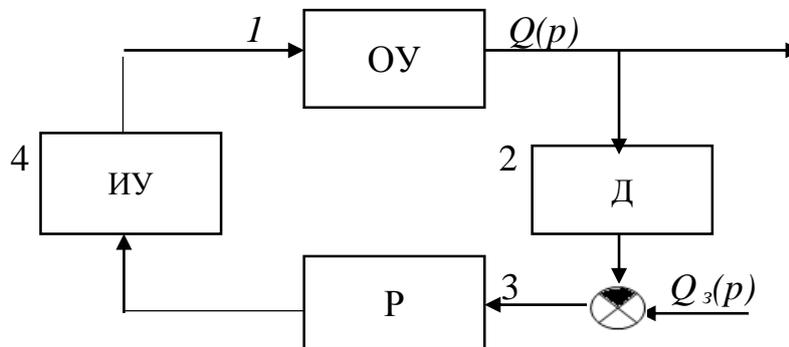


Рисунок 1. Структурная схема автоматического регулирования расхода газа

Расход (потока) газа Q выражается следующим уравнением:

$$Q = \frac{dv}{dt} = \frac{dp}{dt} \cdot \frac{V}{TR}. \quad (3)$$

Ввиду того, что переходной процесс в системе «задвижка–двигатель» происходит намного быстрее чем в узле замера, им можно пренебречь. При магистральной транспортировке газа используются трубы с большим диаметром, поэтому химическим состоянием газа тоже можно пренебречь. При управлении задвижкой контроллер применяет только две дискретные команды, состоящие из: «открыть задвижку» и «закреть задвижку».

Введя параметр K , можно получить следующие уравнения:

$$K \equiv \frac{TR}{V},$$

$$p(t) = K \cdot \int_0^t Q dt.$$

Для описания модели трубопроводной сети воспользуемся следующими уравнениями:

$$\begin{cases} Q^* = Q_o - Q_c \\ p(t) = K \cdot \int_0^t (Q^* - Q_c) dt; \\ Q_c = k\varphi; \\ \varphi = k_{\partial\phi} \int_0^t \omega dt, \end{cases} \quad (4)$$

Q^* – разность между притоком и расходом газа в трубопроводе.

Трубопроводная сеть в узле замера имеет следующие параметры: $p(t)$ – текущее значение давления в системе, φ – угловое положение заслонки, ω – угловая скорость вращения задвижки приводом, $\omega = const$, $k_{\partial\phi}$ – коэффициент редукции привода, k – коэффициент зависимости расхода газа от углового положения заслонки.

Расчеты конечного положения заслонки осуществляются по нижеследующей формуле, для того чтобы система находилась в стабильном состоянии после перерегулирования:

$$Q^* = k\varphi_k. \quad (5)$$

Для решения задачи по остановке вращения двигателя по положению заслонки подставим уравнение (3) в первое уравнение системы (4) и проинтегрировав, получим выражение:

$$p_{\phi} = p_0 + K \cdot \left[(Q^* - \varphi_0)t_2 - \frac{\omega t_1^2}{2} + (Q^* - \varphi_x)t_2 + \frac{\omega t_2^2}{2} \right], \quad (6)$$

где K – соотношение параметров газа, p_0 – давление на момент выхода из заданного коридора, Q^* – разность притока и расхода газа, p_3 – заданное давление в системе, t_2 – время закрытия заслонки, φ_n – положение заслонки при смене направления вращения привода, φ_0 – положение заслонки на момент выхода из коридора, t_1 – время открытия заслонки, ω – скорость вращения привода задвижки.

После решения уравнений (5) и (6) совместно с уравнениями:

$$\begin{cases} t_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_0}{\omega} \\ t_2 = \frac{\varphi_k - \varphi_x}{\omega} \end{cases} \quad (7)$$

можно определить значение положения заслонки при смене направления вращения привода φ_n .

Из система уравнений (5), (6), (7) видно, изменение расхода газа является возмущающим фактором.

Процесс управления технологическими параметрами газа магистрального

газопровода осуществляется клапаном-регулятором, который установлен на узле замера газа, служащего для измерения расхода и управления давлением в газопроводе, схема которого представлена на рис.2.

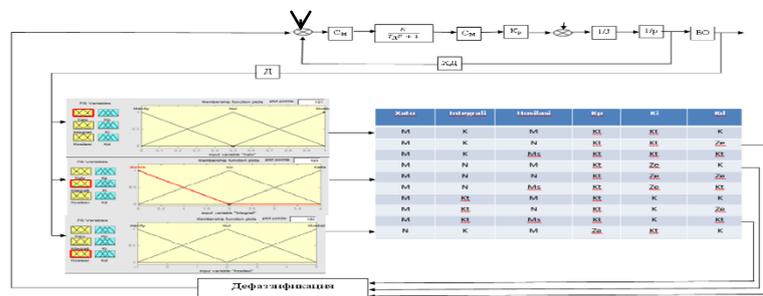


Рисунок 2. Структурная схема управления клапаном.

На рис. 3. представлен разработанный при помощи приложения MATLAB/FUZZY LOGIC TOOLBOX нечеткий ПИД-регулятор системы для выполнения функции клапана-регулятора.

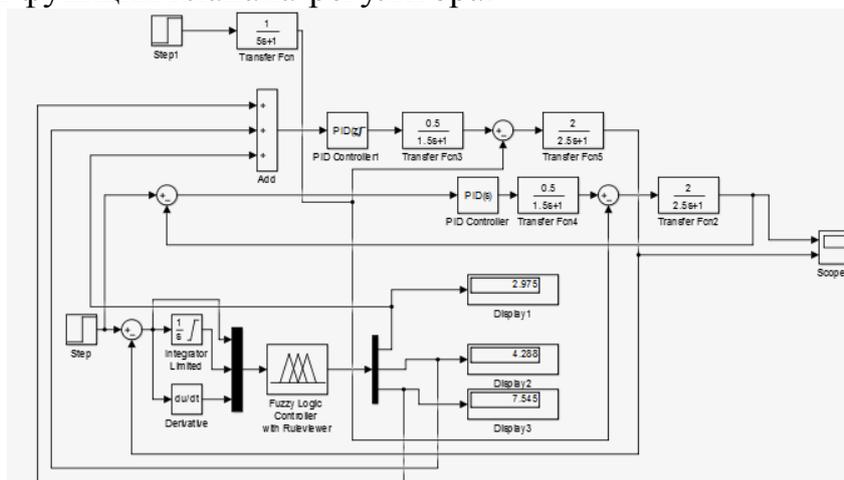


Рисунок 3. Имитационная модель системы регулирования давления с нечетким ПИД-регулятором.

Для фазификации величины отклонения давления газа в трубопроводе используем треугольную форму функции принадлежности трех термов.

В лингвистических переменных нечеткой логики управление положением клапана может быть представлено пятью термами. Клапан частично открываем, когда давление в трубопроводе меньше уставки и его значение не изменяется. Это правило запишем нечеткими переменными в следующем виде:

если $X = M$ и $I = K$ и $H = M$, то $Kp = Kt$, $Ki = Kt$, $Kd = K$.

Остальные возможные ситуации и соответствующие нечеткие управления запишем аналогичным образом.

В четвертой главе диссертации «**Применение разработанных моделей и алгоритмов к управлению параметрами газа в магистральном**

трубопроводе» приведены результаты применения разработанных моделей и алгоритмов в предыдущих главах по интеллектуализации процессов управления в задачах управления технологическими объектами хранения и транспортировки газа в условиях неопределенности. В качестве примера рассмотрены вопросы создания интеллектуальной адаптивной нечеткой системы управления технологическими процессами сбора и отбора газа на подземных хранилищах газа.

Прежде всего нужно уточнить максимальный объем закачиваемого газа в хранилище, какой в нем диапазон давлений и в устьях нагнетательных скважин, число и технические характеристики компрессоров необходимых для закачки газа, что является основными технологическими параметрами в процессе закачки газа в подземное газохранилище.

Для отбора газа из хранилища нужно уточнить технологические параметры, такие как количество эксплуатационных скважин и их дебит, забойное и пластовое давления газа.

Чтобы определить объем закачанного газа на момент времени τ , можно определить по следующему уравнению:

$$Q_z(\tau) = \frac{\Omega \cdot z_{am}}{P_{am}} \cdot \left[\frac{\bar{P}(\tau)}{z(\bar{P})} - \frac{P_n}{z_n} \right],$$

где z_n – коэффициент сжимаемости газа при P_n ; $z(\bar{P})$ – коэффициент сжимаемости газа при \bar{P} ; σ – коэффициент газонасыщенности; $\Omega = \sigma \cdot \Omega_0$ – газонасыщенный объем порового пространства, m^3 ; Ω_0 – общий объем порового пространства пласта-коллектора, m^3 ; P_n – начальное давление газа в хранилище (до закачки газа), МПа; P_{am} – нормальное давление газа, 1 ат.=0,1 Мпа; $\bar{P}(\tau)$ – средневзвешенное давление в момент времени τ по газонасыщенному объему порового пространства пласта, МПа.

При постоянном объеме порового пространства, в выработанном нефтяном месторождении (рис.4) максимальный объем газа $Q_{\xi max}$, который можно закачать состоит из трех объемов: окклюдированного Q_o , растворенного в оставшейся нефти Q_p и закачанного в газовую шапку залежи $Q_{ш}$:

$$Q_{\xi max} = Q_o + Q_p + Q_{ш}.$$

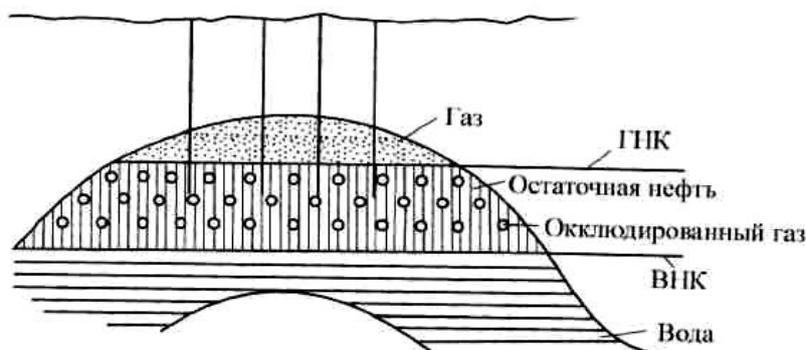


Рисунок 4. Схематический разрез выработанного нефтяного месторождения.

Далее в четвертой главе предлагается автоматизированная система мониторинга и нечеткого управления технологическими параметрами транспортировки природного газа в магистральном трубопроводе. Наиболее близким по технической сущности к предлагаемой системе являются выбранные в качестве прототипа способ и система автоматического управления краном-регулятором. На выходе клапана-регулятора регулируется давление газа, которое задается в расширенном диапазоне до значений, обеспечивающих работоспособность последующего оборудования в наиболее благоприятном режиме, в зависимости от сравнения вычисленного по формулам расхода газа через клапан-регулятор и расхода газа, поступающего от находящегося расходомера для подачи требуемого количества газа потребителю.

Показатели по упрощению системы, повышению надежности и срока ее эксплуатации являются основным техническим достоинством новой системы. Широкое распространение получил новый принцип построения регуляторов, использующий правила нечеткой логики (fuzzy logic). Через интерфейс верхнего уровня требуемые данные такие как максимальный расход газа Q и давление P , передаются в микроконтроллер для расчета текущего газа. Чтобы учитывать неопределенность изменения параметров технологического процесса, предложен метод основанный на применении нечеткой логики (fuzzy logic), позволяющий учесть различные неопределенности, возникающие в процессе управления. В ПИД-регуляторе с контроллером на базе нечеткой логики в пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей цепях регулятора коэффициенты усиления зависят от состояния системы в текущий момент времени, то есть они не являются статичными.

Разработан алгоритм на базе нечеткой логики для работы системы автоматического контроля и управления параметрами газа в магистральном трубопроводе.

В полученных результатах работы имитационной модели (рис.5) приведено сравнение производительности классического ПИД-регулятора с предлагаемым контроллером.

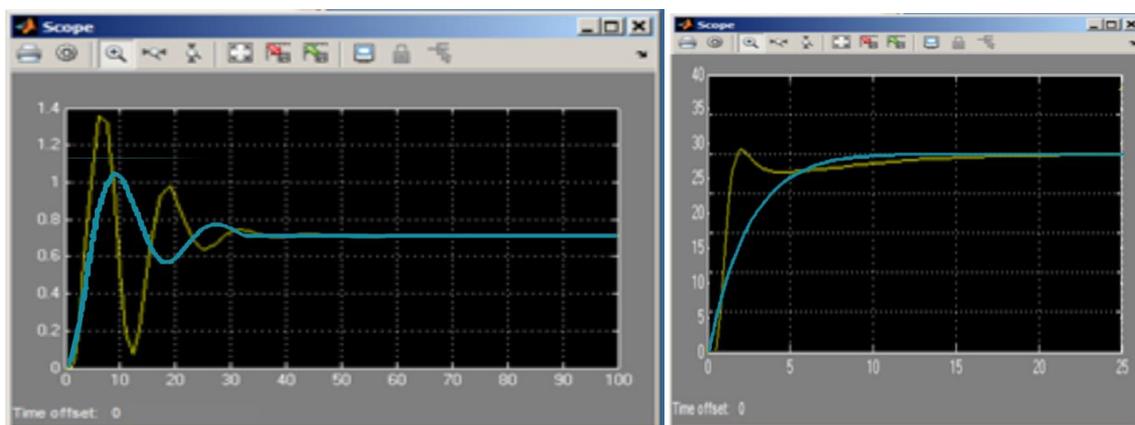


Рисунок 5. Процессы в системах управления: цифровой классический ПИД-регулятор в желтом цвете, нечеткий регулятор - в синем.

Результаты сравнительного анализа показывают, что система нечеткого управления является малочувствительной к возмущениям в достаточно широком диапазоне и имеет лучшие качественные характеристики по сравнению с системой управления с классическими ПИД-регуляторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе концепции системного анализа теории автоматического и интеллектуального управления разработаны нечеткие модели транспортировки газа и алгоритмы управления давлением и расходом транспортируемого газа ПХГ, функционирующих в условиях неопределенности. В итоге получены следующие научные результаты:

1. В результате анализа существующих систем управления в Хаджаабадском подземном газохранилище обоснована целесообразность использования методов искусственного интеллекта в управлении технологическими процессами транспортировки извлеченного из подземных слоев Земли природного газа.

2. Разработаны функциональные зависимости основных технологических параметров расхода и давления газа, влияющих на качественные показатели процесса. Это позволяет оптимизировать процесс управления

3. Разработана модель технологических процессов подземных газохранилищ в различных условиях случайности и неопределенности, основанная на нечеткой логике, позволяющая более полно раскрыть особенности процесса и создать на ее основе систему управления.

4. Разработан алгоритм адаптивной настройки нечеткого регулятора, с учетом частично случайных изменений факторов и динамических характеристик, влияющих на процесс транспортировки газа. Это позволяет сократить время настройки параметров настройки на 8-10 секунд при изменении режима работы технологического процесса.

5. На основе разработанных алгоритмов адаптивного управления и нечетких моделей разработаны алгоритмы синтеза системы нечеткого регулирования технологических параметров газотранспортного процесса давления и расхода газа. Это позволяет обеспечить оперативность, скорость и точность управления.

6. Разработана нечеткая система управления с ПИД-регулятором на основе нечеткой логики, позволяющая стабилизировать процесс управления в условиях изменения в широком диапазоне давления и расхода газопровода. Это позволяет стабилизировать давление и расход газа в газопроводе.

7. Разработанная нечеткая система управления процессом транспортировки газа, нечеткий регулятор управления с высокоточным управлением скоростью перемещения клапана задвижки газотрубопровода внедрены на СПХГ «Хаджаабад» (справка АО «УЗТРАНСГАЗ» №01-29/5435 от 14 ноября 2022 года) и экономический эффект составил 102 млн. сум.

**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

SHOMIRZAEV BOBIR URINBAEVICH

**AUTOMATION OF MONITORING AND CONTROL OF
TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF UNDERGROUND GAS
STORAGE**

05.01.08 – Automation and control of technological processes and manufactures

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

Tashkent – 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan in number B2022.3.PhD/T713.

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 «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: **Siddikov Isomiddin Xakimovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Ismailov Mirkhalil Agzamovich**
doctor of technical sciences, professor

Avazov Yusuf Shodievich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Bukhara Engineering and Technological Institute**

Defense of dissertation will take place in «7» 12 2023 at 10⁰⁰ 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) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 312). (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel. (99871) 207-14-70).

Abstract of dissertation sent out on «21» 11 2023 year.
(mailing report № 21, on «6» 10 2023 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
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, ass.prof.

H.Z.Igamberdiyev
Chairman of the Academic seminar
under the Scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to improve the control system for the technological parameters of gas storage facilities based on the methods of intelligent technology.

The object of the research work is the control systems for the processes of underground storage of natural gas.

Scientific novelty of the research work is as follows:

a fuzzy-logical model of technological processes of underground gas storages under conditions of various randomness and uncertainty has been developed, which makes it possible to more fully identify the features of the process and create a control system on its basis;

an adaptive algorithm for setting the fuzzy controller has been developed, which makes it possible to ensure high quality indicators of the control system, taking into account the partial randomness of factors affecting the process of gas transportation and the dynamic properties of the object;

an algorithm for the synthesis of a fuzzy control system has been developed to ensure the efficiency and high accuracy of the process of transporting gas stored in underground gas storage facilities;

a control system with a fuzzy PID controller has been developed, which makes it possible to stabilize the control process taking into account technological requirements under conditions of uncertainty and a wide range of pressure and flow rates of the gas pipeline.

Implementation of the research results. As a result of the practical application of the developed software product created on the basis of the developed models and algorithms of the adaptive fuzzy control system for the gas transportation process, the following were introduced:

a fuzzy system for managing the gas transportation process, which allows improving the transportation management system, has been introduced in the Khajaabad underground gas storage facility (Reference of UZTRANSGAZ JSC No. 01-29/5435 dated November 14, 2022). As a result, the time for regulating pressure and gas flow has decreased by 8-10 seconds;

a fuzzy control system based on a microcontroller for stabilizing pressure in the gas pipeline was introduced at the Khajaabad underground gas storage facility (Reference of UZTRANSGAZ JSC No. 01-29/5435 dated November 14, 2022). As a result, pressure stabilization in the gas pipeline was ensured and the amount of overshoot was reduced by 15%;

automated monitoring and control system technological parameters of underground gas storage gas transportation was introduced in the Khajaabad underground gas storage facility (Reference of UZTRANSGAZ JSC No. 01-29/5435 dated November 14, 2022). As a result, it became possible to quickly control the parameters of the gas transportation control process.

The structure and volume of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 108 pages of typewritten text.

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

I bo'lim (Часть I; Part I)

1. Сиддиков И.Х., Шомирзаев Б. У. Двухуровневая схема нечеткого адаптивного регулирования динамических объектов // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, – №6. – 2018, – С.41-46. (05.00.00; №12)
2. Siddikov I.X., Shomirzaev B. U. Gas Pressure and Flow Control Algorithm in Main Gas Pipelines Using the Fuzzy Logic Apparatus // International journal of advanced research in science, Engineering and technology. India 2019, Vol. 6, Issue 8, August 2019 (05.00.00; №8)
3. Сиддиков И.Х., Шомирзаев Б. У. Создание динамических моделей технологических процессов для подземных хранилищ газа // Вестник ТашГТУ. Ташкент, – №1. – 2019, – С.9-13. (05.00.00; №12)
4. Сиддиков И.Х., Шомирзаев Б. У. Многорежимное регулирование осушки природного газа в станциях подземного хранения газа // Научно–технический журнал ФерПИИ. Фергана, – №2. – 2019, – С.75-79. (05.00.00; №12)
5. Abdukadirov A.A., Shomirzaev B. U. Application of Fuzzy Logic to Control the Process of Natural Gas Drying. // The American Journal of Engineering and Technology, USA 2021, Vol. 3, Issue 7, pp.1–8. DOI-10.37547/tajet (23,SJIF, IF-5.705)

II bo'lim (Часть II; Part II)

6. Сиддиков И.Х., Шомирзаев Б. У., Абдукадилов А. А., Уринбоев Х.Б. Автоматизированное оперативно-диспетчерское управление в станциях подземного хранения газа // «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации» (ИКТ-2018): I Международная научно-практическая конференция. Новополоцк, Беларусь. 2018 г. С. 170-173.
7. Abdukadirov A.A., Siddikov I.X., Shomirzaev B. U. System of automatic stabilization of pressure in the gas damping well with the pid regulator // Tenth World Conference on Intelligent Systems for Industrial automation WCIS-2018, Tashkent, 2018.-pp.303-307.
8. Шомирзаев Б. У. Динамик объектларни ноқатий ростлаш // Ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш шароитида инновациялар: Республика илмий-амалий анжуман, Қарши, 2019. 450-453 бетлар.
9. Shomirzaev B. U. Analysis of the pressure control system in gas tubes with the use of the fuzzy logic controller // European Journal of Business and Social Sciences, 4th-International Eduindex Multidisciplinary Conference, Switzerland, 2019. –pp.76-81.
10. Сиддиков И.Х., Шомирзаев Б. У. Применение аппарата нечеткой

логики для управления давлением и расходом газа газопровода // Инновационные решения инженерно-технологических проблем современного производства: Международная научная конференция, Бухара, 2019. С.346-349.

11. Шомирзаев Б. У. Уринбоев Х. Б. Применение нечеткой логики в системе управления транспортировки газа // Мехатроника и робототехника: проблемы и перспективы развития: Международная научно - практическая конференция, Андижан, 2021. С. 110-115.

12. Шомирзаев Б. У. Уринбоев Х. Б. Программное обеспечение для контроля и управления давлением газа в магистральном трубопроводе с помощью микроконтроллера // Агенство по интеллектуальной собственности РУз. №DGU 07931, 19.03. 2020.

13.Шомирзаев Б. У. Уринбоев Х. Б. Программное обеспечение для контроля и управления расходом газа с помощью микроконтроллера // Агенство по интеллектуальной собственности РУз. №DGU 07932, 19.03. 2020.

Avtoreferat «Texnika fanlari va innovatsiya» ilmiy jurnali taxririya-tida taxrirdan o‘tkazildi hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabogʻi: 2,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 58/23.

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